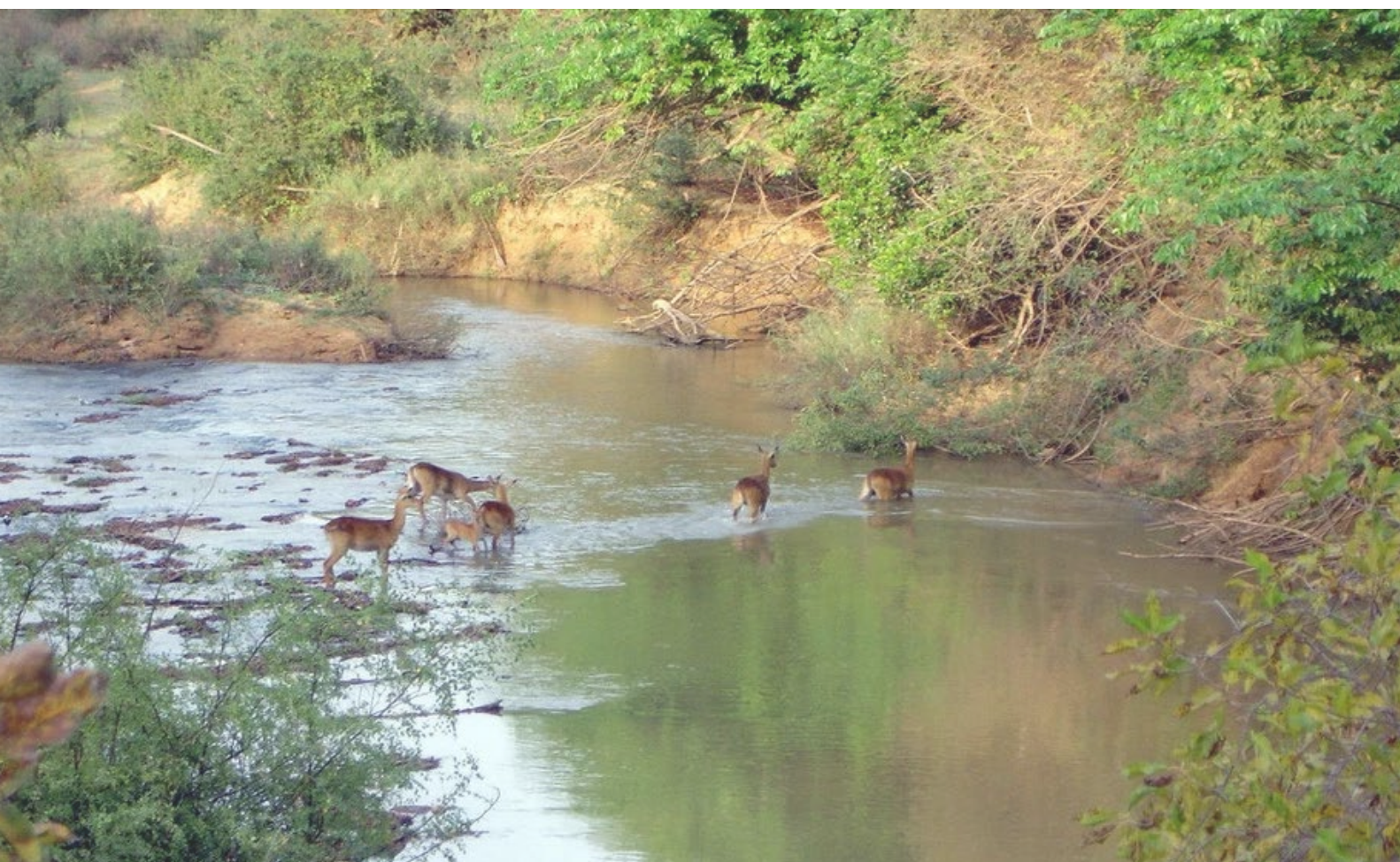




BURKINA FASO
Unité - Progrès - Justice



Programme d'Approvisionnement en Eau
et d'Assainissement (PAEA)



SYNTHESE ET VALORISATION DES ETUDES SUR LES RESSOURCES EN EAU

CARACTÉRISATION GÉOLOGIQUE ET HYDROGÉOLOGIQUE DU BASSIN SÉDIMENTAIRE
DE L'EST DU BURKINA FASO

RÉFÉRENCE : RT1.2.3-02

VERSION FINALE VF – 12/2022



Synthèse et valorisation des études sur les ressources en eau au profit du PAEA
Axe 2 : Améliorer les connaissances sur les ressources en eau, pour une exploitation renforcée et durable
Résultat 1.2 : La caractérisation géologique et hydrogéologique des systèmes aquifères des bassins sédimentaires de l'Ouest, du Nord et de l'Est du Burkina Faso est réalisée
Activité 1.2.3-02 : Elaboration d'une synthèse des caractéristiques des aquifères du bassin sédimentaire de l'est du Burkina Faso

CARACTERISATION GEOLOGIQUE ET HYDROGEOLOGIQUE DU BASSIN SÉDIMENTAIRE DE L'EST DU BURKINA FASO

Réf : RT.1.2.3-02	Version : VF	Date : 23/12/2022
Préparé par : DEROUANE Johan, avec la collaboration de COMPAORE Hillary, SAURET Élie, TIDIANI Koné, BANDRE Levy Stéphane, YENOU Lazare	Vérifié par : DEROUANE Johan et YENOU Lazare	

Table des matières

A. INTRODUCTION ET CADRE DE L'INTERVENTION	10
A.1. CONTEXTE GÉNÉRAL	10
A.2. LE PAEA ET L'ÉTUDE SEVERE	11
B. OBJECTIF DE L'ÉTUDE	12
C. APPROCHE MÉTHODOLOGIQUE DE L'ÉTUDE	12
C.1. ZONES SÉDIMENTAIRES DU NORD ET DE L'EST	12
C.2. ZONE SÉDIMENTAIRE DE L'OUEST.....	14
D. DÉLIMITATION DE LA ZONE D'ÉTUDE	14
E. CADRE ADMINISTRATIF ET DE GESTION	15
E.1. RÉGIONS, PROVINCES, COMMUNES ET POPULATION.....	15
E.2. CADRE DE GESTION DES RESSOURCES EN EAU : AGENCES DE L'EAU	17
F. CLIMAT ET PARAMÈTRES HYDRO-CLIMATIQUES	17
F.1. SOURCE DES DONNÉES CLIMATOLOGIQUES ET EXPLOITATION	17
F.1.1. <i>Données climatiques de l'ANAM.....</i>	18
F.1.2. <i>Données climatiques globales.....</i>	19
F.2. PRÉCIPITATIONS	19
F.2.1. <i>Précipitations annuelles et distribution spatiale.....</i>	19
F.2.2. <i>Distribution annuelle des précipitations mensuelles.....</i>	23
F.3. TEMPÉRATURES.....	23
F.4. ÉVAPOTRANSPIRATION REELLE (ETR).....	24
F.5. AUTRES PARAMÈTRES HYDRO-CLIMATOLOGIQUES	26
G. TOPOGRAPHIE ET GÉOMORPHOLOGIE.....	26
H. HYDROGRAPHIE ET BASSINS VERSANTS.....	27
H.1. BASSIN HYDROGRAPHIQUE NATIONAL DU NIGER	28
H.2. BASSIN HYDROGRAPHIQUE NATIONAL DU NAKANBE.....	28
I. TYPES DE SOLS	29
I.1. CARTE DES SOLS DU BUNASOL	29
I.2. TYPOLOGIE TEXTURALE DE LA FAO (HWSD)	30
J. OCCUPATION DES SOLS.....	31
K. CONTEXTE GÉOLOGIQUE.....	32
K.1. EXTENSION ET CONFIGURATION GÉOLOGIQUE GÉNÉRALE DU BASSIN SÉDIMENTAIRE VOLTAÏEN.....	33
K.1.1. <i>Localisation et extension du bassin.....</i>	33
K.1.2. <i>Configuration géologique générale du bassin</i>	34
K.1.3. <i>Lithostratigraphie générale du bassin</i>	34
K.1.3.1. Le groupe de Dapango-Bombouaka.	35
K.1.3.2. Le groupe d'Oti (ou Pendjari)	36
K.1.3.3. Le groupe d'Obosum (ou Tamalé)	36
K.2. CONTEXTE GÉOLOGIQUE DU BASSIN VOLTAÏEN AU BURKINA FASO	38
K.2.1. <i>Les formations de l'Infracambrien</i>	39
K.2.1.1. Quartzites de l'Atacora (faciès métamorphique et plissé) QA	40
K.2.1.2. Niveaux inférieurs du Buem (faciès plissé) NIB	40
K.2.1.3. Groupe du Mont Boumbouaka (GMB)	41
K.2.1.4. Groupe de la Pendjari (GP)	41

K.2.2.	<i>Le Continental Terminal CT</i>	42
K.2.3.	<i>Le Quaternaire</i>	42
K.2.4.	<i>Superficies à l'affleurement</i>	42
K.2.5.	<i>Géodynamisme des formations du Voltaïen au Burkina Faso</i>	43
L.	CONTEXTE HYDROGÉOLOGIQUE DU BASSIN SEDIMENTAIRE DE L'EST DU BURKINA FASO	43
L.1.	UNITES HYDROGEOLOGIQUES RENCONTREES	43
L.1.1.	<i>Unité hydrogéologique des grès et quartzites métamorphisés de l'Atacora</i>	44
L.1.2.	<i>Unité hydrogéologique des niveaux inférieurs plissés du Buem</i>	45
L.1.3.	<i>Unité hydrogéologique des tillites, calcaires, siltites et grès de la Pendjari</i>	45
L.1.4.	<i>Unité hydrogéologique des grès de Gobnangou – Mont Boumbouaka</i>	45
L.1.5.	<i>Unité hydrogéologique du Continental Terminal.</i>	45
L.2.	OUVRAGES RECENSES ET CAPITALISATION DES DONNEES	45
L.3.	GEOMETRIE DES AQUIFERES	47
L.3.1.	<i>Unité hydrogéologique des grès de Gobnangou – Mont Boumbouaka</i>	48
L.3.2.	<i>Unité hydrogéologique des tillites, calcaires, siltites et grès de la Pendjari</i>	48
L.3.3.	<i>Unité hydrogéologique des niveaux inférieurs plissés du Buem</i>	49
L.3.4.	<i>Unité hydrogéologique du Continental Terminal.</i>	49
L.3.5.	<i>Synthèse sur le sédimentaire de l'Est</i>	50
L.4.	NIVEAUX DE NAPPE	53
L.4.1.	<i>Unité hydrogéologique des grès de Gobnangou – Mont Boumbouaka</i>	53
L.4.2.	<i>Unité hydrogéologique des tillites, calcaires, siltites et grès de la Pendjari</i>	53
L.4.3.	<i>Unité hydrogéologique des niveaux inférieurs plissés du Buem</i>	53
L.4.4.	<i>Unité hydrogéologique du Continental Terminal.</i>	53
L.4.5.	<i>Synthèse sur le sédimentaire de l'Est</i>	54
L.5.	PRODUCTIVITE DES AQUIFERES ET PARAMETRES HYDRODYNAMIQUES	55
L.5.1.	<i>Unité hydrogéologique des grès de Gobnangou – Mont Boumbouaka</i>	56
L.5.2.	<i>Unité hydrogéologique des tillites, calcaires, siltites et grès de la Pendjari</i>	57
L.5.3.	<i>Unité hydrogéologique des niveaux inférieurs plissés du Buem</i>	58
L.5.4.	<i>Unité hydrogéologique du Continental Terminal.</i>	59
L.5.5.	<i>Synthèse sur le sédimentaire de l'Est</i>	60
L.5.6.	<i>Synthèse des caractéristiques hydrogéologiques des aquifères de la zone sédimentaire Est</i>	63
M.	SUIVI ET EVOLUTION DES EAUX SOUTERRAINES	63
M.1.1.	<i>Suivi de la piézométrie</i>	63
M.1.2.	<i>Variations temporelles de la piézométrie</i>	64
M.1.2.1.	<i>Piézomètre de Koalou</i>	64
M.1.2.2.	<i>Piézomètre de Konkianga</i>	67
N.	INVENTAIRE DES SOURCES NATURELLES	69
O.	ÉVALUATION DE LA RECHARGE DES AQUIFÈRES	70
O.1.	METHODES UTILISEES D'ÉVALUATION DE LA RECHARGE	70
O.2.	ÉVALUATION PAR APPROCHE BILANTAIRE SPATIALISEE	70
O.2.1.	<i>Méthodologie de l'approche bilantaire spatialisée</i>	70
O.2.2.	<i>Principaux résultats obtenus</i>	71
O.3.	ÉVALUATION PAR CUBATURES DES VARIATIONS PIEZOMETRIQUES	75
O.3.1.	<i>Méthode des cubatures de variations piézométriques</i>	75
O.3.2.	<i>Résultats obtenus</i>	75
O.3.2.1.	<i>Piézomètre de Koalou</i>	75
O.3.2.2.	<i>Piézomètre de Kionkianga</i>	76
O.4.	SYNTHESE DES EVALUATIONS DE LA RECHARGE	77
P.	EXPLOITATION DES EAUX SOUTERRAINES	78

P.1.	DEMANDE EN EAU ET USAGES DES EAUX SOUTERRAINES	78
P.2.	DEMANDE EN EAU POUR LA CONSOMMATION HUMAINE.....	78
P.3.	DEMANDE EN EAU DES SECTEURS MINIER ET INDUSTRIELS	79
P.4.	DEMANDE EN EAU POUR L'AGRICULTURE.....	79
Q.	ESTIMATION DES RÉSERVES	79
Q.1.	RESERVES TOTALES.....	79
Q.1.	RESERVES EXPLOITABLES	80
Q.2.	RESERVES RENOUVELABLES.....	80
R.	SYNTHÈSE DES POTENTIALITES AQUIFÈRES DU SÉDIMENTAIRE DE L'EST	81
S.	GESTION ET CAPITALISATION DES DONNEES.....	82
T.	CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS.....	82
BIBLIOGRAPHIE		84
ANNEXES.....		86
ANNEXE 1 : LISTE DES OUVRAGES REPERTORIES		86
ANNEXE 2 : LISTE DES TRAVAUX ANTERIEURS DANS LA ZONE.....		90
ANNEXE 3 : RECUEIL DES CARTES		91

Liste des illustrations

Figure 1 : Logigramme de l'axe 1.....	12
Figure 2 : Zones sédimentaires du Burkina Faso	12
Figure 3 : Localisation de la zone sédimentaire de l'Est du Burkina Faso	14
Figure 4 : Population totale (2019) par portion de commune dans le sédimentaire Est.....	16
Figure 5 : Densité de population (2019) par portion de commune dans le sédimentaire Est.....	17
Figure 6 : Zones climatiques de la zone sédimentaire Est	18
Figure 7 : Stations climatologiques de l'ANAM	19
Figure 8 : Chronique 1991-2020 de pluviométrie annuelle et courbe de tendance.....	20
Figure 9 : Distribution spatiale des précipitations moyennes de la période 2011-2020	21
Figure 10 : Carte des précipitations année-type P10 de la zone sédimentaire Est.....	21
Figure 11 : Carte des précipitations année-type P50 de la zone sédimentaire Est.....	22
Figure 12 : Carte des précipitations année-type P90 de la zone sédimentaire Est.....	22
Figure 13 : Pluviométrie mensuelle sur la période 1991-2020 (année moyenne, P10, P50, P90).....	23
Figure 15 : Températures et précipitations mensuelles moyennes sur la période 1991-2020	24
Figure 16 : Carte de l'évapotranspiration réelle FAO (AETI FAO) moyenne annuelle sur la période 2011-2020	25
Figure 17 : Evapotranspiration réelle annuelle dans le sédimentaire de l'Est (FLDAS)	25
Figure 18 : Cadre topographique de la zone sédimentaire Est du Burkina Faso	27
Figure 19 : Réseau hydrographique et bassins versants de la zone sédimentaire Est du Burkina Faso	28
Figure 20 : Types de sols de la zone sédimentaire Est du Burkina Faso (BUNASOL)	30
Figure 21 : Répartition des types de sols du bassin sédimentaire Est du Burkina Faso (BUNASOL).....	30
Figure 22 : Texture des sols du sédimentaire Est selon la FAO (HWSD)	31
Figure 23 : Répartition des Textures de sols dans la zone sédimentaire Est selon la FAO	31
Figure 24 : Carte de l'occupation des sols de la zone sédimentaire Est	32
Figure 25 : Répartition des types d'occupation de sol sur la zone sédimentaire Est.....	32
Figure 26 : Extension du bassin sédimentaire voltaïen (incluant les formations plissées et métamorphisées de bordure Est de Buem et de l'Atacora).....	33
Figure 27 : Carte géologique simplifiée du bassin voltaïen.....	35
Figure 28 : Coupe géologique OSO-ENE du bassin voltaïen	37
Figure 29 : Log lithostratigraphique du bassin voltaïen	38
Figure 30 : carte géologique de la zone sédimentaire Est du Burkina Faso.....	39
Figure 31 : Coupe géologique NO-SE du bassin voltaïen au Burkina Faso	40

Figure 32 : Pourcentages de répartition géographique (superficies à l'affleurement) des formations sédimentaires de l'Est du Burkina Faso.....	42
Figure 33 : Carte des unités hydrogéologiques de la zone sédimentaire Est.....	44
Figure 34 : Localisation des ouvrages recensés dans le sédimentaire Est	47
Figure 35 : Valeurs moyennes des paramètres de géométrie par unité hydrogéologique	51
Figure 36 : Distribution spatiale des profondeurs des forages de la zone sédimentaire Est.....	51
Figure 37 : Distribution spatiale des épaisseurs d'altération.....	52
Figure 38 : Distribution spatiale des épaisseurs d'altération saturée de la zone sédimentaire Est	52
Figure 39 : Profondeurs moyennes du niveau de nappe par unité hydrogéologique	54
Figure 40 : Distribution spatiale des profondeurs de niveau statique dans la zone sédimentaire Est.....	55
Figure 41 : Fréquence des débits, transmissivité et débits spécifiques du groupe du Mont Boumbouaka	57
Figure 42 : Fréquence des débits, transmissivité et débits spécifiques du groupe de la Pendjari	58
Figure 43 : Fréquence des débits des niveaux inférieurs du Buem.....	59
Figure 44 : Fréquence des débits du continental terminal	59
Figure 45 : Débits moyens observés dans chaque formation	60
Figure 46 : Transmissivité moyenne et débits spécifiques moyens des formations.....	61
Figure 47 : Distribution spatiale des débits de la zone sédimentaire Est	61
Figure 48 : Distribution spatiale des transmissivités de la zone sédimentaire Est	62
Figure 49 : Distribution spatiale des débits spécifiques de la zone sédimentaire Est	62
Figure 50 : Localisation des piézomètres de la zone sédimentaire Est.....	64
Figure 51 : Chroniques du niveau statique dans le piézomètre de Koalou, et de la pluviométrie mensuelle.....	65
Figure 52 : Chroniques du niveau statique dans le piézomètre de Koalou et courbe de tendance polynomiale, et pluviométrie annuelle	65
Figure 53 : Variations du niveau statique dans le piézomètre de Kionkianga	67
Figure 54 : Chroniques du niveau statique dans le piézomètre de Kionkianga et courbe de tendance polynomiale, et pluviométrie annuelle	67
Figure 55. Sources naturelles dans le sédimentaire Est.....	70
Figure 56 : Répartition spatiale de la recharge selon l'ETP Penman (ANAM) dans le sédimentaire Est	72
Figure 57 : Répartition spatiale de la recharge selon l'ETP Thornthwaite dans le sédimentaire Est.....	72
Figure 58 : Chroniques des valeurs annuelles de recharge et de précipitation sur le sédimentaire Est (période 1991-2020)	73
Figure 59 : Recharge mensuelle selon Thornthwaite (années P10, P50, P90).....	74
Figure 60 : Recharge mensuelle selon Penman-ANAM (années P10, P50, P90).....	74
Figure 61 : Évolution de la recharge annuelle dans le piézomètre de Koalou	76
Figure 62 : Évolution de la recharge annuelle du piézomètre de Kionkianga.....	77

Liste des tableaux

Tableau 1 : Population de la zone sédimentaire Est par portion de commune (source : RGPH 2019).....	15
Tableau 2 : Statistiques de pluviométrie de la zone du sédimentaire Est	20
Tableau 3 : Superficie du bassin voltaïen et répartition par pays	33
Tableau 4 : Capitalisation des bases de données.....	46
Tableau 5 : Paramètres de géométrie de l'unité hydrogéologique du Mont Boumbouaka	48
Tableau 6 : Paramètres de géométrie de l'unité hydrogéologique de la Pendjari	49
Tableau 7 : Paramètres de géométrie de l'unité hydrogéologique du Buem.....	49
Tableau 8 : Paramètres de géométrie de l'unité hydrogéologique du continental Terminal.....	50
Tableau 9 : synthèse des paramètres de géométrie du sédimentaire de l'Est	50
Tableau 10 : Profondeurs de nappe dans l'unité hydrogéologique du Mont Boumbouaka.....	53
Tableau 11 : Profondeurs de nappe dans l'unité hydrogéologique de la Pendjari	53
Tableau 12 : Profondeurs de nappe dans l'unité hydrogéologique du Buem.....	53
Tableau 13 : Profondeurs de nappe dans l'unité hydrogéologique du Continental Terminal.....	54
Tableau 14 : Synthèse des profondeurs de nappe dans le sédimentaire de l'Est.....	54
Tableau 15 : Classification des transmissivités selon CIEH.....	56
Tableau 16 : Classification des débits selon CIEH.....	56
Tableau 17 : Classification des débits spécifiques selon CIEH.....	56
Tableau 18 : Productivité et transmissivité de l'unité hydrogéologique du Mont Boumbouka	56
Tableau 19 : Productivité et transmissivité de l'unité hydrogéologique de la Pendjari	57
Tableau 20 : Productivité de l'unité hydrogéologique du Buem.....	58
Tableau 21 : Productivité de l'unité hydrogéologique du Continental Terminal	59
Tableau 22 : Synthèse des valeurs de productivité et de transmissivité du sédimentaire de l'Est	60
Tableau 23 : Synthèse des caractéristiques hydrogéologiques des aquifères du bassin sédimentaire de l'Est	63
Tableau 24 : Caractéristiques des piézomètres de la zone sédimentaire Est	64
Tableau 25 : Statistiques annuelles de la piézométrie à Koalou	66
Tableau 26 : Statistiques annuelles de la piézométrie à Konkianga	68
Tableau 27 : Inventaire des sources du sédimentaire de l'Est (AEG).....	69
Tableau 28 : Synthèse des évaluations de recharge par approche bilantaire sur le sédimentaire Est (période 1991-2020)	73
Tableau 29 : Statistiques de la recharge du piézomètre de Koalou.....	75
Tableau 30 : Statistiques de la recharge dans le piézomètre de Kionkianga	76

Tableau 31 : Estimation de la demande en eau pour la consommation humaine	78
Tableau 32 : Estimation des réserves totales en eau souterraine de la zone sédimentaire Est (Mm ³ : million de mètres cubes)	80
Tableau 33 : Estimation des réserves (facilement) exploitables en eau souterraine de la zone sédimentaire Est (Mm ³ : million de mètres cubes)	80
Tableau 34 : Réserves en eau renouvelables du sédimentaire Est (Mm ³ : millions de m ³)	81

Liste des abréviations

AEP	Approvisionnement en Eau Potable
BF	Burkina Faso
BUMIGEB	Bureau des Mines et de la Géologie du Burkina Faso
BUNASOLS	Bureau National des Sols
CIEH	Comité Inter-Etat de l'Equipement Hydraulique
CIRAD	Centre de Coopération International en Recherche Agronomique pour le Développement
Coeff Emm	Coefficient d'Emmagasinement
CT	Continental Terminal
CV	Coefficient de variation
DGRE	Direction Générale des Ressources en Eau
DREA-EST	Direction Régional de l'Eau et Assainissement de l'Est
GP	Groupe de Pendjari
GMB	Groupe du Mont Boumbouaka
NIB	Niveaux Inférieurs du Buem (Faciès plissé)
QA	Quartzites de l'Atacora
INERA	Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles
Max	Maximum
Min	Minimum
OMES	Ouvrages de Mobilisation des Eaux Souterraines
ONEA	Office National de l'Eau et de l'Assainissement
ORSTOM	Organisation pour la Recherche Scientifique et Terrestre d'Outre-Mer
PAEA	Programme d'Approvisionnement en Eau et Assainissement
Qs	Débit spécifique
RU	Réserves Utiles
SIG	Système d'Information Géographique
SOGREAH	Société Grenobloise d'Etudes et d'Application Hydrauliques

A. INTRODUCTION ET CADRE DE L'INTERVENTION

A.1. Contexte général

Le Burkina Faso est un pays sahélien enclavé dont les ressources en eau sont déficitaires. Ce déficit résulte de conditions climatiques extrêmes et d'une grande variabilité, auxquelles s'ajoutent une expansion démographique importante et une croissance économique peu maîtrisée. Les réalités liées au changement climatique contribuent à accentuer ce déficit en eau, causant de graves pénuries puisque l'eau intervient dans pratiquement tous les secteurs de développement du pays.

Ces défis majeurs ont entraîné l'établissement de politiques nationales, qui se matérialisent actuellement par 5 programmes majeurs :

- le Programme National d'Approvisionnement en Eau Potable 2016-2030 (PN-AEP). Il s'agit d'un programme sectoriel qui fait suite au Programme National d'Approvisionnement en Eau Potable et Assainissement à l'horizon 2015 (PN-AEPA, 2006-2015);
- le Programme National D'Assainissement des Eaux Usées et Excréta 2016-2030 (PN-AEUE). Il s'agit également d'un programme sectoriel basé sur les recommandations du PN-AEPA;
- le Programme National pour la Gestion Intégrée des Ressources en Eau 2016-2030 (PN-GIRE). Ce programme fait suite au Plan d'Action pour la Gestion Intégrée des Ressources en Eau du Burkina Faso (PAGIRE) qui couvrait la période 2003-2015. Le PAGIRE matérialisait la *"Loi d'orientation relative à la gestion de l'Eau"*, adoptée en février 2001;
- le Programme National des Aménagements Hydrauliques à l'horizon 2030 (PN-AH);
- le Programme de Pilotage et de Soutien (PPS).

Un constat communément partagé par les différents Programmes et Plans d'Action est que la prise de décision fondée sur des données factuelles, y compris pour l'allocation des ressources en eau entre les autres usagers et l'approvisionnement en eau, est entravée par une connaissance insuffisante et surtout peu fiable de la quantité des ressources en eau et de leur localisation, particulièrement au niveau des eaux souterraines.

Le PN-AEP, au travers de son objectif OO1-A2, souligne que « *La connaissance du potentiel des ressources utilisables pour l'eau potable sera améliorée* » (MEA, 2016a) tandis que le PN-GIRE avance deux actions « *Action 5 – Développement du SNIEAU* » et « *Action 6 – Amélioration des connaissances sur les ressources en eau* » pour palier à la problématique (MEA, 2016b). C'est la même préoccupation qui avait également conduit à l'institutionnalisation, par Décret, de la fourniture d'informations sur les travaux de réalisation et de réhabilitation des ouvrages hydrauliques (Procédure IOTA, BKF, 2005).

Or, il est certain que « *on ne peut bien gérer que ce que l'on connaît bien. Tout cadre de gestion intégrée des ressources en eau doit prioritairement se fonder sur l'évaluation et le suivi de ces ressources, en quantité et en qualité* » (BM, 2017).

C'est face à cette situation que le Gouvernement du Burkina Faso a mis en place, avec l'appui de la Banque Mondiale, le **Programme d'Approvisionnement en Eau et d'Assainissement (PAEA)**.

A.2. Le PAEA et l'étude SEVERE

L'objectif général du PAEA est donc d'améliorer l'accès aux services d'approvisionnement en eau potable et d'assainissement dans des zones ciblées du Burkina Faso. Le PAEA comprend **quatre Domaines de Résultats (DR)**, à savoir :

- DR 1. Amélioration de l'accès à l'eau ;
- DR 2. Amélioration de l'accès à l'assainissement
- **DR 3. Amélioration de l'accès à des informations fiables sur les ressources en eau ;**
- DR T. Renforcement du capital humain.

Afin d'accompagner les agences d'exécution du DR3 - à savoir le SP-GIRE et la DGRE du MEA - dans la réalisation de leurs principales activités, le PAEA a prévu une étude visant à « **la synthèse et la valorisation des études sur les ressources en eau au Burkina** » (ci-après SEVERE). L'objectif de la SEVERE est i) de capitaliser les résultats des études et travaux menés dans le cadre du DR3 du PAEA ainsi que les résultats des études et travaux existants, et ii) de réaliser, sur cette base, différentes activités visant à concourir à une meilleure évaluation des ressources en eau, au développement d'un modèle de gestion des aquifères, à la réalisation de cartes hydrogéologiques et au développement d'outils pour une meilleure gestion des données (SHER-ARTELIA, 2021).

L'étude SEVERE base son approche méthodologique en 4 axes génériques. Parmi ceux-ci, l'axe 1 travaille spécifiquement sur **l'amélioration des connaissances sur les ressources en eau, pour une exploitation renforcée et durable**. Cet axe vise à atteindre 3 résultats :

- R1.1 - Les données sur l'évaluation et la caractérisation des ressources en eau sont collectées et capitalisées ;
- R1.2 - La caractérisation géologique et hydrogéologique des systèmes aquifères des bassins sédimentaires de l'Ouest, du Nord et de l'Est du Burkina Faso est réalisée ;
- R1.3 - Les ressources en eau de surface et souterraine du Burkina Faso sont évaluées et un bilan global des ressources en eau est établi.

Le logigramme dans lequel s'inscrit l'axe 1 est repris à la figure suivante.

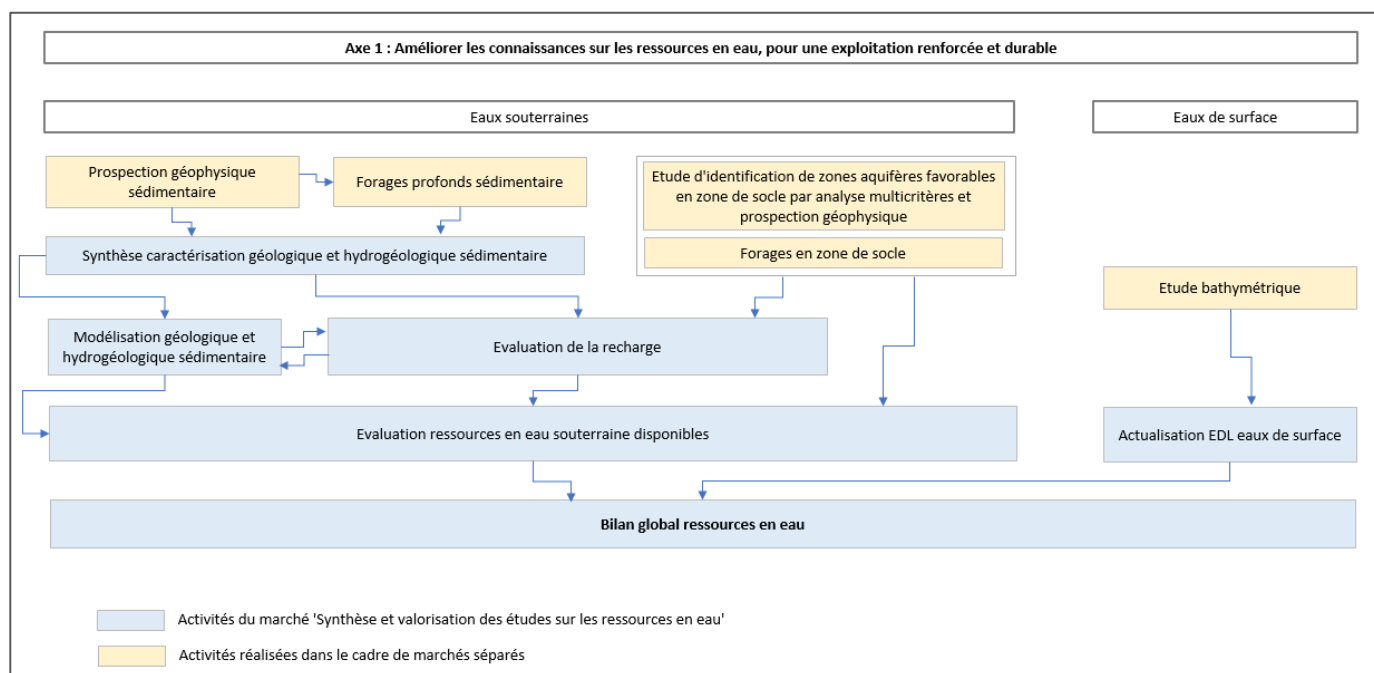


Figure 1 : Logigramme de l'axe 1

Le présent rapport s'inscrit dans le cadre du résultat R1.2 « La caractérisation géologique et hydrogéologique des systèmes aquifères des bassins sédimentaires de l'Ouest, du Nord et de l'Est du Burkina Faso est réalisée ».

B. OBJECTIF DE L'ÉTUDE

L'objectif de l'étude est de réaliser une caractérisation géologique et hydrogéologique du bassin sédimentaire de l'Est du Burkina Faso, en vue d'évaluer les potentialités aquifères de cette zone.

C. APPROCHE MÉTHODOLOGIQUE DE L'ÉTUDE

Le Burkina Faso compte 3 zones sédimentaires distinctes : la zone Nord, la zone Est et la zone Ouest.

Les zones sédimentaires du Nord et de l'Est font l'objet d'une méthodologie de caractérisation similaire basée sur la capitalisation des données existantes, tandis que la zone sédimentaire de l'Ouest est traitée distinctement compte tenu des investigations de terrain qui y sont menées et du niveau supérieur d'information disponible.

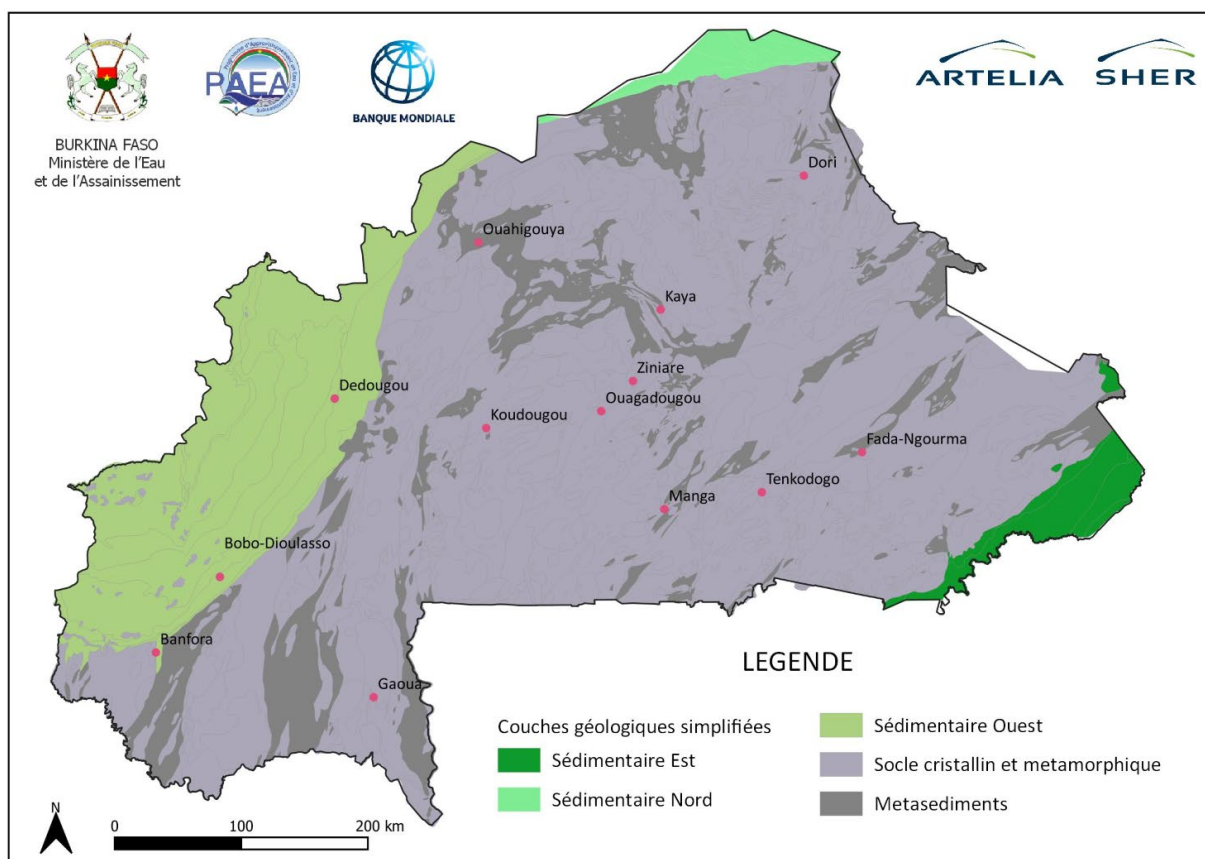


Figure 2 : Zones sédimentaires du Burkina Faso

C.1. Zones sédimentaires du Nord et de l'Est

Compte tenu du contexte sécuritaire défavorable rencontré durant la mise en œuvre du PAEA, les investigations de terrain initialement prévues dans le cadre du PAEA au niveau du sédimentaire du Nord et

du sédimentaire de l'Est (réalisation de forages de reconnaissance profonds) n'ont pu être mises en œuvre. L'étude vise donc à capitaliser les données et informations existantes sur la zone du sédimentaire de l'Est (et du Nord pour le rapport distinct correspondant), en vue de réaliser une synthèse du contexte géologique et hydrogéologique de cette zone.

Les principales étapes de l'étude sont les suivantes, en particulier pour la zone du sédimentaire de l'Est qui fait l'objet du présent rapport :

- (1) Collecte des données et documents existants en relation avec les objectifs de l'étude, auprès des structures détentrices (DGRE, SP-GIRE, DGEP, ONEA, BUMIGEB, AEG, DREA, ANAM, université Joseph Ki Zerbo, université de Fada Ngourma, 2iE, bureaux d'études, etc...) ;
- (2) Collecte et revue documentaire relative à la littérature disponible (rapports techniques, publications, études scientifiques dont thèses et TFE, etc.) se rapportant à la bordure nord du bassin Voltaïen (Benin et Burkina Faso) ;
- (3) Capitalisation des documents collectés (dont extraction de données utiles) ;
- (4) Traitement, validation et mise en format des données collectées ;
- (5) Alimentation des bases de données BD-OMES et BD-SEVR, constitution d'un SIG du sédimentaire de l'Est, et alimentation de la base documentaire de l'étude SEVERE ;
- (6) Exploitation des données pour l'élaboration de la caractérisation géologique et hydrogéologique et pour l'évaluation des potentialités aquifères du sédimentaire de l'Est ;
- (7) Réalisation de produits cartographiques et rédaction du rapport de synthèse.

Les thématiques abordées, correspondant aux principales sections du présent rapport, se rapportent au cadre administratif et de gestion, au climat et aux paramètres hydro-climatiques, à la topographie et à la géomorphologie, à l'hydrographie et aux bassins versants, aux types de sols, à l'occupation des sols, au contexte géologique, au contexte hydrogéologique, au suivi et à l'évolution temporelle des eaux souterraines, à l'inventaire et à la caractérisation des sources naturelles, à l'évaluation de la recharge des aquifères, à l'exploitation des eaux souterraines, à l'estimation des réserves, et à la synthèse des potentialités des aquifères.

L'approche méthodologique mise en œuvre pour le bassin sédimentaire du Nord est similaire à celle présentée ci-dessus. Elle fait l'objet d'un rapport distinct présentant dès lors sensiblement la même structure.

Globalement, les données géologiques et hydrogéologiques disponibles sur la zone du sédimentaire de l'Est du Burkina Faso (et au Benin en zone frontalière de bordure nord du bassin Voltaïen) sont relativement limitées. Elles permettent néanmoins l'élaboration d'une synthèse consistante des caractéristiques géologiques et hydrogéologiques de la zone, malgré l'absence d'investigations de terrain complémentaires. Elles correspondent principalement à des rapports techniques relatifs à des travaux de forage d'hydraulique rurale, mais également (de manière plus limitée) à des travaux à caractère scientifique (thèses et TFE). On notera également l'exploitation des différents rapports établis pour le compte de l'Agence de l'Eau du Gourma (Etat des lieux, inventaire des sources, etc.) qui ont pu être collectés et capitalisés.

La collecte des données existantes, entamée dès le début de l'année 2021, s'est poursuivie en plusieurs phases jusqu'en octobre 2022. L'ensemble des données et documents relatifs à la géologie et à l'hydrogéologie du sédimentaire de l'Est du Burkina Faso (ainsi que la partie beninoise de la bordure de bassin) a pu être collecté et totalement capitalisé.

Toutes les données collectées ont fait l'objet d'un traitement et d'une mise en format harmonisée, avant d'être intégrées aux bases de données BD-OMES et BD-SEVR élaborées dans le cadre de la présente étude. Ces bases de données cartographiques ont ensuite été exploitées pour l'élaboration de la caractérisation géologique et hydrogéologique du sédimentaire de l'Est ainsi que pour l'évaluation de ses potentialités aquifères.

C.2. Zone sédimentaire de l'Ouest

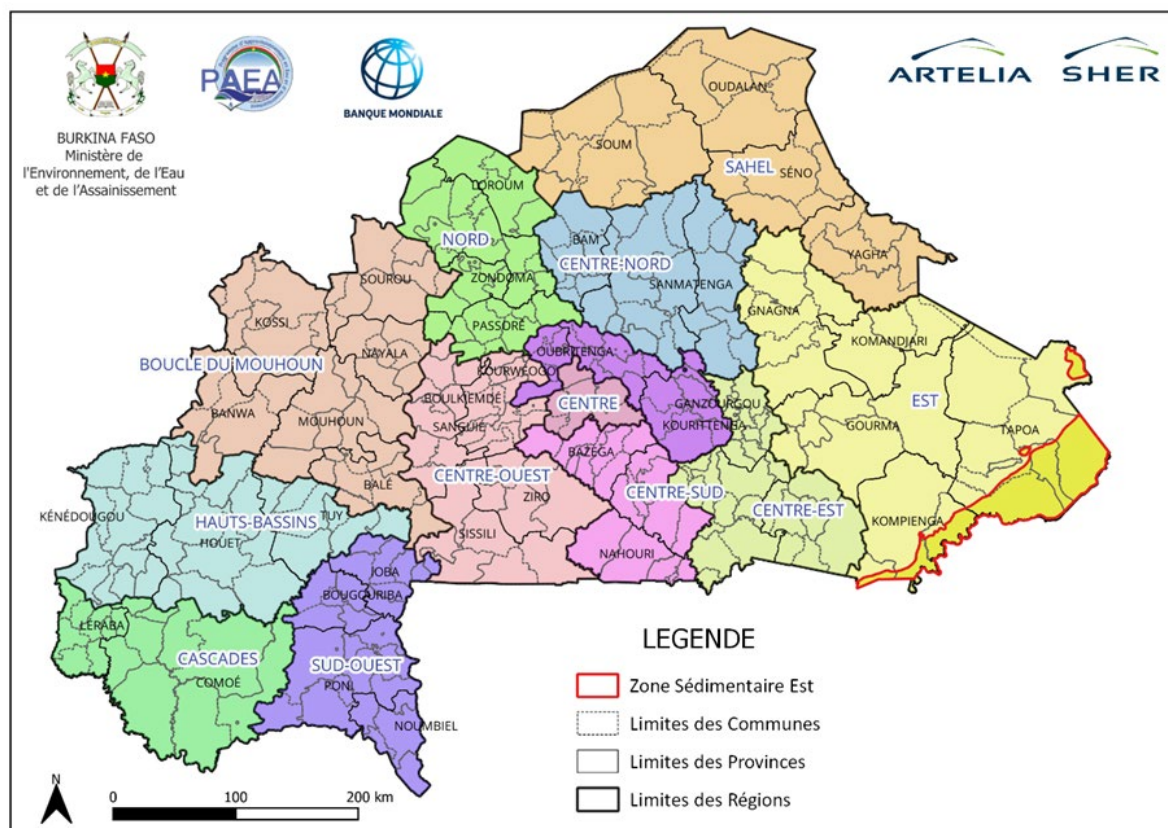
Le bassin sédimentaire de l'Ouest fait l'objet d'une méthodologie distincte et phasée, compte tenu de la mise en œuvre d'investigations de terrain (géophysique et réalisation de forages profonds) menées dans cette zone dans le cadre du PAEA et compte tenu de l'élaboration prévue d'un modèle hydrogéologique dans le cadre de la présente étude.

La caractérisation géologique et hydrogéologique de la zone du sédimentaire de l'Ouest fera donc l'objet d'un rapport distinct.

D. DÉLIMITATION DE LA ZONE D'ÉTUDE

La zone d'étude correspond à la partie Burkinabé du bassin sédimentaire Voltaïen. Elle est située à l'extrême Sud-Est du Burkina Faso (Figure 3), dans la région administrative de l'Est. La localisation de la zone d'étude est reprise sur la figure ci-après.

La superficie de la zone d'étude est d'environ 6.400 km², soit environ 2,4 % seulement de la superficie du Burkina Faso.



Source de données : BNDT 2015, BUMIGEB 2003, ARTELIA/SHER 2022

Figure 3 : Localisation de la zone sédimentaire de l'Est du Burkina Faso

E. CADRE ADMINISTRATIF ET DE GESTION

E.1. Régions, provinces, communes et population¹

Sur le plan administratif, le bassin sédimentaire de l'Est du Burkina Faso fait partie de la Région de l'Est. Il couvre environ 14% de la superficie de cette région.

Le bassin sédimentaire de l'Est couvre partiellement les provinces de la Tapoa (33% de la superficie de la province) et de la Kompienga (19% de la superficie de la province).

Sur le plan communal (Tableau 1), il recouvre partiellement les communes rurales de Diapaga (1.437 hab. en 2019 dans le bassin), Tansarga (56.616 hab. en 2019 dans le bassin), Tambaga (18.212 hab. en 2019 dans le bassin), Lôgbou (96.642 hab. en 2019 dans le bassin), Madjoari (7.042 hab. en 2019 dans le bassin), Pama (6.573 hab. en 2019 dans le bassin), Kompienga (10.740 hab. en 2019 dans le bassin), Partiaga (340 hab. en 2019 dans le bassin) et Botou (9.720 hab. en 2019 dans le bassin).

Tableau 1 : Population de la zone sédimentaire Est par portion de commune (source : RGPH 2019)

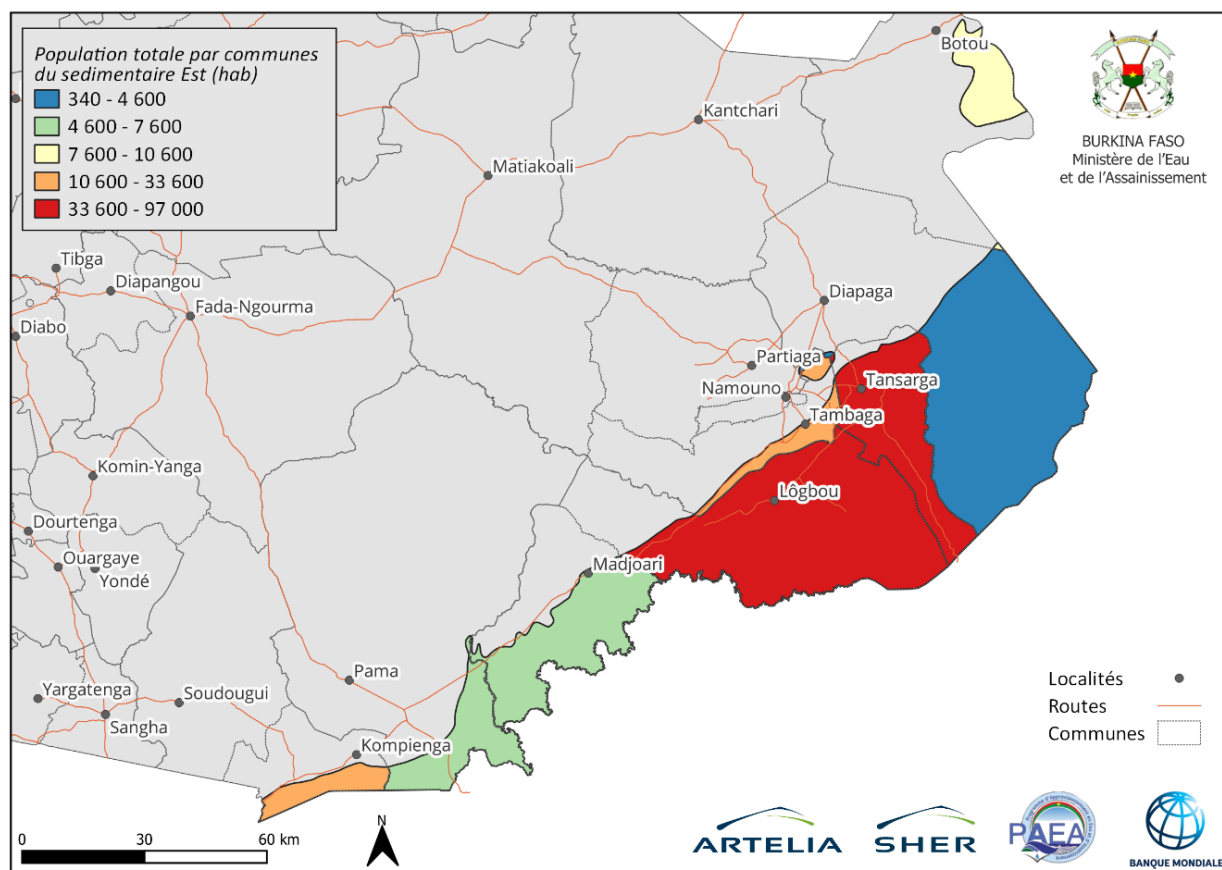
Portion de Commune	Superficie en km ²	Densité de population (hab./km ²)	Population en 2019	Population en 2030	Population en 2050
Botou	263	36,9	9.720	13.170	22.880
Diapaga	1.918	0,75	1437	1.947	3.382
Lôgbou	1.914	50,5	96.642	130.945	227.485
Madjoari	755	9,3	7.042	9.542	16.576
Pama	406	16,2	6.573	8.906	15.472
Partiaga	2	170,0	340	461	800
Tambaga	192	94,8	18.212	24.676	42.869
Tansarga	743	76,2	56.616	76.712	133.268
Kompienga	172	62,4	10.740	14.552	25.280
Total	6.365	32,6	207.322	280.911	488.013

La population totale estimée du bassin en 2019 est d'environ 207.000 habitants, soit 1% seulement de la population totale du pays.

Sur base du taux d'accroissement actuel de la population (2,8 %), la population du bassin atteindrait environ 280.000 habitants en 2030, et 488.000 habitants en 2050.

Comme présenté sur la Figure 4, les portions des communes de Lôgbou et Tansarga sur la zone sédimentaire Est sont les plus peuplées, totalisant à elles deux environ 75% de la population totale du bassin.

¹ Source de données relatives à la population : RGPH 2019. Les données relatives aux projections 2030 et 2050 sont établies à partir du taux d'accroissement national actuel (2.8%), et peuvent être significativement influencées par la situation sécuritaire du pays (en particulier dans la zone couverte par la présente étude).



Source de données : BNDT 2015, BUMIGEB 2003, RGPH 2019, ARTELIA/SHER 2022

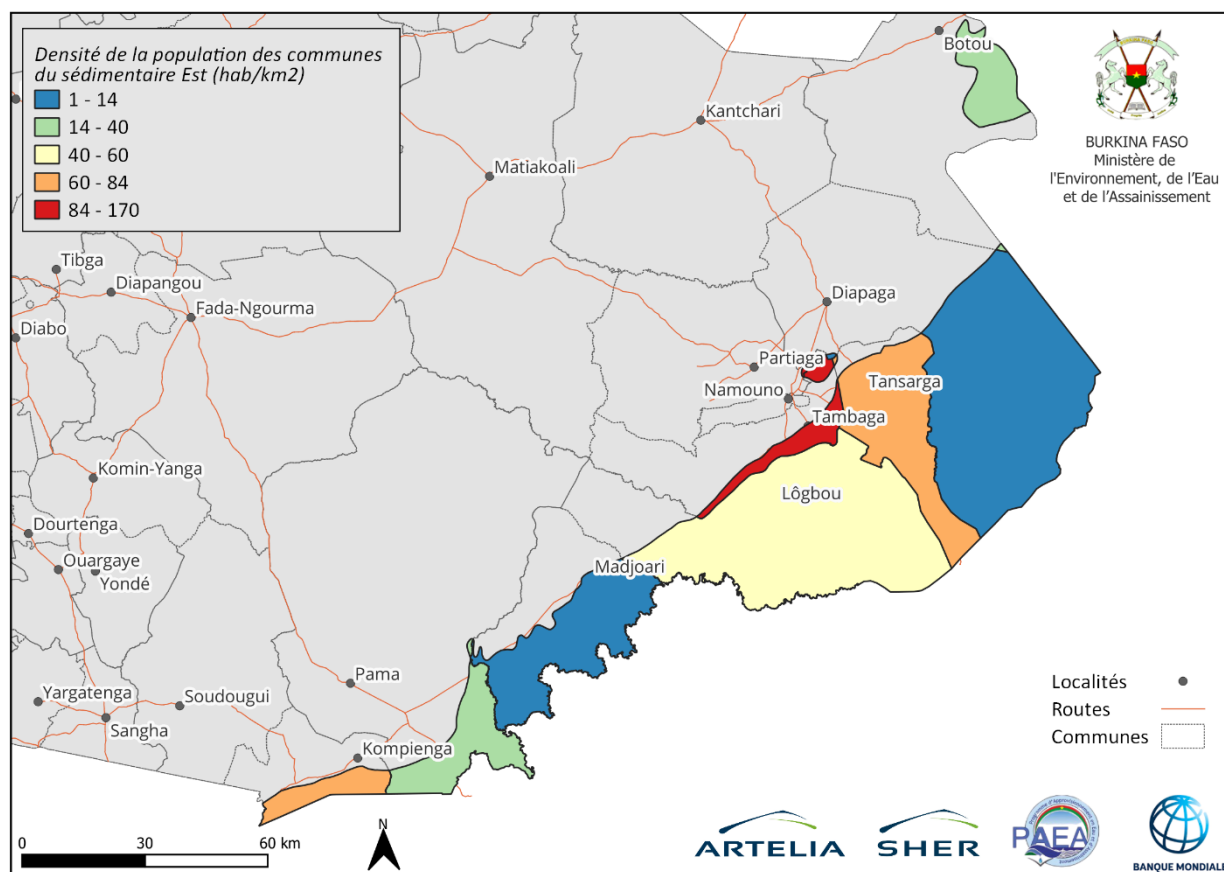
Figure 4 : Population totale (2019) par portion de commune dans le sédimentaire Est

La densité moyenne de population de la zone du sédimentaire Est (2019) est de l'ordre de 33 hab./km², la moyenne nationale étant de 75 hab./km². La zone du sédimentaire Est est donc très peu densément peuplée, la densité étant inférieure à la moitié de la moyenne nationale.

Les densités de population les plus élevées (60 à 95 hab./km² seulement) sont rencontrées dans les portions de communes de Tambaga, Tansarga et Kompienga.

Aucune localité de plus de 15.000 habitants (2019) n'est située dans la zone sédimentaire Est. La localité de plus de 15.000 habitants la plus proche est Diapaga (15.500 hab. en 2019), située à environ 17 km au N-O de la zone sédimentaire. La grande ville la plus proche est Fada-Ngourma (73.000 habitants en 2019), située à 110 km au N-O de la zone sédimentaire.

La zone du sédimentaire de l'Est est donc peu densément peuplée, et présente un caractère rural.



Source de données : BNDT 2015, BUMIGEB 2003, RGPH 2019, ARTELIA/SHER 2022

Figure 5 : Densité de population (2019) par portion de commune dans le sédimentaire Est

E.2. Cadre de gestion des ressources en eau : Agences de l'Eau

L'Agence de l'Eau compétente sur le territoire couvert par le sédimentaire de l'Est est l'Agence de l'Eau du Gourma (AEG)

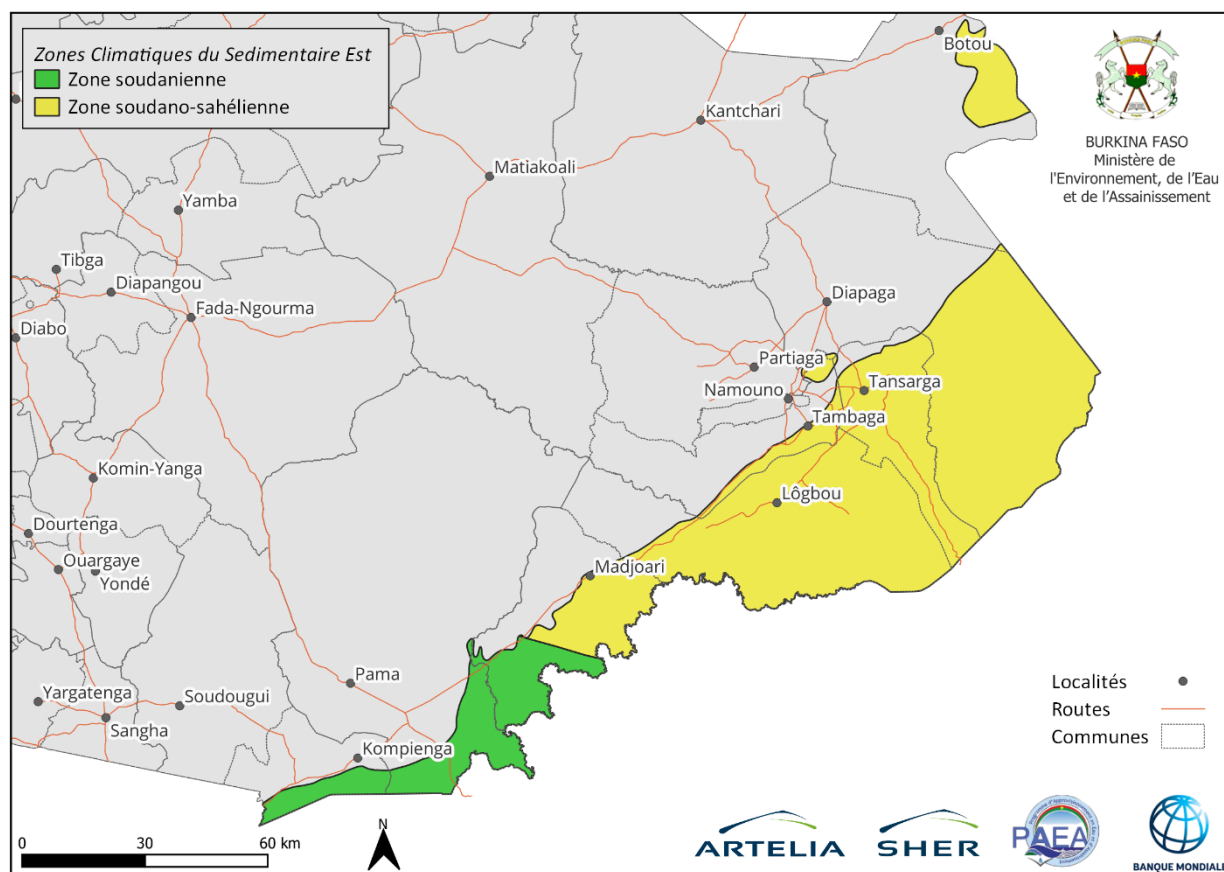
Le bassin sédimentaire de l'Est représente moins de 13% de la superficie de l'espace de compétence de cette Agence.

F. CLIMAT ET PARAMÈTRES HYDRO-CLIMATIQUES

Le climat de la zone sédimentaire de l'Est est un climat de type soudano-sahélien qui couvre les communes de Diapaga, Partiaga, Logobou, et soudanien au Sud dans les localités de Pama et Madjoari (Figure 6). Il est caractérisé par des variations pluviométriques considérables avec deux saisons très contrastées : la saison des pluies de juin à septembre et la saison sèche durant laquelle souffle l'harmattan.

F.1. Source des données climatologiques et exploitation

Les données climatologiques exploitées dans le cadre de la présente étude sont d'une part les données issues des stations climatologiques de l'ANAM, et d'autre part les données climatologiques globales téléchargées et traitées à partir de fournisseurs de données globales spatialisées dont FLDAS, TerraClimate, CHIRPS, WorldClim et FAO Water Portal.



Source de données : BNDT 2015, BUMIGEB 2003, ANAM 2021, ARTELIA/SHER 2022

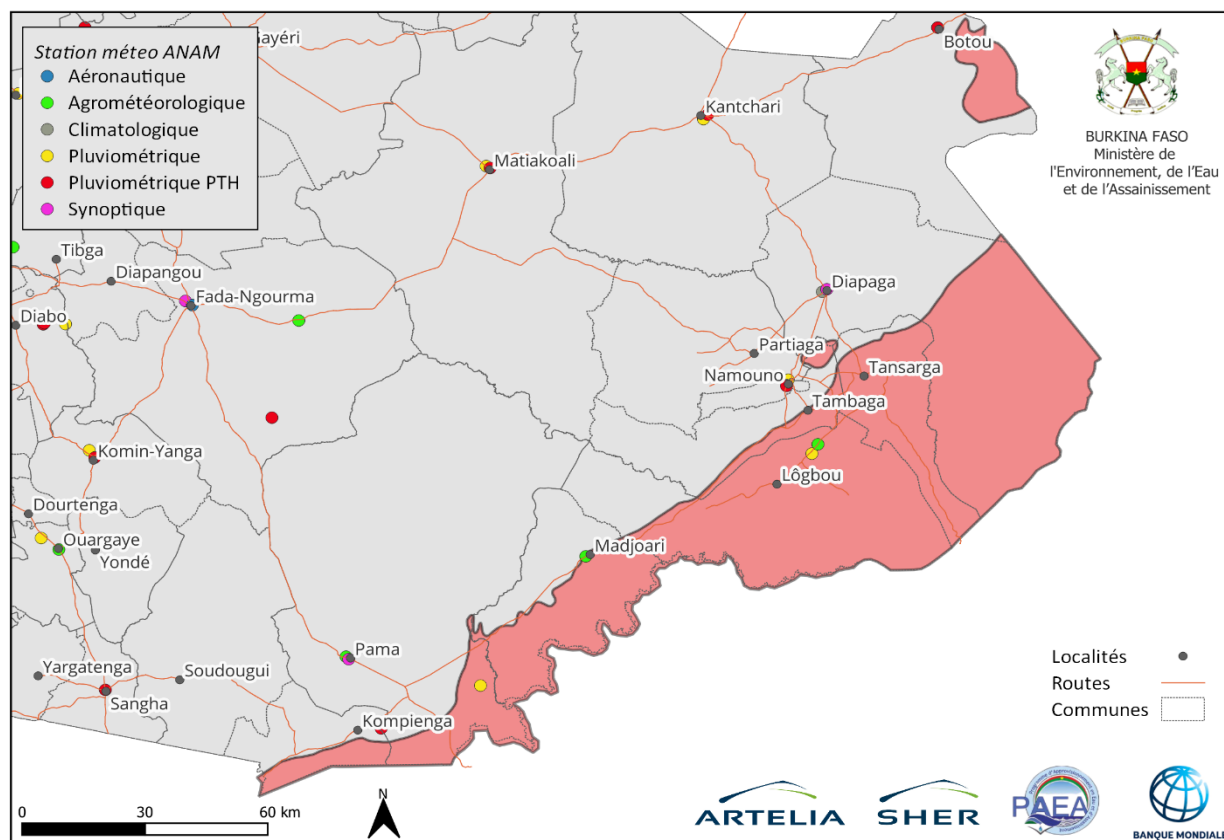
Figure 6 : Zones climatiques de la zone sédimentaire Est

F.1.1. Données climatologiques de l'ANAM

La localisation et la typologie des stations climatologiques de l'ANAM, dans et à proximité de la zone sédimentaire Est, est reprise sur la Figure 7 ci-après.

Les paramètres climatologiques capitalisés dans le cadre de l'étude sur base des données obtenues de l'ANAM sont la pluie, la pluie maximale, la température maximale, la température minimale, la température moyenne, le vent, l'insolation, l'humidité maximale, l'humidité minimale, l'évaporation bac A, et l'évapotranspiration potentielle.

Les données sont capitalisées au pas de temps mensuel, à partir de l'année 1960.



Source de données : BNDT 2015, BUMIGEB 2003, ANAM 2021, ARTELIA/SHER 2022

Figure 7 : Stations climatologiques de l'ANAM

F.1.2. Données climatologiques globales

Les paramètres climatologiques capitalisés à partir des données globales spatialisées (FLDAS, TerraClimate, CHIRPS, WorldClim et FAO Water Portal) sont les précipitations, la température (min-max-moyenne), l'évapotranspiration potentielle, et l'évapotranspiration réelle.

L'utilisation de données globales vise à optimiser la distribution spatiale des valeurs mensuelles pour chaque paramètre étudié, et à disposer de séries temporelles complètement distribuées spatialement et temporellement au pas de temps mensuel sur une période continue (sans lacune temporelle de donnée).

Les données sont capitalisées au pas de temps mensuel, à partir de l'année 1981 (ou ultérieure, selon le paramètre et le fournisseur de données globales).

Les données globales sont traitées par l'intermédiaire de QGIS et de Google Earth Engine (GEE), et sont validées sur base des données de l'ANAM. Les procédures de validation sont décrites dans le rapport portant sur l'évaluation de la recharge par approche bilantaire spatialisée.

F.2. Précipitations

F.2.1. Précipitations annuelles et distribution spatiale

Les précipitations annuelles moyennes sur l'ensemble de la zone sédimentaire Est, sur la période 1991-2020, sont de l'ordre de 899 mm.

Les valeurs P10 (année sèche), P50 (année médiane) et P90 (année humide) sur la même période 1991-2020 sont respectivement de l'ordre de 793 mm, 881 mm et 999 mm.

Tableau 2 : Statistiques de pluviométrie de la zone du sédimentaire Est

Pluviométrie moyenne 1991-2020	Pluviométrie P10 1991-2020	Pluviométrie P50 1991-2020	Pluviométrie P90 1991-2020
899 mm	793 mm	881 mm	999 mm

Le graphique repris sur la Figure 8 illustre la chronique des précipitations annuelles de la zone du sédimentaire Est sur la période 1991-2020.

L'année la plus sèche sur la période est 1993 (750 mm), tandis que la plus humide est 1994 (1250 mm).

La courbe de tendance (puissance) indique une légère augmentation de la pluviométrie sur la période de 30 années considérée.

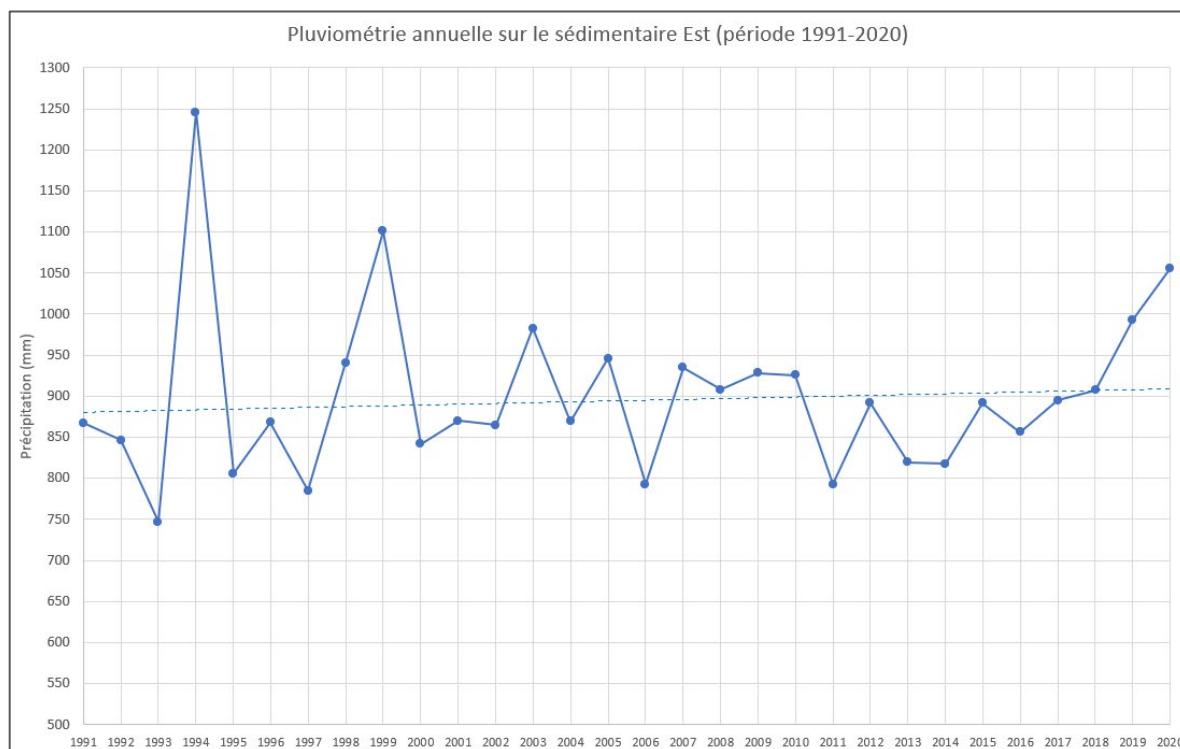
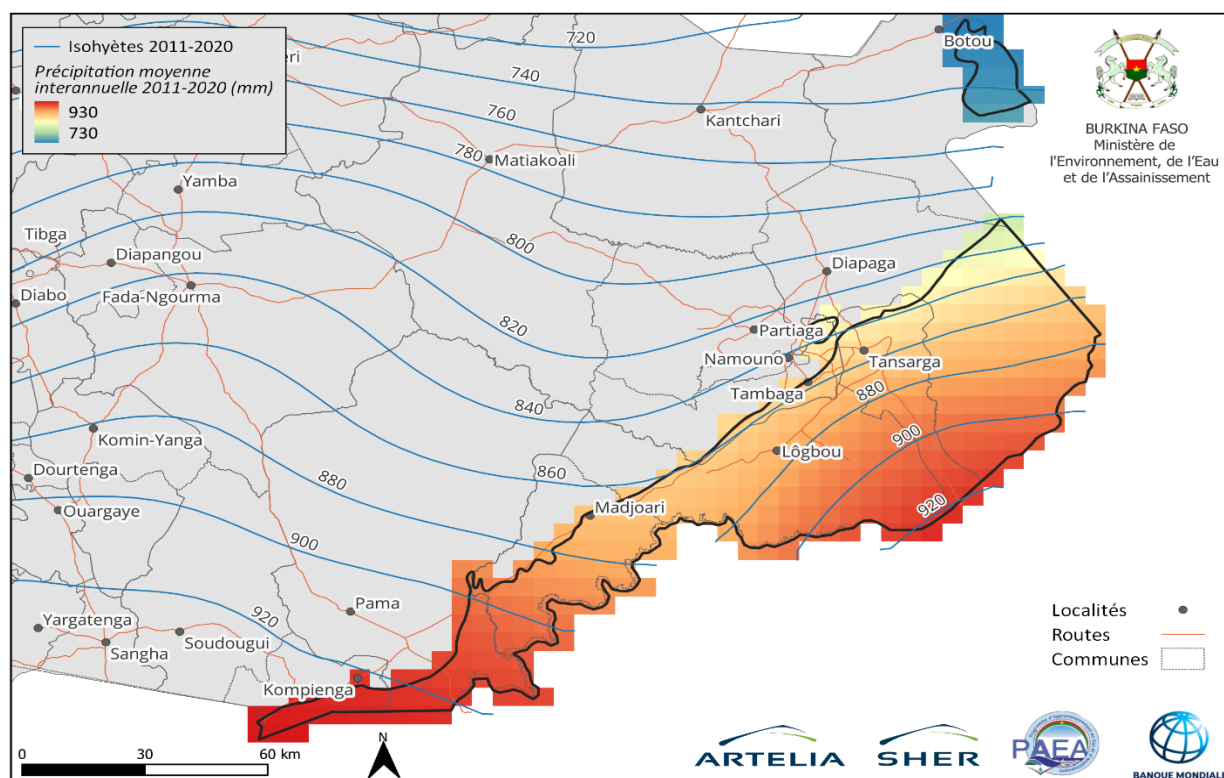


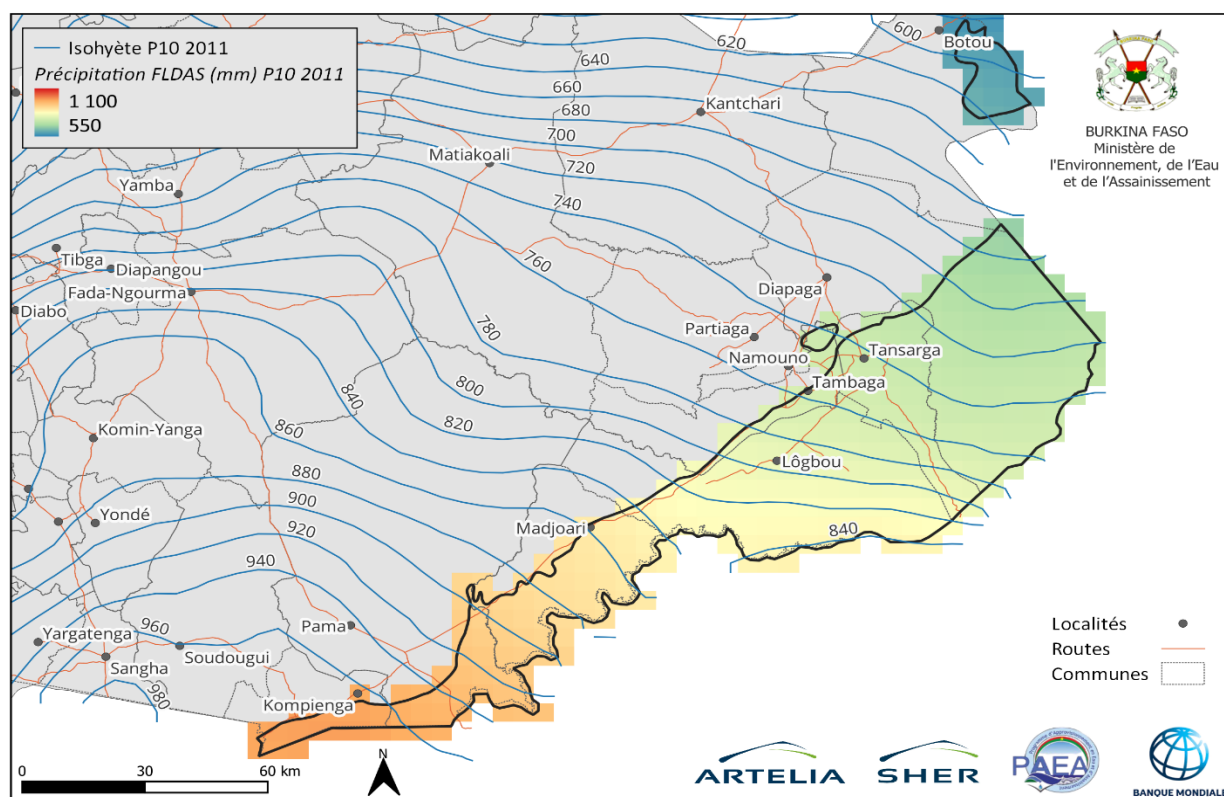
Figure 8 : Chronique 1991-2020 de pluviométrie annuelle et courbe de tendance.

La distribution spatiale des précipitations annuelles est illustrée sur les 4 figures ci-après, respectivement pour la moyenne annuelle de la période 1991-2020, pour l'année-type sèche P10 (2011), pour l'année-type médiane P50 (2001) et pour l'année-type humide P90 (2019).



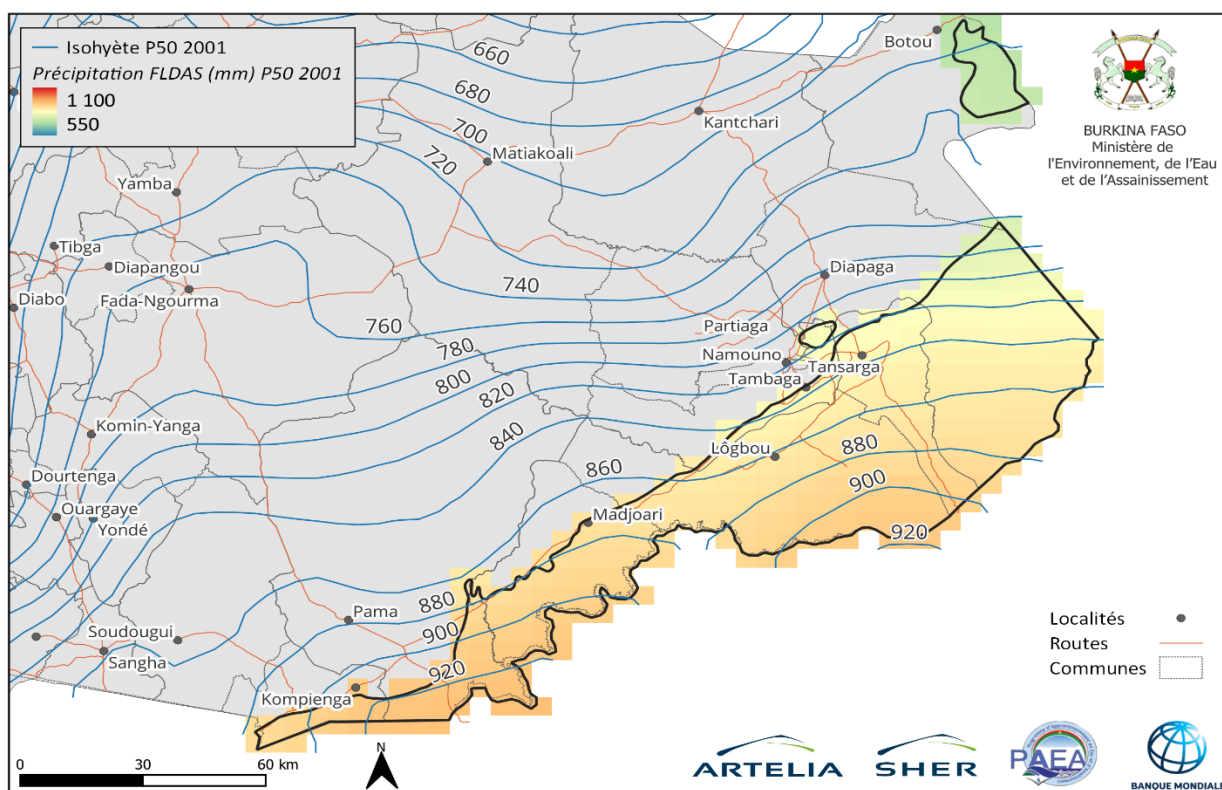
Source de données : BNDT 2015, BUMIGEB 2003, ANAM 2011-2020, ARTELIA/SHER 2022

Figure 9 : Distribution spatiale des précipitations moyennes de la période 2011-2020



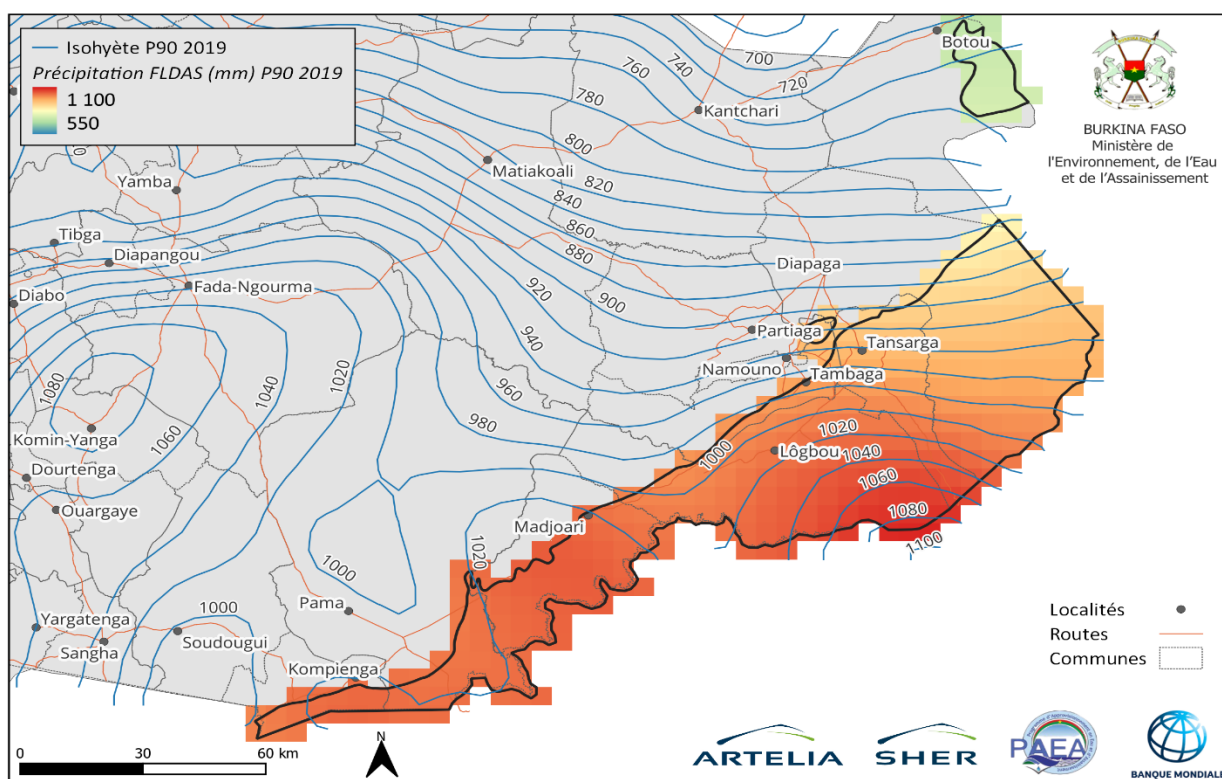
Source de données : BNDT 2015, BUMIGEB 2003, ANAM 2021, ARTELIA/SHER 2022

Figure 10 : Carte des précipitations année-type P10 de la zone sédimentaire Est



Source de données : BNDT 2015, BUMIGEB 2003, ANAM 2021, ARTELIA/SHER 2022

Figure 11 : Carte des précipitations année-type P50 de la zone sédimentaire Est

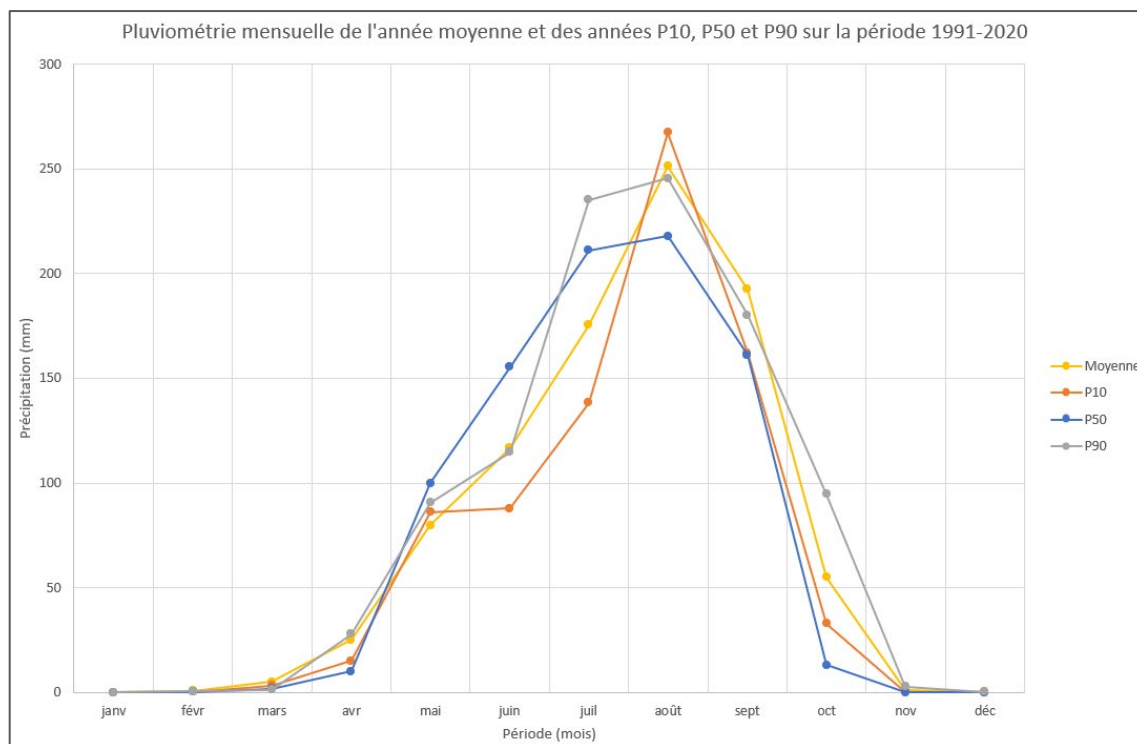


Source de données : BNDT 2015, BUMIGEB 2003, ANAM 2021, ARTELIA/SHER 2022

Figure 12 : Carte des précipitations année-type P90 de la zone sédimentaire Est

F.2.2. Distribution annuelle des précipitations mensuelles

La distribution temporelle des précipitations mensuelles est illustrée sur la Figure 13 ci-après, pour les années moyenne, P10, P50 et P90 de la période 1991-2020 ;



Source de données : ANAM 2021, ARTELIA/SHER 2022

Figure 13 : Pluviométrie mensuelle sur la période 1991-2020 (année moyenne, P10, P50, P90)

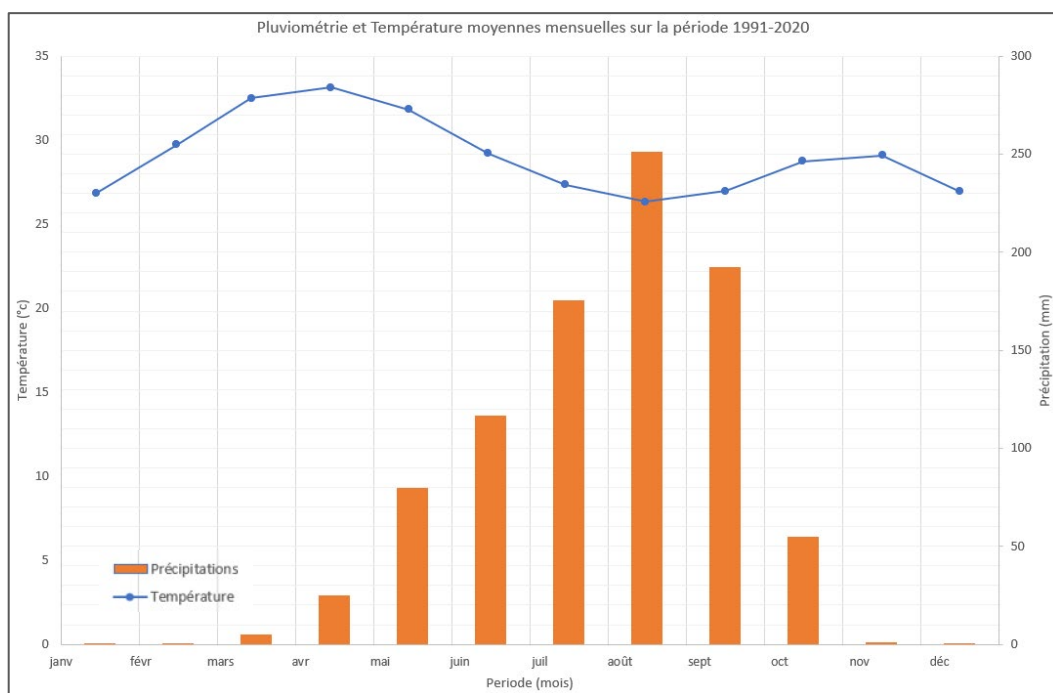
Les précipitations sont réparties du mois d'avril au mois d'octobre, avec les valeurs les plus élevées rencontrées au mois d'août.

La valeur moyenne au mois d'août est de 250 mm, avec un maximum de 444 mm observé en août 1994.

F.3. Températures

Les températures mensuelles moyennes de la période 1991-2020 sont comprises entre 26,3°C (août, mois le plus frais) et 33,1°C (avril, mois le plus chaud). La température moyenne inter-annuelle sur la période est de 29.1°C, tandis que l'écart-type est de 2.3°C.

La **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** figure ci-après illustre les températures mensuelles moyennes sur la période 1991-2020, ainsi que les précipitations annuelles moyennes sur la même période.

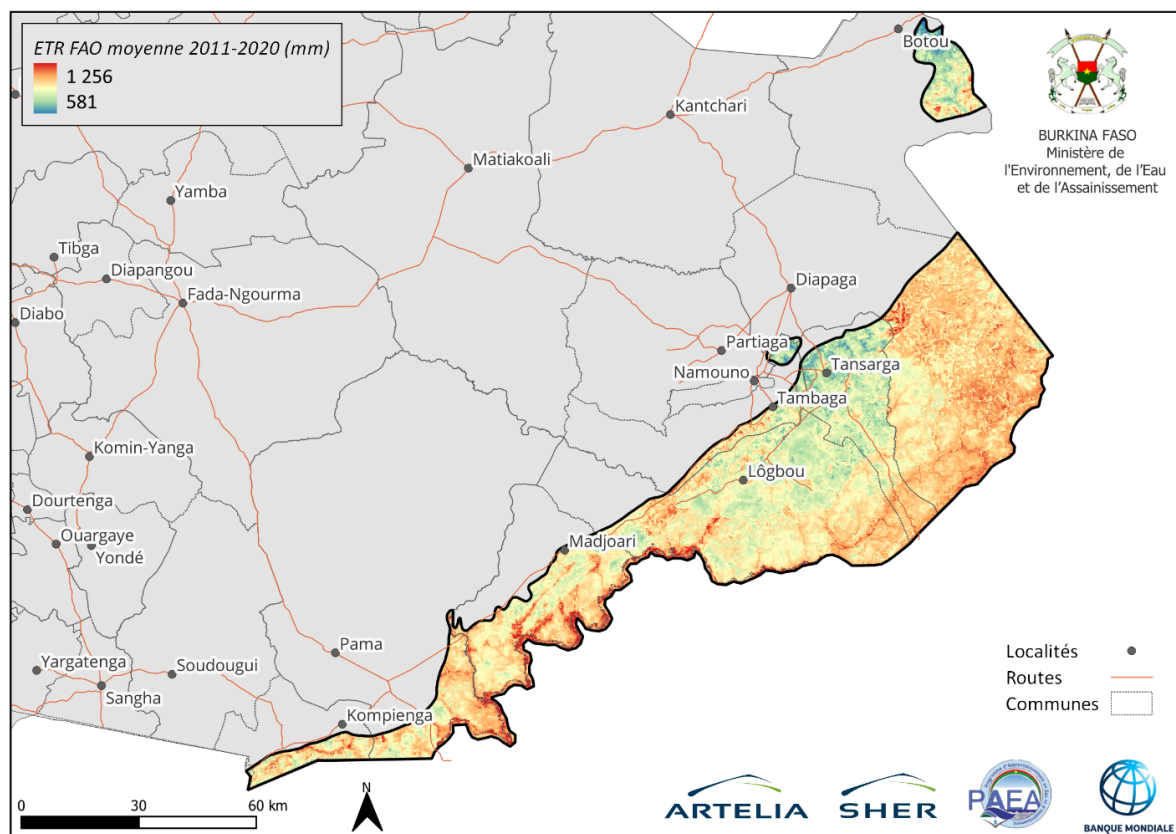


Source de données : ANAM 2021, ARTELIA/SHER 2022

Figure 14 : Températures et précipitations mensuelles moyennes sur la période 1991-2020

F.4. Evapotranspiration réelle (ETR)

L'évapotranspiration réelle a été évaluée, dans le cadre de la présente étude, d'une part selon le bilan simplifié de Thornthwaite à partir de valeurs mensuelles d'ETP sur une période de 30 années (1991-2020), et d'autre part à partir de données globales. Parmi les données globales capitalisées, celles de la FAO (FAO WaterPortal) sont particulièrement intéressantes : elles sont basées sur la méthode de calcul de Penman-Monteith faisant intervenir de nombreux paramètres climatiques, et (notamment) sur le développement effectif du couvert végétal rencontré. De surcroît leur résolution spatiale est particulièrement fine (250m).



Source de données : BNDT 2015, BUMIGEB 2003, ANAM 21, ARTELIA/SHER 2022

Figure 15 : Carte de l'évapotranspiration réelle FAO (AETI FAO) moyenne annuelle sur la période 2011-2020

La Figure 16 ci-après illustre l'évapotranspiration réelle annuelle (FLDAS) de 1991 à 2020. Les valeurs sont comprises entre 720 mm et 880 mm.

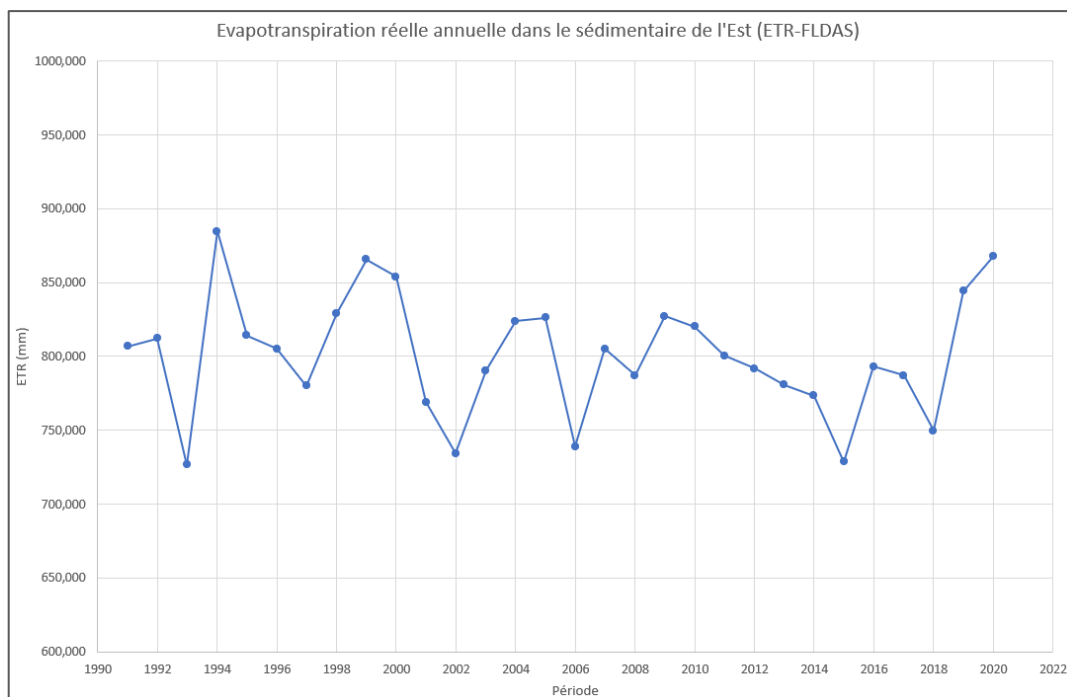


Figure 16 : Évapotranspiration réelle annuelle dans le sédimentaire de l'Est (source : FLDAS)

F.5. Autres paramètres hydro-climatologiques

Les autres paramètres hydro-climatologiques importants sont repris dans la section O.2 relative à l'évaluation de la recharge par approche bilantaire.

G. TOPOGRAPHIE ET GÉOMORPHOLOGIE

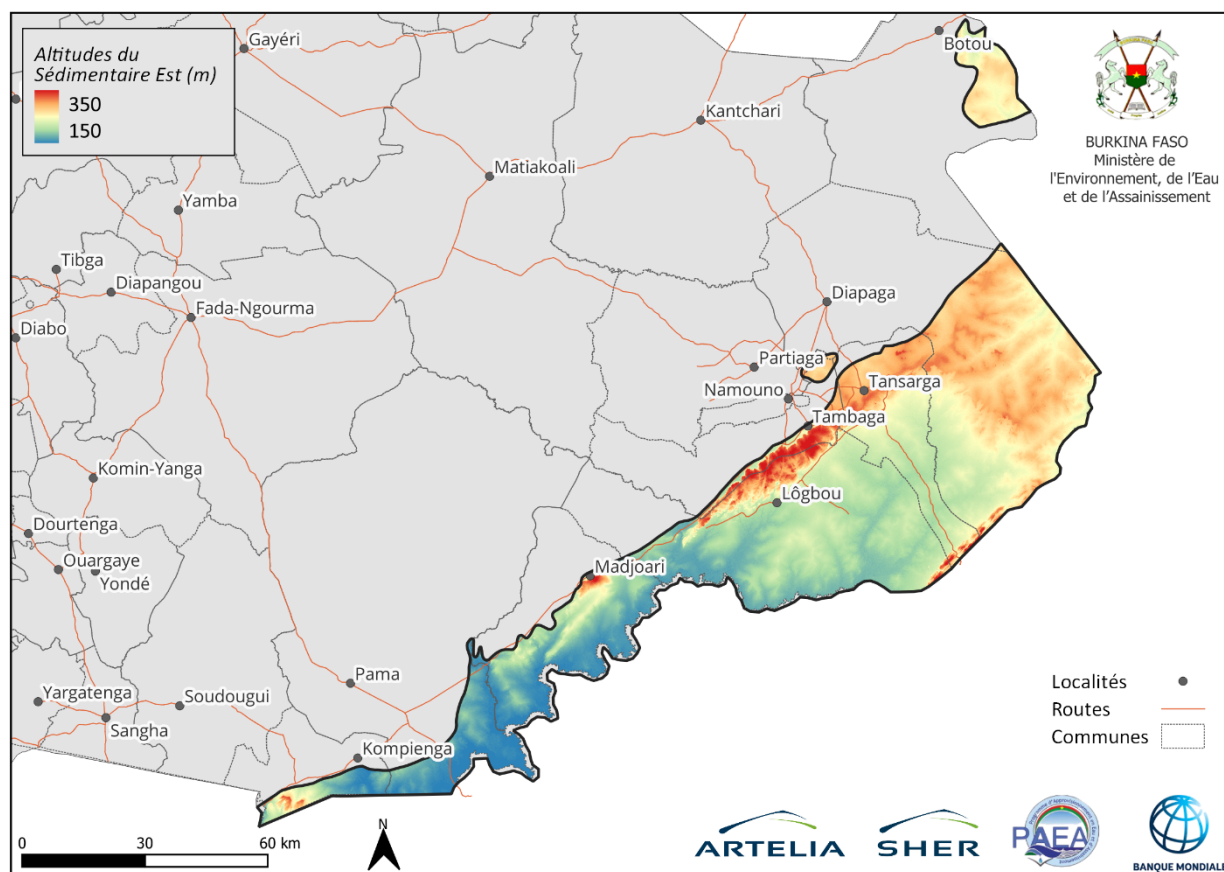
La topographie du bassin sédimentaire de l'Est est illustrée sur la Figure 17 ci-après.

Le relief de la région est constitué principalement de trois grands ensembles topographiques : une vaste plaine (75 % de la région), des reliefs résiduels (10 %) et des bas-fonds (15 %). La région est drainée par un important réseau hydrographique dense constitué essentiellement d'affluents périodiques, de petites rivières et de plans d'eau.

La topographie du sédimentaire Est est comprise entre 150 m et 350 m d'altitude.

La géomorphologie du bassin sédimentaire de l'Est s'organise du nord-ouest au sud-est comme suit :

- les plateaux gréseux de Gobnangou (Tansarga) - Madjoari, montrant une surface légèrement inclinée vers l'intérieur du bassin (plaine de la Pendjari) et des escarpements tournés vers l'extérieur. L'altitude varie entre 190 m et 350 m. Ces plateaux sont séparés par des paléovallées d'origine glaciaires, larges de 15 à 40 km, par lesquelles les cours d'eau accèdent à la Pendjari ;
- la plaine de la Pendjari présente des vallonements amples et peu prononcés, constitués par les alluvions des rivières du même nom qui coulent du nord-est vers le sud-ouest, tandis que ses affluents proviennent du nord-ouest et du sud-est ;
- la zone des collines ou contreforts de l'Atacora, est constituée par une succession de petites collines dont l'altitude ne dépasse guère 450 m. Ces collines forment une zone charnière entre la plaine de la Pendjari et la chaîne de l'Atacora. Ces chaînons sont connus sous le nom de collines du Buem ;
- la chaîne de l'Atacora, longe au sud la frontière sous forme de bande large d'environ 5 km, de direction NO-SE. Son altitude varie entre 300 m et 350 m.



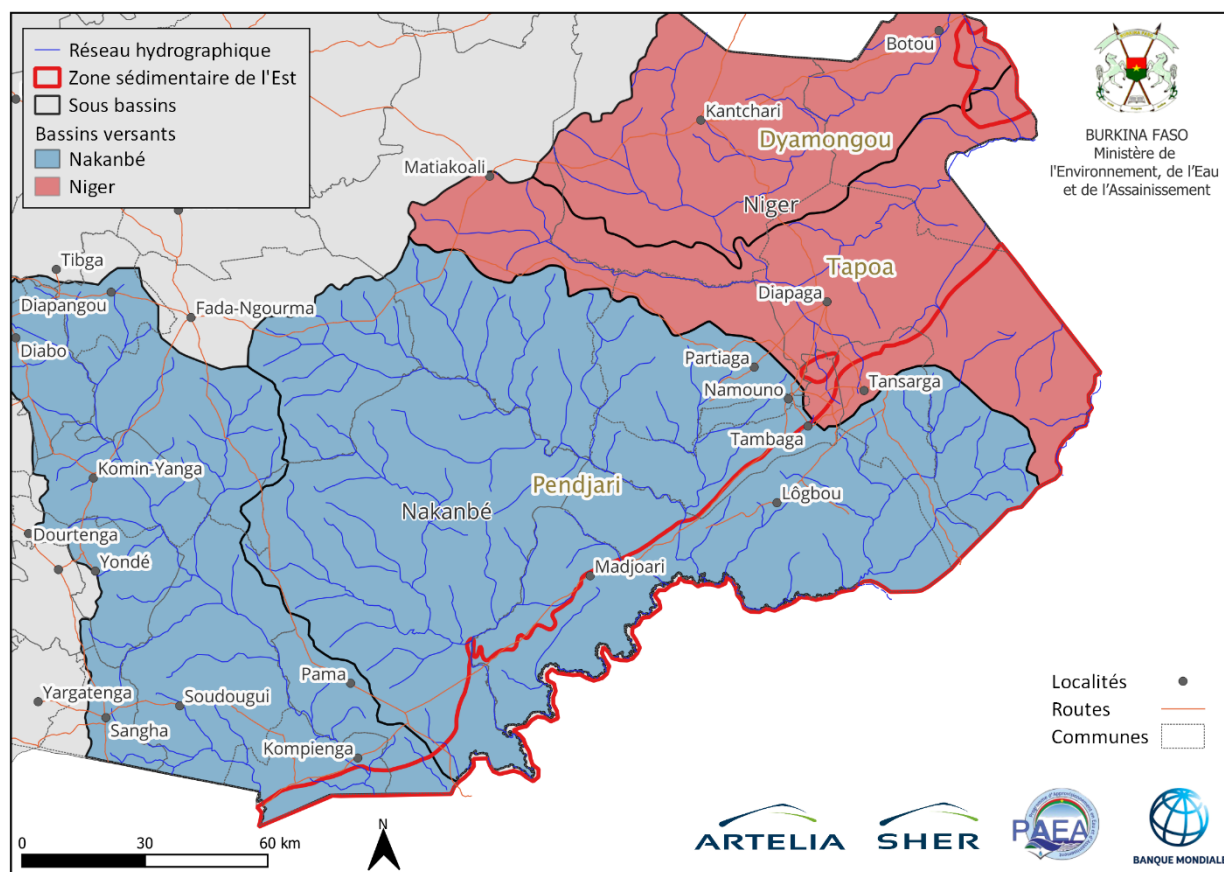
Source de données : BNDT 2015, BUMIGEB 2003, NASA SRTM, ARTELIA/SHER 2022

Figure 17 : Cadre topographique de la zone sédimentaire Est du Burkina Faso

H. HYDROGRAPHIE ET BASSINS VERSANTS

Le Burkina Faso dispose d'un réseau hydrographique bien développé, notamment dans la partie Sud du pays. Il est sillonné par de nombreux cours d'eau reliés à trois bassins versants internationaux, que sont le bassin de la Volta, celui de la Comoé et celui du Niger. Ces trois bassins sont eux-mêmes subdivisés en 4 bassins versants nationaux : le bassin national de la Comoé, le bassin national du Mouhoun, le bassin national du Nakanbé et le bassin national du fleuve Niger.

Le bassin sédimentaire de l'Est du Burkina Faso est recoupé sur 80% de sa superficie par le bassin hydrographique national du Nakanbé, les 20% restant (partie Nord-Est) étant situés dans le bassin hydrographique national du Niger (Figure 18).



Source de données : BNDT 2015, BUMIGEB 2003, ARTELIA/SHER 2022

Figure 18 : Réseau hydrographique et bassins versants de la zone sédimentaire Est du Burkina Faso

H.1. Bassin hydrographique national du Niger

Au niveau du bassin versant national du Niger, les sous-bassins recoupant le sédimentaire de l'Est sont les sous-bassins de Tapoa et Dyamongou.

Le Dyamongou prend sa source à 280 m d'altitude dans la commune de Kantchari. Il coule sur une cinquantaine de kilomètres du Nord-Ouest au Sud-Est avant de bifurquer à l'altitude 238 m pour prendre la direction Sud-ouest - Nord-est jusqu'à la frontière du Niger à 210 m d'altitude. Il traverse les communes de Kantchari et de Botou. Ses eaux alimentent les barrages de Sakoani et de Boudiéri tous deux situés dans la commune de Kantchari. Avec un débit moyen de $1,68 \text{ m}^3/\text{s}$ mesuré à Botou, il coule sur une longueur totale d'environ 221 Km dont 182 Km au Burkina Faso.

La Tapoa prend sa source à 280 m d'altitude dans la commune de Matiacoali. Elle coule sur environ 115 km du Nord-Ouest au Sud-Est avant de bifurquer à l'altitude 240 m au niveau du village de Tapoa-Barrage pour prendre la direction Sud-ouest - Nord-est jusqu'à la frontière du Niger à 230 m d'altitude où elle forme une partie de la frontière Burkina - Niger. Elle traverse les communes de Matiacoali, Diapaga et de Botou. Elle forme par ailleurs la limite entre les communes de Matiacoali (Province du Gourma) et de Partiaga (Province de la Tapoa). Elle alimente le barrage éponyme dans la commune de Diapaga. Elle coule sur une longueur totale de 281 Km dont 228 Km au Burkina Faso.

H.2. Bassin hydrographique national du Nakanbé

Au niveau du bassin versant national du Nakanbé les sous-bassins recoupant le sédimentaire de l'Est sont les sous-bassins de la Pendjari et de la Kompienga.

La rivière Pendjari prend sa source dans les montagnes de l'Atakora au Bénin à une altitude d'environ 600 mètres au-dessus du niveau de la mer. Elle s'écoule en territoire burkinabè dans une direction Nord-Nord-Est. Elle décrit ensuite un coude, coule dans les directions Ouest puis Sud-Ouest et reçoit les eaux d'Arly et de Singou. La Pendjari et ses affluents ne coulent pas en saison sèche. Mais, de nombreuses mares ou retenues permanentes sont situées sur la rivière. Le débit international sur la Pendjari est de 7,8 m³/s à la station d'Arly (PRD Est, 2015). Sa confluence avec la Kompienga se fait en territoire togolais qu'elle traverse sous le nom d'Oti pour se jeter dans la Volta au Ghana (MED, 2006). Elle constitue la majeure partie de la frontière Burkina - Bénin sur 379 Km.

La Kompienga qui signifie "rivière blanche" en Yana (Koul Peolgo) prend sa source à 320 m d'altitude dans le village de Sitenga (commune de Gounghin, Province du Kouritenga) et coule Nord-ouest – Sud-est jusqu'à la frontière Burkina - Togo à l'altitude 130 m. Après un parcours d'environ 207 Km en territoire burkinabè, elle se jette dans l'Oti au Togo. Elle alimente le barrage de Zanré (commune de Diabo, Province du Gourma) et le barrage éponyme dans la commune de Kompienga, Province de la Kompienga qui est le plus grand barrage du Burkina (2,5 milliards de mètres cubes de capacité de stockage avec une capacité installée de génération électrique de 14 MW).

I. TYPES DE SOLS

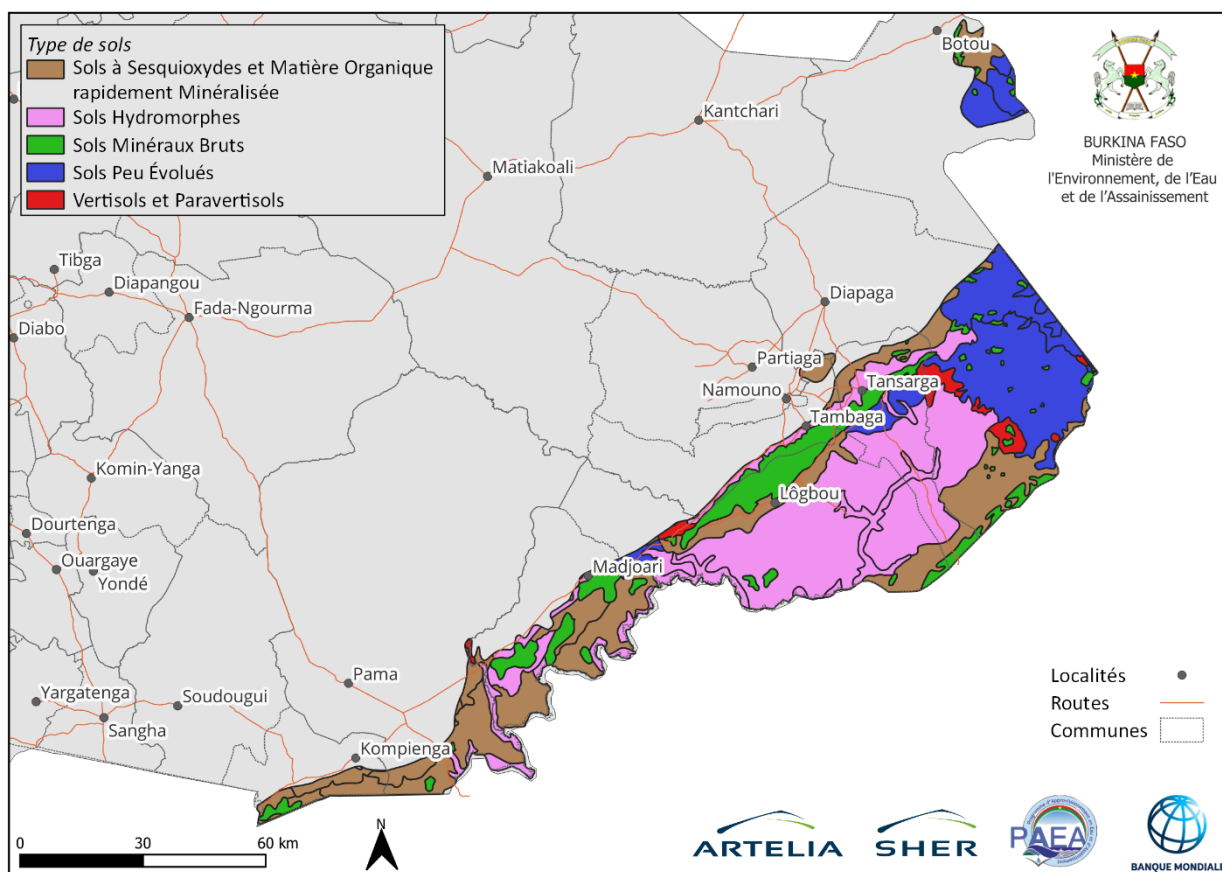
Les types de sols rencontrés dans le bassin sédimentaire de l'Est, et leurs caractéristiques texturales, sont décrits ci-après respectivement selon la typologie cartographique du BUNASOL et selon la classification HWSD (harmonized World Soil database) de la FAO.

I.1. Carte des sols du BUNASOL

Les études déjà réalisées au Burkina Faso, notamment par l'ORSTOM (actuel IRD), l'IRAT (actuel CIRAD) la SOGREAH, la SOGETHA, l'INERA et le BUNASOLS, distinguent huit classes de sols dominants selon la terminologie CPCS (1967). Le bassin sédimentaire de l'Est se caractérise par cinq (5) types de sols dont deux représentent plus de 50 % de l'ensemble (Figure 19) : il s'agit des sols hydromorphes (37 %) et des sols à Sesquioxydes et Matière Organique rapidement Minéralisée (28 %). Ces sols sont étroitement liés aux formations du Voltaïen moyen.

Les cinq types de sols rencontrés dans le bassin sédimentaire de l'Est sont les suivants :

- les sols Hydromorphes humifères à pseudo gley de surface (37 %) qui sont des sols à structure moudre marqués par les taches brun rougeâtre dues à la présence de l'eau ; ils sont aptes à la culture du riz et du sorgho.
- les sols à Sesquioxydes et Matière Organique rapidement Minéralisée (28 %) ;
- les sols Peu Évolus (21 %) à texture superficielle fine généralement fertiles et situés dans les lits des cours d'eau ; ils sont propices à la culture du riz, du sorgho, du maïs, et des cultures maraîchères ;
- les sols Minéraux Bruts (11 %) avec affleurement de la roche sont généralement inapte à l'agriculture ;
- les vertisols et Paravertisols (2 %).



Source de données : BNDT 2015, BUMIGEB 2003, BUNASOL, ARTELIA/SHER 2022

Figure 19 : Types de sols de la zone sédimentaire Est du Burkina Faso (BUNASOL)

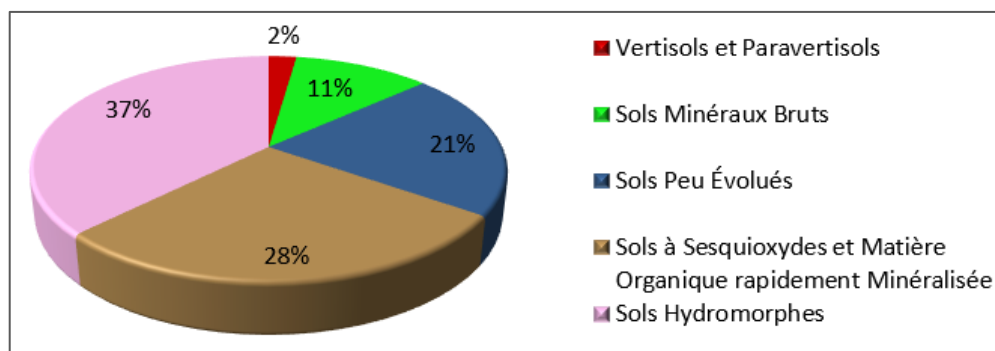
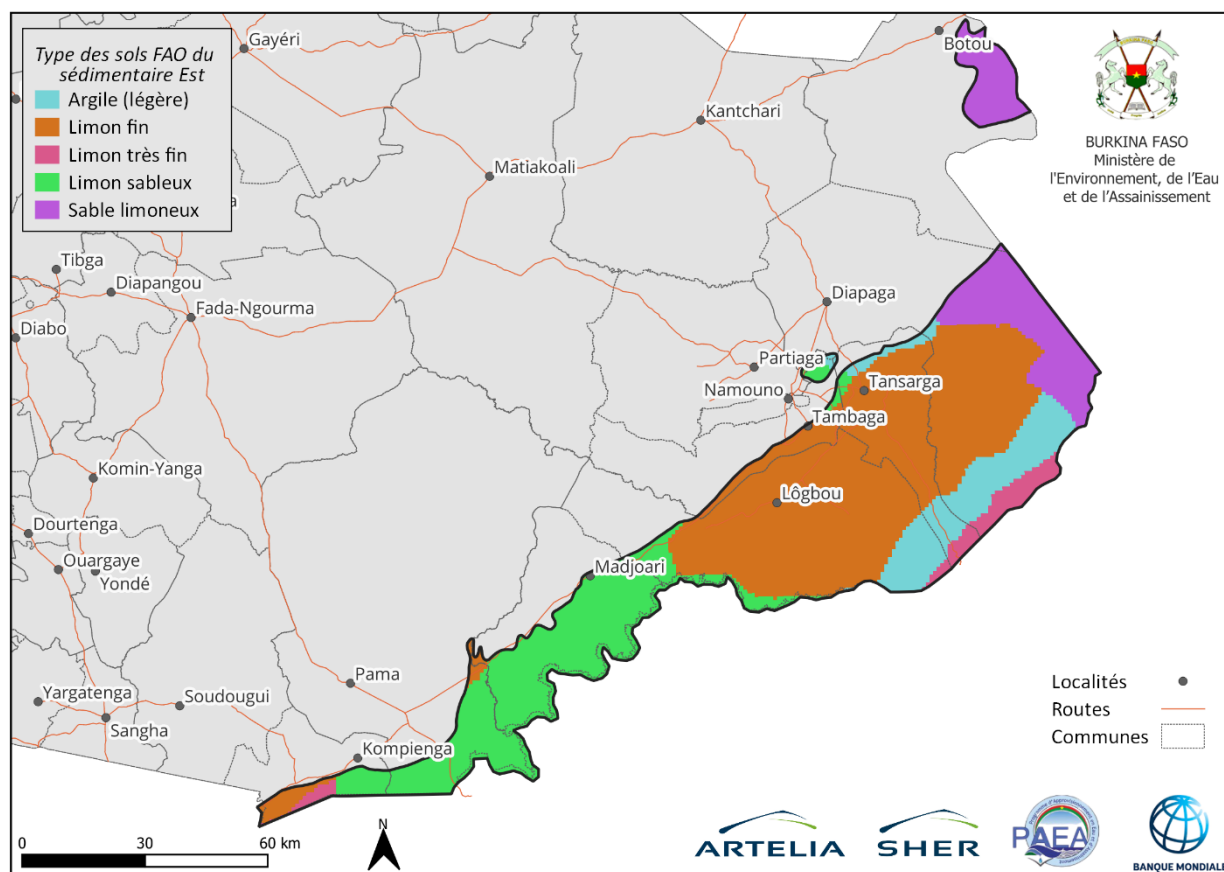


Figure 20 : Répartition des types de sols du bassin sédimentaire Est du Burkina Faso (BUNASOL)

I.2. Typologie texturale de la FAO (HWSD)

Dans la zone d'étude se trouvent les sols étroitement liés aux formations du Voltaïen moyen qui bordent la Pendjari (IWACO, 1993). Selon la classification des textures de sols par la FAO (HWSD), les sols dominants de la zone sédimentaire Est sont les sols limoneux fins (49%), présents dans la partie centrale de la zone et un peu à l'extrême sud-ouest (Figure 21). Ces sols sont suivis par les sols limono-sableux avec un pourcentage de couverture de 24% représentés dans les communes de Madjoari, Pama et Kompienga et les sols argileux présents dans la partie sud-est. Les sols sablo-limoneux (13%) sont quant à eux localisés dans la partie nord-est des communes de Diapaga et de Botou. Les sols les moins représentés sont les sols limoneux très fins (3%) qui sont localisés à l'extrême sud-est de la zone à la frontière du Bénin.



Source de données : BNDT 2015, BUMIGEB 2003, FAO, ARTELIA/SHER 2022

Figure 21 : Texture des sols du sédimentaire Est selon la FAO (HWSD)

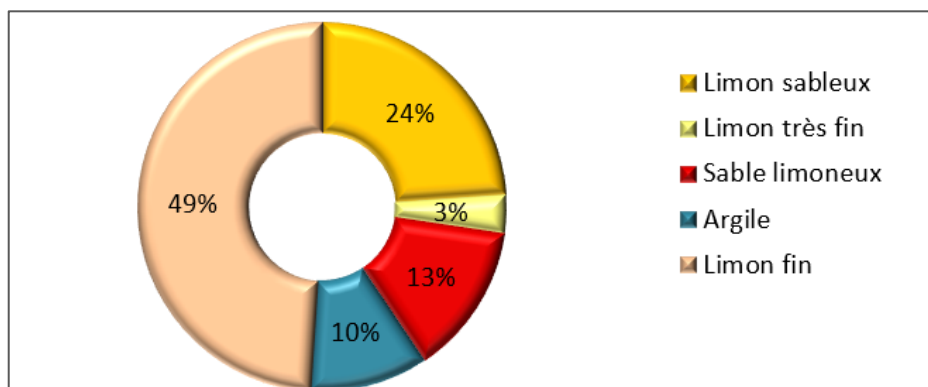


Figure 22 : Répartition des Textures de sols dans la zone sédimentaire Est selon la FAO

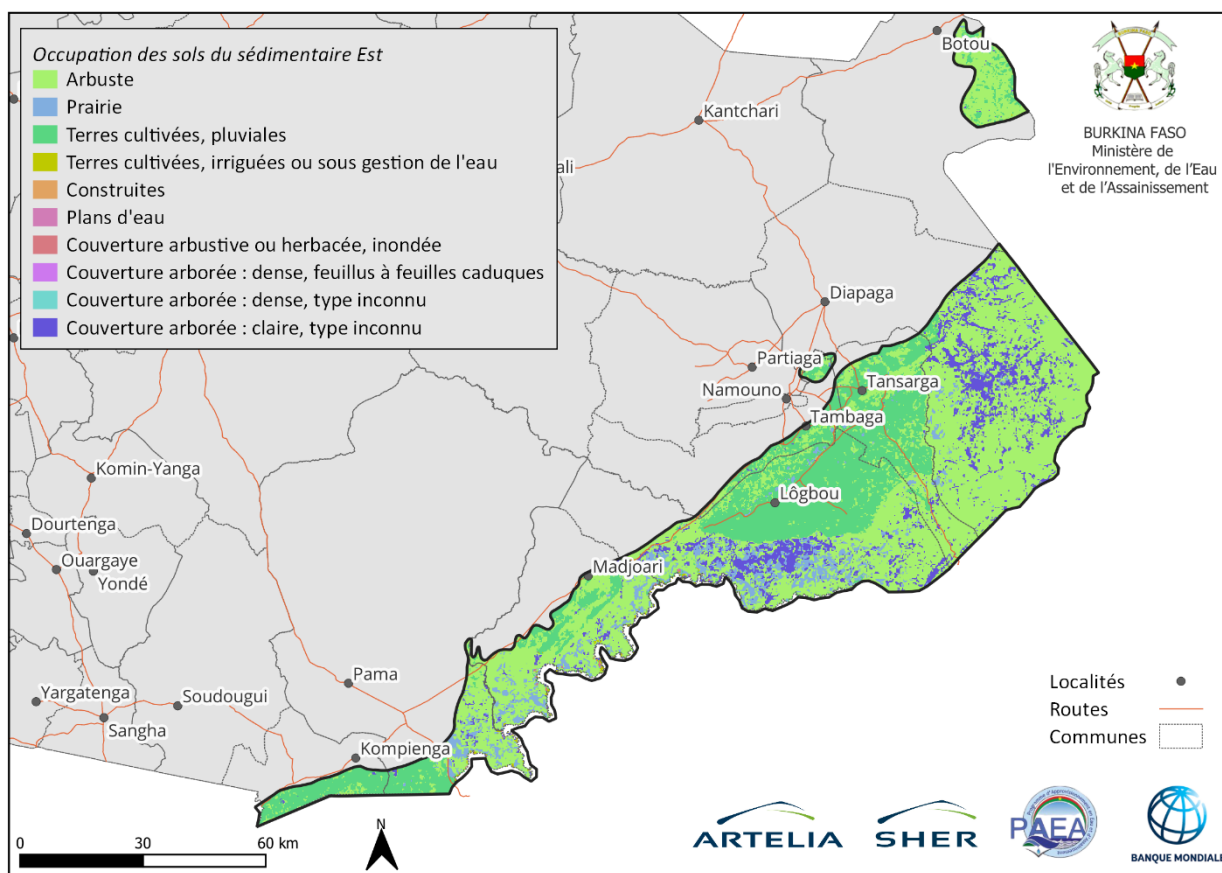
La classification HWSD de la FAO permet de discriminer, pour chaque classe de sol, les valeurs de Réserve Utilisable maximale (RU_{max}) et de Réserve Facilement Utilisable maximale (RFU_{max}). Ces valeurs sont utilisées pour l'approche bilantaire spatialisée selon la méthode simplifiée de Thornthwaite.

J. OCCUPATION DES SOLS

La carte d'occupation des sols de la zone sédimentaire de l'Est est reprise sur la Figure 23 ci-après.

Les couvertures arbustive et arborée représentent l'occupation principale du sol et couvrent plus de 65% de la zone, suivies par les terres cultivées pluviales qui représentent 27% de la zone.

On notera que les cultures irriguées représentent à peine 0.3% de la zone, et que les zones bâties / urbanisées représentent moins de 0,1% de la zone.



Source de données : BNDT 2015, BUMIGEB 2003, COPERNICUS 2020, ARTELIA/SHER 2022

Figure 23 : Carte de l'occupation des sols de la zone sédimentaire Est

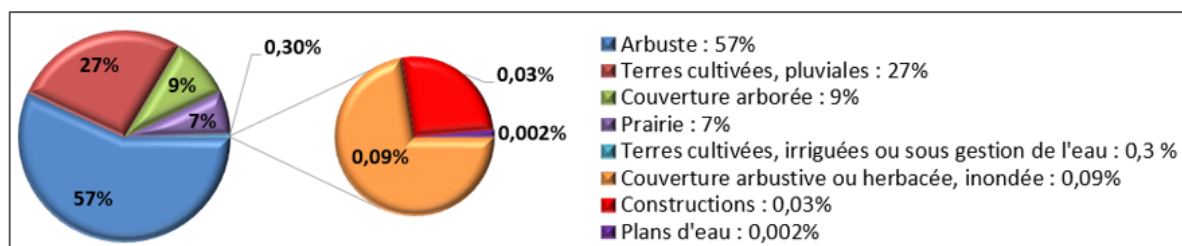


Figure 24 : Répartition des types d'occupation des sols sur la zone sédimentaire Est

L'occupation du sol témoigne donc du caractère exclusivement rural de la zone du sédimentaire Est, avec une proportion extrêmement élevée de couvert végétal naturel et cultivé.

K. CONTEXTE GÉOLOGIQUE

La terminologie utilisée dans la présente section est basée sur les travaux du BUMIGEB ainsi que ceux d'autres références dont en particulier DAHL et al., 2018; Machard de Grammont, 2017; Oubda, 2016; OUEDRAOGO et Equipe de projet SYSMIN, 2003 ; Affaton, 1990.

K.1. Extension et configuration géologique générale du bassin sédimentaire voltaïen

K.1.1. Localisation et extension du bassin

Le bassin sédimentaire voltaïen, également appelé bassin des Volta, couvre une superficie totale d'environ 173.000 km² (en ce compris les formations de bordure plissées et métamorphisées du Buem et de l'Atacora). La localisation et l'étendue du bassin est reprise sur la Figure 25 ci-après.

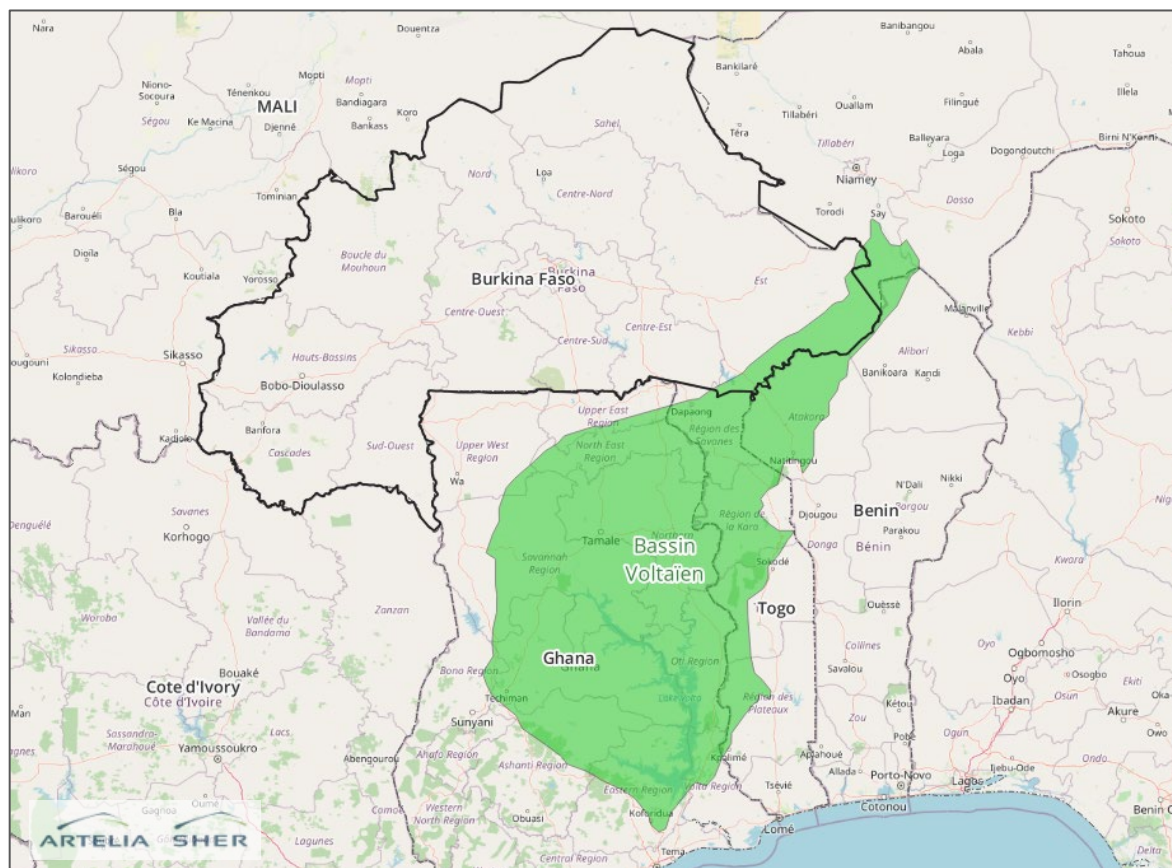


Figure 25 : Extension du bassin sédimentaire voltaïen (incluant les formations plissées et métamorphisées de bordure Est de Buem et de l'Atacora)

Le bassin sédimentaire voltaïen est un bassin transfrontalier qui recouvre partiellement le Togo, le Bénin, le Ghana, le Niger et le Burkina Faso. Les proportions relatives sont reprises dans le Tableau 3 ci-après.

Tableau 3 : Superficie du bassin voltaïen et répartition par pays

Pays	Superficie (km ²)	Superficie (%)
Ghana	119.690	69,2%
Togo	26.228	15,2%
Benin	14.502	8,4%
Burkina Faso	8.702	5,0%
Niger	3.903	2,3%
Total	173.025	100,0%

Comme on le constate dans le tableau ci-avant, la partie du bassin située au Burkina Faso ne représente que 5% de la superficie totale du bassin.

K.1.2. Configuration géologique générale du bassin

D'une façon générale, le bassin des Volta se présente comme une structure synclinale dont le flanc oriental est plissé et partiellement tronqué par le chevauchement des Dahomeyides.

Il est situé sur le bouclier ouest-africain constitué de roches archéennes et paléoprotérozoïques, stabilisé depuis environ 2 Milliards d'années. Le craton ouest-africain est exposé en deux unités distinctes - la dorsale Reguibat au nord et la dorsale de Man ou Leo au sud - qui sont séparées par l'immense bassin néoprotérozoïque et paléozoïque de Taoudeni. Sur ses marges septentrionale, occidentale et méridionale, le bassin de la Volta recouvre inconditionnellement le socle birimien de la dorsale de Man ou Leo, qui consiste principalement en des roches déposées dans des bassins volcano-sédimentaires, intrudées par d'abondants granitoïdes entre 2215 et 2060 Ma au cours de l'orogénèse éburnéenne.

A l'est, le bassin de la Volta est bordé par le front de roches charriées qui représentent des unités externes de la ceinture panafricaine liées à l'événement orogénique Dahomeyide. On distingue généralement différentes unités structurales, séparées par des chevauchements, au sein de cette ceinture panafricaine, d'ouest en est. Ces unités, dites de bordure, sont :

- (i) La Formation de Buem qui consiste en une épaisse séquence inférieure de sédiments clastiques avec quelques unités de carbonate et de tillite succédées par des clastiques et des volcaniques qui incluent des unités de mafic flow et des pyroclastiques ;
- (ii) La série Togo (ou Attacora au Bénin et Akwapimian Serie au Ghana) qui se compose de quartzites, de grès quartzitiques, de psammites, de conglomérats, de phyllites et de micaschistes. Les roches sont considérées comme plus métamorphiques et plus déformées que celles de la Formation de Buem, avec un degré de métamorphisme et de déformation croissant vers le sud-est.

Les unités internes de la ceinture panafricaine sont observées à l'est d'une zone complexe (considérée comme une zone de suture) contenant des roches d'origines diverses (sédiments anciens de la marge ouest-africaine, corps magmatiques mis en place et refroidis à la base de la croûte continentale, arc continental floor, et fragments anciens du socle éburnéen), dont certaines ont été soumises à un métamorphisme de faciès éclogite ou granulite. La zone interne correspond à l'unité structurale de la plaine du Bénin, qui comprend diverses unités, notamment des granitoïdes, des migmatites, des gneiss indifférenciés, des métasédiments, des orthogneiss et des roches basiques à ultrabasiques.

L'épaisseur du bassin double d'Ouest en Est, atteignant 7000 m d'épaisseur à proximité du méridien 0° au Ghana (Machard, 2017). La stratigraphie du bassin n'est bien connue que sur ses bordures dont les dépôts ont cependant pu être corrélés grâce au caractère régional des discontinuités sédimentaires, aux similitudes de faciès, aux rares données paléontologiques et enfin aux données géochronologiques (Affaton, 1990; Bertrand-Safati et al., 1990; DEYNOUX, 1983; DEYNOUX et al., 2006; Villeneuve, 2005). Il est généralement admis que la sédimentation s'est étalée dans le temps depuis le début du Néoprotérozoïque (environ 1000 Ma), pour ce qui est identifié en surface, et probablement davantage en profondeur, jusqu'au Cambrien possible dans le bassin des Volta (C. CASTAING et al., 2003).

K.1.3. Lithostratigraphie générale du bassin

L'épaisse succession sédimentaire du bassin est généralement subdivisée en trois mégaséquences principales séparées par deux discordances majeures (Affaton, 1975, 1990 ; Affaton et al., 1980, 1991 ; Bertrand-Safati et al., 1991). Ces mégaséquences sont souvent désignées par trois groupes différents, dont la terminologie varie selon les auteurs.

Ces trois principaux ensembles lithostratigraphiques sont, de la base au sommet :

1. le Groupe Inférieur, ou Groupe de Dapango-Bombouaka, formé de deux formations gréseuses dures séparées par une formation plus tendre argilo-gréseuse ;
2. le Groupe Moyen, appelé aussi Groupe de l'Oti (ou de la Pendjari), discordant sur le Groupe inférieur et pouvant localement reposer sur le socle Birimien ; sa partie inférieure (série de Kodjari) il est composé de brèches, tillites, calcaire dolomitique, silexite et siltstones ; la formation supérieure, plus tendre, est composée de shale, de grès fins, de minces lits de calcaire et de grès grossiers au sommet ; et
3. le Groupe supérieur de l'Obosum (qui n'affleure qu'au Ghana), essentiellement composé de grès grossiers et de conglomérats, l'ensemble reposant sur le socle Birimien.

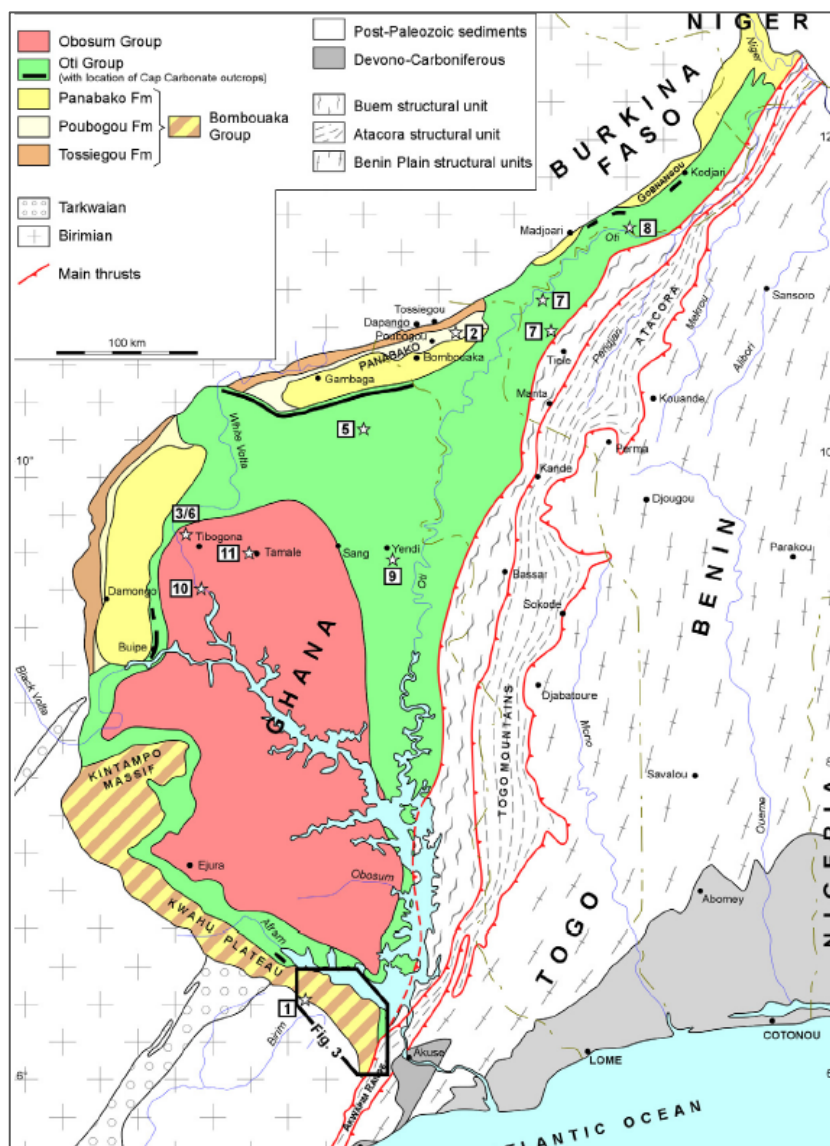


Figure 26 : Carte géologique simplifiée du bassin voltaïque

K.1.3.1. Le groupe de Dapango-Bombouaka.

Cette unité est constituée d'une alternance de grès et de schistes quartzitiques, conglomératiques ou feldspathiques, dont l'épaisseur totale est d'environ 1000 mètres.

Les dépôts voltaïques les plus anciens sont reconnus dans quatre zones principales d'exposition : le massif de Gambaga au nord, les massifs de Damongo et de Kintampo à l'ouest, et le plateau de Kwahu au sud. Dans toutes les zones, les dépôts voltaïques sont supposés être latéralement équivalents et pourraient donc être

attribués au groupe Boumbouaka (ou Dapango-Boumbouaka). Cependant, les terminologies récentes proposées par Carney et al. (2008a,b, 2010) distinguent :

- (i) Le groupe Boumbouaka le long des marges nord (massif Gambaga) et ouest (massif Damongo) du bassin de la Volta ;
- (ii) le groupe Kwahu le long de la marge sud (plateau de Kwahu).

Le long de la marge nord et de la marge ouest du bassin de la Volta, la subdivision du groupe de Bombouaka en différentes formations, telle qu'elle a été définie et identifiée régionalement par Affaton (1990), a été utilisée depuis par tous les géologues. À l'inverse, les cartes publiées de la marge sud adoptent des terminologies et des sous-divisions lithostratigraphiques différentes pour le groupe de Kwahu (Mason, 1963 ; Moon et Mason, 1967 ; Saunders, 1970 ; Brantuoh, 1991 ; Carney et al., 2008a, 2010).

Sur les marges nord et ouest du bassin de la Volta, les dépôts du groupe Bombouaka sont interprétés comme résultant de la sédimentation d'une plate-forme marine épicontinentale peu profonde (Drouet, 1986 ; Affaton, 1990) dans un cadre tectonique stable. Les caractéristiques structurales, pétro-graphiques et sédimentologiques suggèrent que les roches mères des groupes de Bombouaka et de Kwahu sont situées dans le bouclier de Leo à l'ouest (Saunders, 1970 ; Affaton et al., 1980). Sur le plateau de Kwahu, Anani (1999) a analysé la composition géochimique de certains grès appartenant au groupe de Kwahu, et a suggéré que (i) les roches mères étaient principalement d'origine plutonique avec des métasédiments associés, (ii) l'approvisionnement en sédiments provenait à la fois de provenances continentales transitoires et de provenances de l'intérieur du craton, et (iii) la sédimentation a eu lieu dans un contexte de marge passive.

K.1.3.2. Le groupe d'Oti (ou Pendjari)

Le groupe d'Oti (ou Pendjari), d'une épaisseur d'environ 2500 m, recouvre en discordance le groupe de Boumbouaka-Kwahu. Les premiers dépôts du groupe d'Oti constituent une séquence basale très distinctive comprenant de la tillite, des carbonates et des sédiments chertés à grain fin (silexite). Cette association, généralement appelée " Triade ", est corrélée dans de nombreuses successions néoprotozoïques d'Afrique de l'Ouest (Bertrand-Sarfati et al., 1991). Il est généralement admis que la tillite située à la base du Groupe d'Oti, témoigne d'un événement glaciaire mondial, l'événement glaciaire Marinien (Hoffman, 2005).

Au-dessus de cette triade distinctive, le Groupe d'Oti est principalement représenté par une épaisse succession d'argiles, de siltstones, de mudstones, de grès moins matures et de greywackes, avec localement des intercalations de minces couches volcanoclastiques et phosphoritiques (Trompette et al., 1980). En fonction de la composition du faciès dominant, les auteurs précédents ont défini différentes formations et membres, dont la corrélation reste difficile sans repères stratigraphiques précis.

Cette épaisse succession a été interprétée comme des sédiments de type flysch déposés dans un environnement marin plus profond sur une marge continentale passive et alimentés localement par des sédiments issus d'un volcanisme basique pénécontemporain (Affaton et al., 1980).

K.1.3.3. Le groupe d'Obosum (ou Tamalé)

Le groupe d'Obosum (ou Tamalé), à dominante gréseuse, est présent dans la partie centrale du bassin de la Volta. Il se compose principalement de grès polymictiques rougeâtres, à gros grains ou conglomératiques, dont certains ont été interprétés comme de possibles dépôts fluvio-glaciaires, avec des intercalations de schistes rouges, de siltstones et d'horizons calcaires. Le sommet du groupe est représenté par des grès quartzitiques massifs (Affaton et al., 1980).

Le groupe d'Obosum est interprété comme des dépôts molassiques provenant du soulèvement et de l'érosion de la ceinture panafricaine, avec des apports de sédiments d'est en ouest (Grant, 1969 ; Bozhko,

1969 ; Affaton et al., 1980). Une discordance interne progressive, bordée de conglomérats polymictiques d'une possible origine fluvio-glaciaire (Junner et Hirst, 1946), atteste, selon Deynoux et al. (2006), de la migration vers l'ouest du dépo-centre, et des soulèvements intermittents du domaine panafricain. Le bassin de la Volta est donc interprété pour cette période de dépôt comme un bassin d'avant-pays.

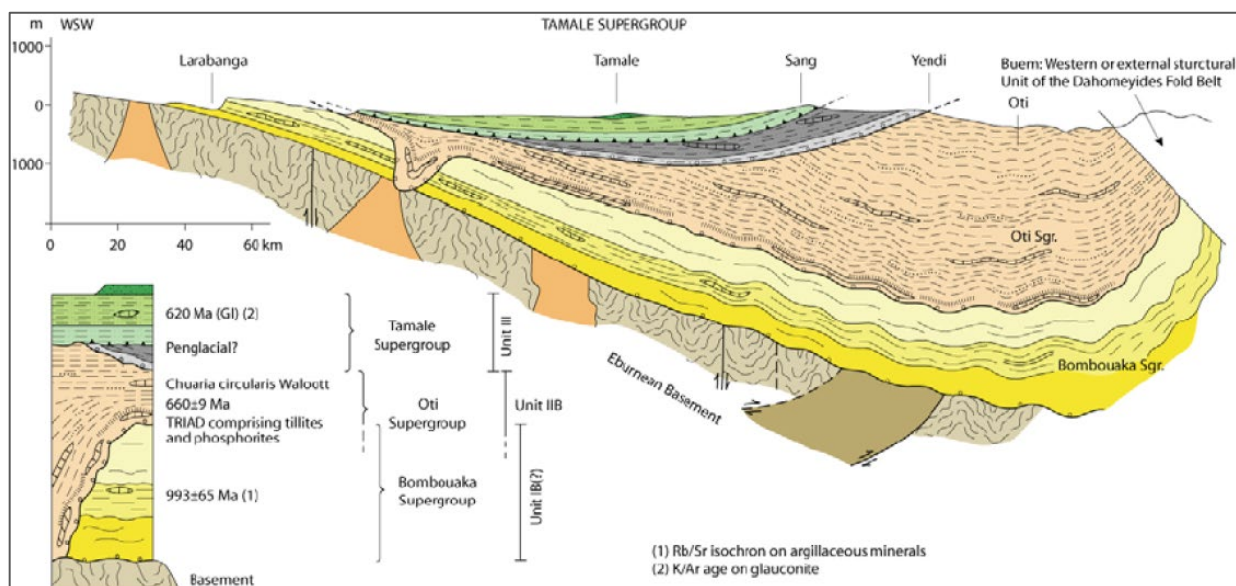
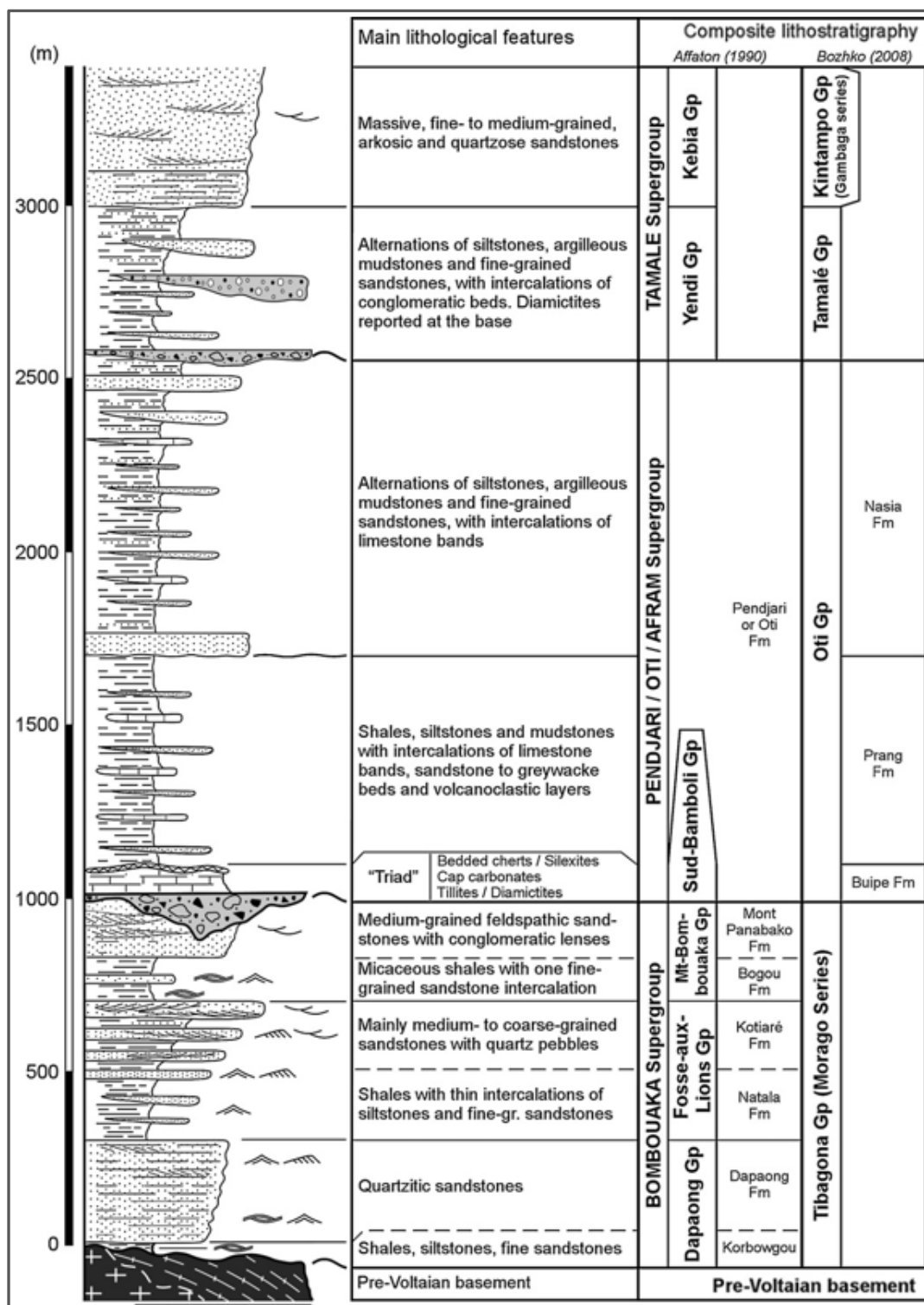


Figure 27 : Coupe géologique OSO-ENE du bassin voltaïen



Source : Coueffé & Vecoli, 2011

Figure 28 : Log lithostratigraphique du bassin voltaïen

K.2. Contexte géologique du bassin voltaïen au Burkina Faso

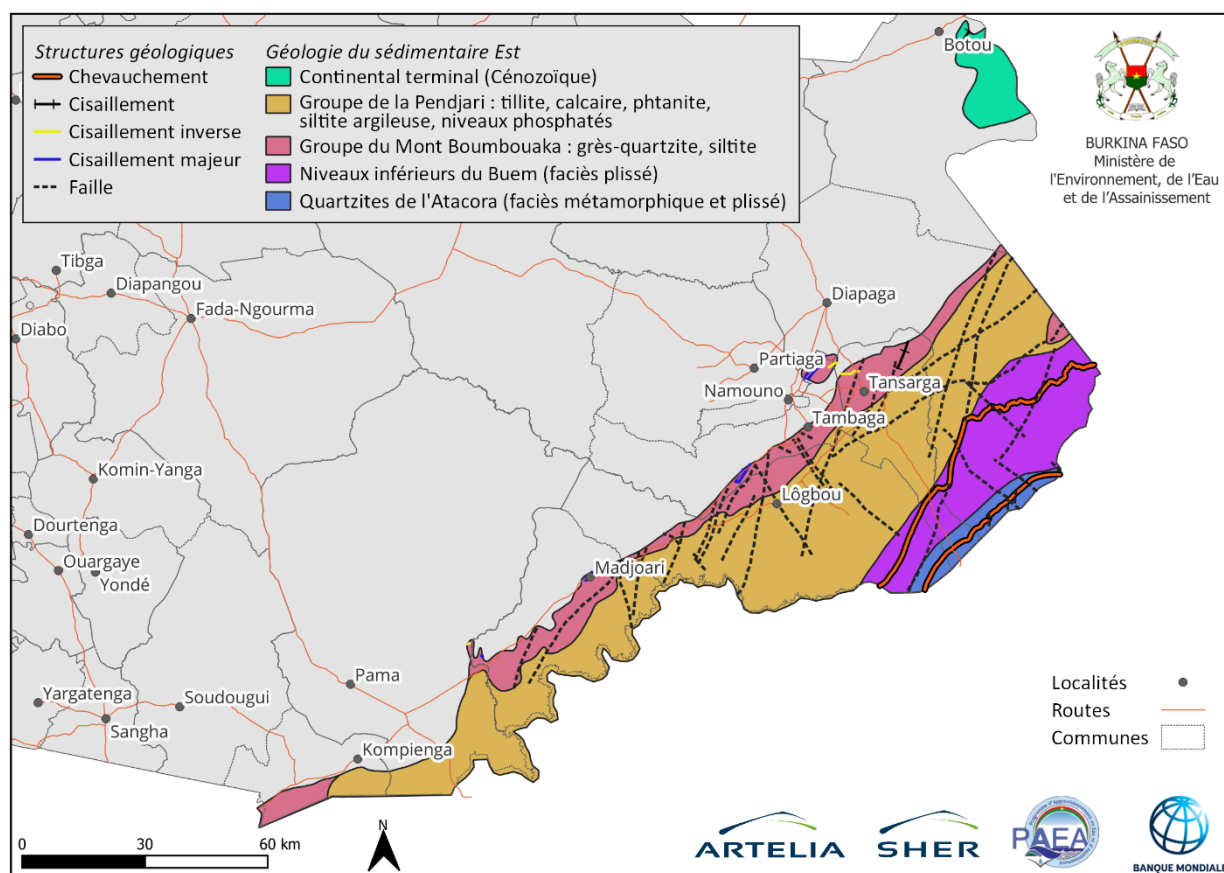
La série sédimentaire du bassin voltaïen à l'est du Burkina Faso est une bande de 8.700 km² environ de direction NE-SW qui recouvre une grande partie des limites Est à Sud du pays. Longue d'environ 225 km, elle atteint 50 km dans sa partie large contre 07 km dans sa partie étroite.

Au Burkina Faso, la série est incomplète et comprend quatre groupes de formations que sont : le groupe du mont Boumbouaka, le groupe de la Pendjari, ainsi que les formations de bordure à l'Est représentées par les faciès métamorphiques et plissés des quartzites de l'Atacora et par les faciès plissés du niveau inférieur du Buem. Seule la formation supérieure du Groupe du Mont Boumbouaka recouvre directement le socle birimien dans les massifs de Madjoari et de Gobnangou. Au-dessus cependant, le Groupe de la Pendjari est bien représenté avec à la base notamment la présence de plusieurs reliques de planchers glaciaires.

Le bassin a été par la suite recouvert de dépôts continentaux du mésozoïque-cénozoïque.

Ainsi, la géologie du bassin sédimentaire du nord est constituée de bas en haut par les formations de l'Infracambrien, les formations du Continental Terminal et le Quaternaire.

La carte géologique de la zone sédimentaire Est du Burkina Faso (partie nationale du bassin voltaïen) est présentée à la Figure 29 ci-après.



Source de données : BNDT 2015, BUMIGEB 2003, ARTELIA/SHER 2022

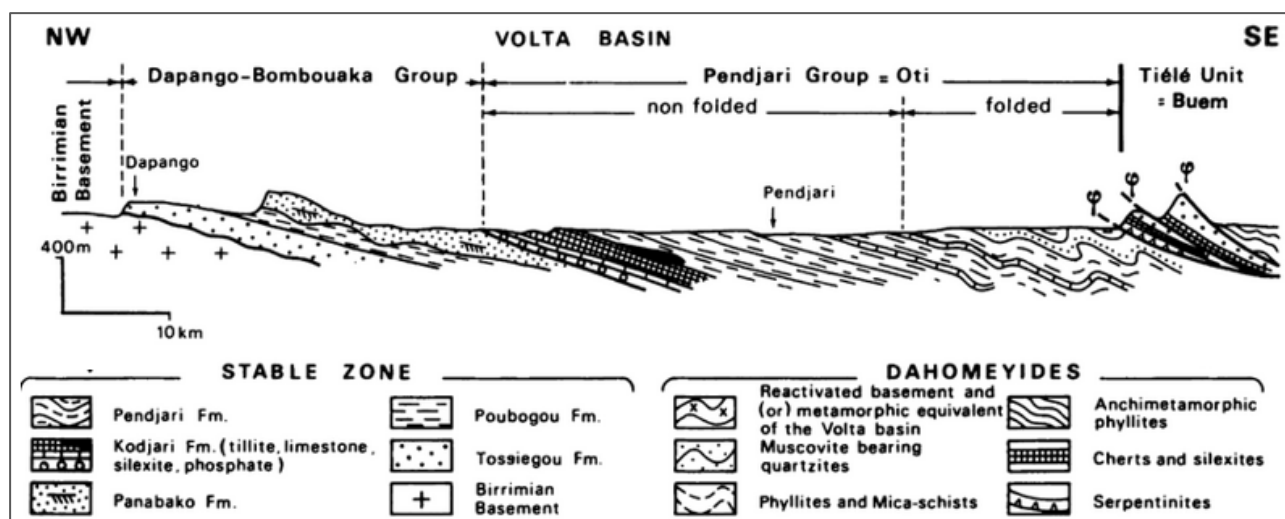
Figure 29 : carte géologique de la zone sédimentaire Est du Burkina Faso

K.2.1. Les formations de l'Infracambrien

Les formations géologiques de l'Infracambrien rencontrées au Burkina Faso au sein du bassin sédimentaire voltaïen sont d'Ouest en Est le groupe Dapango-Boumbouaka (ou Mont Boumbouaka), le groupe de la Pendjari (ou Oti), le niveau inférieur plissé du Buem, et les Quartzites métamorphiques et plissés de l'Atacora.

Ces formations, qui sont illustrées sur une coupe présentée en Figure 30, présentent un pendage de 2 à 3 % orienté NO-SE.

Ces formations sont présentées dans les sections reprises ci-après.



Source : Affaton, 1990

Figure 30 : Coupe géologique NO-SE du bassin voltaïen au Burkina Faso

K.2.1.1. Quartzites de l'Atacora (faciès métamorphique et plissé) QA

Les quartzites de l'Atacora représentent, dans la chaîne panafricaine des Dahomeyides, l'unité structurale de l'Atacora, franchement métamorphique, qui chevauche celle du Buem et est considérée comme stratigraphiquement corrélative avec les quartzites du Supergroupe de Boumbouaka et les jaspes du Buem. Au sud de la frontière avec le Bénin, des schistes sont également reconnus et sont considérés comme l'équivalent des silicoclastites fines du Supergroupe de la Pendjari et du Buem (Affaton, 1990). De rares stratifications obliques et rides de vagues sont observables, souvent oblitérées sous les effets conjugués de la tectonique et du métamorphisme. Une silicification très remarquable, sous forme de veinules, recoupe tous les faciès. Elle est composée d'un empilement de plis et d'écaillles à vergence ouest, exposés à l'extrême Sud-Est du pays.

L'unité de l'Atacora est essentiellement constituée de grès et de quartzites de couleur claire : blanc, gris clair à brun, rosâtre à violacé. Le grain est fin à moyen, le litage est fin (centimétrique) ou fruste. On observe sporadiquement des niveaux microconglomératiques à conglomératiques à granules de quartz.

La tectonique pan-africaine est accompagnée d'un métamorphisme à faciès amphibolite ayant subi une rétro-morphose dans le faciès schiste vert.

K.2.1.2. Niveaux inférieurs du Buem (faciès plissé) NIB

L'unité structurale du Buem forme une bande orientée NE-SO et large de 10 à 25 km, au relief doux. Vers le sud-ouest elle occupe une cuvette ponctuée de collines et vers le nord-est elle forme le substratum d'un plateau latéritique épais qui limite fortement les observations qui peuvent y être faites. Les travaux de BARTHELET (1975) et d'Affaton (1990) ont mis en évidence la nature tectonique de cette unité, qui est en contact structural avec la formation de Kourtiagou selon un chevauchement incliné vers le sud-est.

L'unité structurale du Buem correspond au Groupe des collines d'Affaton (1990) et comprend des assemblages lithologiques apparentés à ceux observés dans les supergroupes de Boumbouaka et de la Pendjari avec de haut en bas : séquence flyschöide verte, épaisse de 1500 m ; alternance de grès-quartzite à stratifications obliques, de shales et de mixtites à galets exotiques parfois striés (tillite), puissante de 1000 m. Un niveau phosphaté est reconnu dans le secteur d'Aloub Djouana. Les quartzites et les jaspes forment des collines isolées ou disposées en chapelets d'extension hectométrique le long du front de chevauchement et dont la direction varie de N030° à N065°. Ils sont de couleur crème, à patine rougeâtre et se débitent en blocs

souvent anguleux. Leur aspect est souvent bréchique et ils sont fréquemment parcourus de veinules de quartz millimétriques à centimétriques disposées en réseaux denses et irréguliers. Des zones à mylonites sont localement observées.

Les silexites affleurent seules ou en association avec les jaspes. La roche, de couleur très variable, a un aspect massif et se débite en blocs. Comme dans le cas des jaspes, elle se distingue par une bréchification intense et est recoupée de veines et veinules de quartz. Les grès fins, siltites et argilites occupent les zones de dépression et affleurent très peu. Ces sédiments terrigènes fins sont métamorphisés et peuvent être regroupés sous l'appellation de micaschistes. Deynoux et al. (2006) rapportent également la présence de diamictites considérées comme l'équivalent marin à la tillite reconnue dans le Groupe de Kodjari.

Cette unité structurale est caractérisée d'Ouest en Est par : un chevauchement frontal sur la série de la Pendjari, des plis déversés vers l'Ouest, relayés vers l'Est par des écailles qui peuvent envahir la totalité de l'unité qui reste peu ou très peu métamorphique.

K.2.1.3. Groupe du Mont Boumbouaka (GMB)

A la base de la série sédimentaire, surmontant le socle birimien en discordance, les formations gréseuses tabulaires constituent les massifs de Gobnangou et de Madjaori.

Le sédimentaire du groupe du mont Boumbouaka est essentiellement composé de grès-quartzites fins à moyens, rarement grossiers, généralement feldspathiques ou kaoliniques, à rares paillettes de muscovite. Bien lités en bancs décimétriques à métriques, ces grès-quartzites montrent de nombreux ripple marks, des stratifications obliques en gouttières métriques à décamétriques et localement des fantômes de cristaux de gypse.

Ils se seraient déposés sur une plate-forme marine peu profonde, en milieu tidal. Cependant, les formations gréseuses tabulaires constituent les massifs de Gobnangou et de Madjoari. On constate une faille qui provient du socle cristallin et qui pénètre dans la formation sédimentaire du mont Boumbouaka.

K.2.1.4. Groupe de la Pendjari (GP)

Le Groupe de la Pendjari est discordant soit sur le Groupe du Mont Boumbouaka au niveau des massifs de Gobnangou et de Madjoari, soit directement sur le socle.

Il regroupe trois formations concordantes et comprend de bas en haut : tillite continentale et calcaires dolomitiques à barytine ; silexites argileuses, siltstones argileux et phospharénites ; shales, siltstones et grès (Castaing et Le Métour 2003).

Dans le secteur de Kodjari - Tansarga, la base du groupe permet d'observer de remarquables planchers glaciaires striés, montrant que les glaciers se déplaçaient de l'WNW vers l'ESE.

La tillite, épaisse de 1 à 14 m et à structure généralement massive, est constituée d'une abondante matrice grés-argileuse verdâtre enrobant des éléments hétérométriques (graviers, galets et blocs de 2 mm à plus de 2 m) de forme polyédrique et à surface souvent striée et polygéniques (grès-quartzite, quartz, gneiss, granite, rhyolite, schiste, amphibolite).

Le niveau de calcaires dolomitiques, de 0,5 à 3 m de puissance, est lenticulaire à stratification irrégulière souvent contournée et renferme de fins horizons glauconieux et ferrugineux. La présence de glauconie souligne son origine franchement marine. Ce niveau est recoupé par des diaclases partiellement cicatrisées par de la barytine, de la calcite et des oxydes de fer.

Les silexites argileuses (25 à 35 m), finement litées, à fines intercalations de shales, siltstones et de lits tuffacés, renferment des pellets phosphatés et des structures évoquant des Spongiaires.

Les siltstones argileux (30 à 40 m), micacés, à débit en plaquettes, sont localement un peu phosphatés, notamment à leur partie supérieure.

Les phospharénites argileuses et siliceuses (phosphates de calcium) constituent des niveaux irréguliers et lenticulaires (0 à 30 m), étroitement liés aux siltstones argileux précédents, aux dépens desquels la phosphatogenèse semble s'être faite (Hottin *et al.*, 1975).

Les shales, siltstones et grès de la Formation de la Pendjari, ou schistes de la Pendjari, reposent en accordance sur les silexites et la séquence phosphatée de Kodjari (Affaton, 1975, 1987). Il s'agit d'une formation tendre de teinte verte, affleurant mal, de puissance grossièrement estimée à environ 1600 à 3000 m. Elle est composée de shales souvent silteux, de pélites, de siltstones argileux à intercalations de grès, de grauwackes et de calcaires renfermant parfois des stromatolites et des débris de Spongiaires. Elle est parfois qualifiée de flyschöide (Trompette, 1983).

K.2.2. Le Continental Terminal CT

Le Continental Terminal se trouve à l'est de Botou sous forme de plateaux tabulaires de cuirasse latéritique et de buttes-témoins très érodées. On trouve aussi des grès grossiers et des argiles blanches non litées. Les latérites fréquemment cuirassées recouvrent la quasi-totalité de la surface (80 %). La puissance maximale de plusieurs mètres se trouve uniquement sur la Tapoa et dans le Tantiri.

K.2.3. Le Quaternaire

Les dépôts quaternaires sont constitués de matériaux hydro-éoliens ; il s'agit d'alluvions argileuses récentes et actuelles. Les alluvions sont liées au cours d'eau, leur épaisseur peut dépasser 10 m. Il est à supposer l'existence de plusieurs par cycles d'alluvionnement. L'alluvion est représentée par des vases, des argiles sableuses, des sables argileux et des sables grossiers. Le gravier est peu répandu dans le bassin, mais beaucoup plus abondant dans le bassin de la Pendjari.

K.2.4. Superficies à l'affleurement

La formation géologique occupant en surface la superficie la plus importante du sédimentaire de l'Est (compte non-tenu des dépôts Quaternaires, lesquels sont non-cartographiés) au Burkina Faso, est celle du groupe de la Pendjari (Oti), avec 58% de la superficie totale du sédimentaire de l'Est au Burkina Faso.

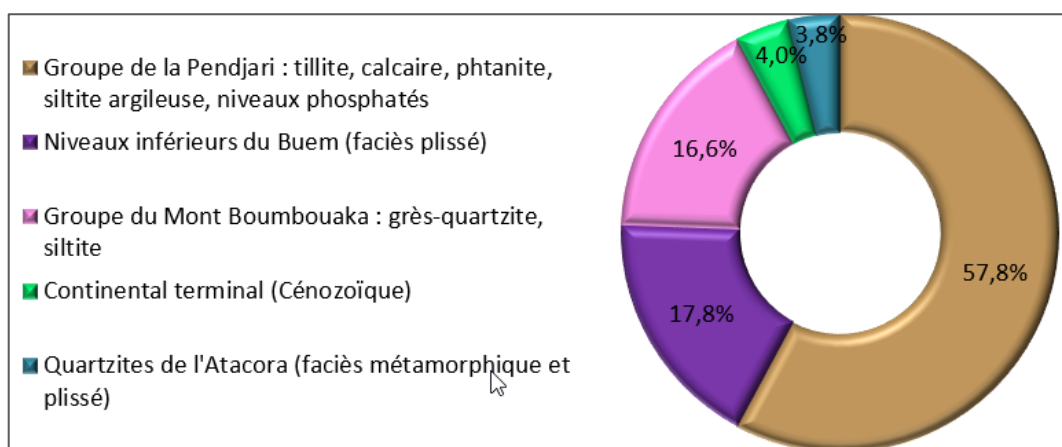


Figure 31 : Pourcentages de répartition géographique (superficies à l'affleurement) des formations sédimentaires de l'Est du Burkina Faso

K.2.5. Géodynamisme des formations du Voltaïen au Burkina Faso

Selon Sountra Y. (2020), les formations du Voltaïen du Sud Est du Burkina sont scindées en deux domaines stable et mobile à savoir :

- **Un domaine stable** qui réunit le groupe de Bombouaka qui forme la chaîne de Gobnangou – Madjori et le groupe de la Pendjari ;
- **Un domaine mobile** plissé et métamorphisé qui comprend l'unité structurale du Buem chevauchant sur le groupe de la Pendjari, et l'unité de l'Atacora qui a son tour chevauche le Buem.

Ces deux unités sont la conséquence de l'orogénèse panafricaine.

L. CONTEXTE HYDROGÉOLOGIQUE DU BASSIN SEDIMENTAIRE DE L'EST DU BURKINA FASO

L.1. Unités hydrogéologiques rencontrées

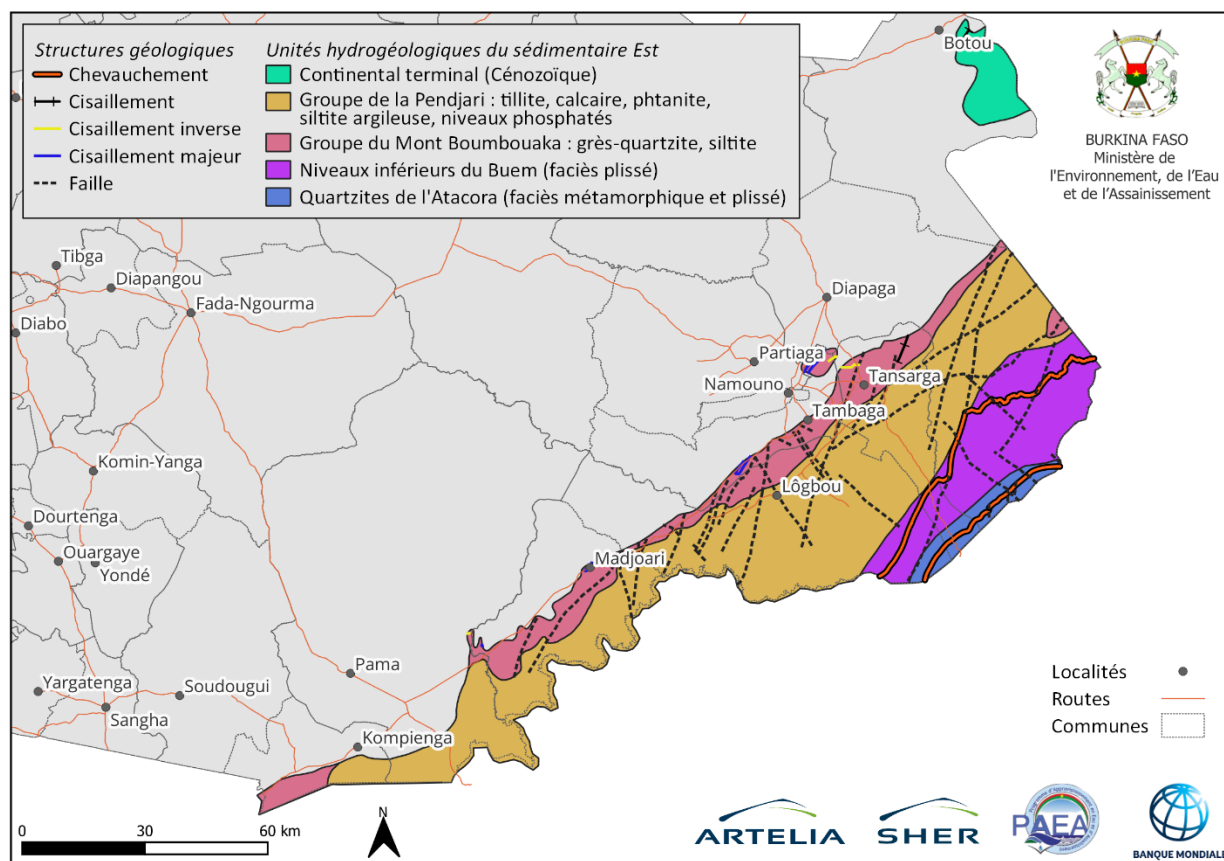
Au Burkina Faso, la partie aquifère probablement la plus intéressante du bassin voltaïen se situe au Nord-Ouest d'un escarpement gréseux, qui marque la limite avec les terrains plissés et métamorphiques moins favorables de l'Atacorien et du Buem (formations de bordure) qui sont situés plus au SE.

On distingue donc la partie NO de la zone d'étude, intégrée sensu-stricto au bassin sédimentaire voltaïen avec les groupes de Boumbouaka et de la Pendjari, et la partie SE composée des formations de bordure plissées et métamorphisées.

Les unités hydrogéologiques rencontrées au Burkina Faso sont définies comme suit :

1. Unité hydrogéologique des grès et quartzites métamorphisés de l'Atacora ;
2. Unité hydrogéologique des niveaux inférieurs plissés du Buem ;
3. Unité hydrogéologique des tillites, calcaires, siltites et grès de la Pendjari ;
4. Unité hydrogéologique des grès de Gobnangou – Mont Boumbouaka ;
5. Unité hydrogéologique du Continental Terminal.

Ces unités hydrogéologiques sont représentées sur la Figure 32 ci-après.



Source de données : BNDT 2015, BUMIGEB 2003, ARTELIA/SHER 2022

Figure 32 : Carte des unités hydrogéologiques de la zone sédimentaire Est

Les principaux niveaux aquifères se retrouvent dans les nombreuses intercalations gréseuses, ainsi que dans les passées calcaires de la Pendjari. Ils peuvent être isolés – voire mis en charge – par les niveaux d'argile et de schistes qui peuvent se présenter en formations puissantes.

L.1.1. Unité hydrogéologique des grès et quartzites métamorphisés de l'Atacora

L'unité hydrogéologique des grès et quartzites métamorphisés de l'Atacora est rencontrée en bordure de bassin, à l'extrême sud-est du Burkina Faso en sa frontière avec le Bénin où cette formation se prolonge.

La superficie en surface de cette unité hydrogéologique est très limitée au Burkina Faso, où elle ne dépasse pas 250 km².

Cette unité hydrogéologique est principalement composée de sédiments détritiques grossiers aux faciès plissés. Il s'agit de quartzites, de grès quartzitiques, de psammites, de conglomérats, de phyllites et de micaschistes. Les roches sont significativement métamorphiques et déformées, avec un degré de métamorphisme et de déformation croissant vers le sud-est.

Compte tenu du métamorphisme significatif et de la nature des roches rencontrées, cette unité hydrogéologique est globalement considérée comme faiblement productive. Elle présente un caractère globalement aquitard, avec des intercalations aquifères limitées. De surcroît et comme indiqué plus haut, son extension au Burkina est très limitée.

L.1.2. Unité hydrogéologique des niveaux inférieurs plissés du Buem

L'unité hydrogéologique des niveaux inférieurs plissés du Buem est sous-jacente à celle de l'Atacora, et affleure au N-E de celle-ci sur une bande de 10 à 20 km de largeur. Sa superficie au Burkina Faso est de l'ordre de 1.160 km².

Cette unité hydrogéologique est principalement composée d'une alternance de grès-quartzites, de shales, de silexites, de siltites et d'argilites.

Cette unité hydrogéologique, bien que fortement plissée, reste peu métamorphisée.

L.1.3. Unité hydrogéologique des tillites, calcaires, siltites et grès de la Pendjari

L'unité hydrogéologique de la Pendjari occupe une superficie d'environ 3.800 km² au Burkina Faso, sur une bande de 10 à 30 km de largeur. Elle est sous-jacente à l'unité hydrogéologique du Buem.

Cette unité hydrogéologique est principalement composée de tillites, de calcaires, de siltites, de schistes et de grès. Les niveaux calcaires, bien que peu épais, peuvent constituer des aquifères aux propriétés hydrodynamiques favorables selon leur degré de karstification. Ils sont dans ce cas susceptibles de fournir d'excellents débits.

L.1.4. Unité hydrogéologique des grès de Gobnangou – Mont Boumbouaka

L'unité hydrogéologique du Mont Boumbouaka couvre une superficie d'environ 1.000 km² au Burkina Faso, sur une largeur d'environ 5 à 10 km.

Cette unité hydrogéologique est principalement composée de grès-quartzites fins à moyens. Elle constitue la base de la série sédimentaire, et surmonte le socle cristallin.

Les grès du Mont Boumbouaka pourraient avoir un potentiel hydrogéologique intéressant, car ils n'ont encore été explorés que par l'hydraulique villageoise. Ils forment une falaise peu élevée (100 m) mais franche et faisant face au NW. On y trouve de nombreuses sources, qui seront décrites plus loin dans le présent rapport.

L.1.5. Unité hydrogéologique du Continental Terminal.

L'unité hydrogéologique du Continental Terminal couvre une superficie d'à peine 250 km². Elle est principalement composée d'une cuirasse latéritique en surface, d'argile et de grès.

L.2. Ouvrages recensés et capitalisation des données

L'inventaire des ouvrages recensés (forages, puits, piézomètres) et de leurs caractéristiques a été réalisé sur base de la capitalisation des informations existantes collectées dans le cadre de la présente étude.

Les principales sources de données mises à disposition et capitalisées sont :

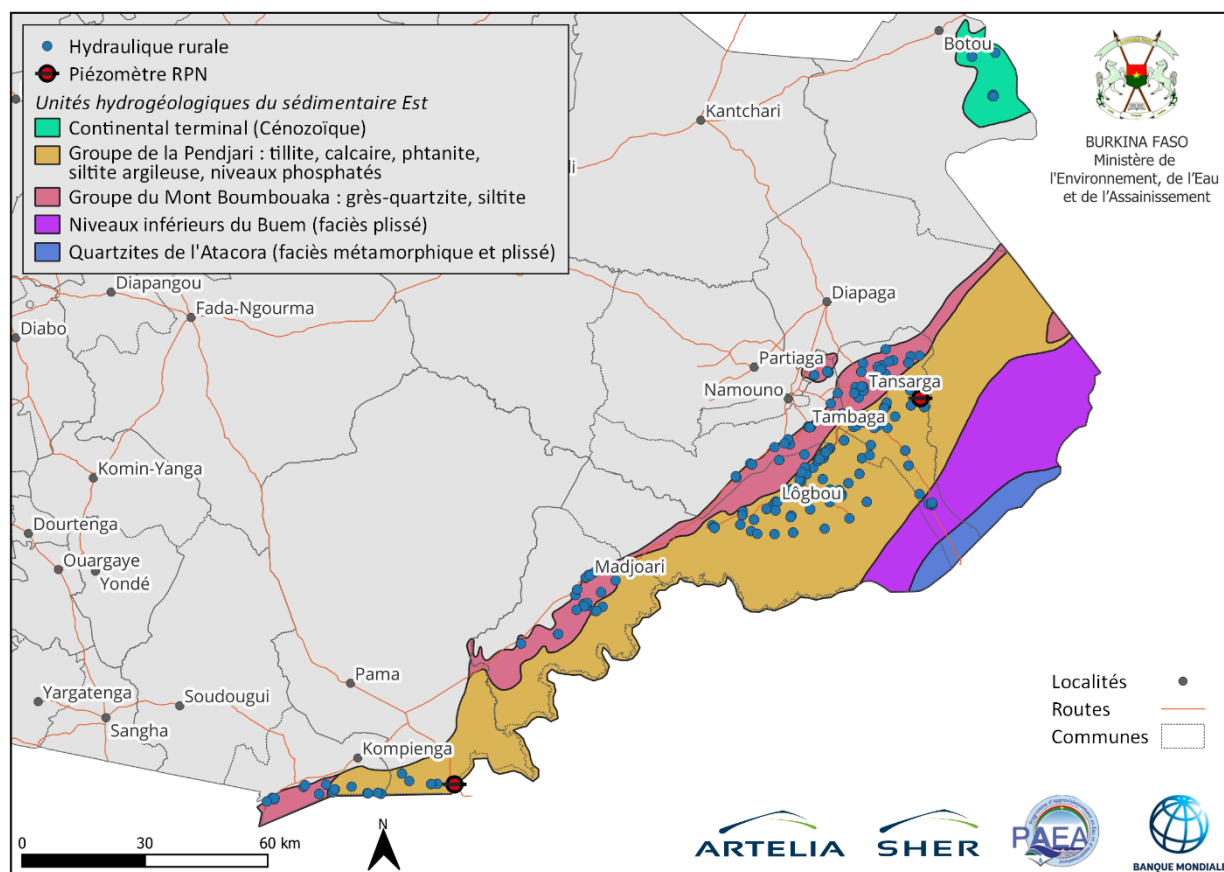
1. La base de données BD-OMES de la DGRE, consolidée dans le cadre de la présente étude. On notera que cette base de données intègre les données des BD INO, BEWACO, etc. Cette base de données a été alimentée, dans le cadre de la présente étude, par l'encodage de l'ensemble des données tierces collectées relatives au bassin sédimentaire de l'Est.
2. La base de données cartographique associée à la carte géologique du Burkina Faso, élaborée par le BUMIGEB ;
3. Les données de forage additionnelles issues de la DGRE et de la DREA-EST ;
4. La base de données DEIE relative aux piézomètres du réseau piézométrique national.

La description des principales données valorisées est synthétisée dans le Tableau 4 ci-après.

Tableau 4 : Capitalisation des bases de données

Base de données	Nombre d'ouvrages	Principales données valorisées
Données BUMIGEB (carte géologique)	8	Positif / négatif
		Débits en fin de foration
		Profondeur altération
		Profondeur ouvrage
		Lithologie / géologie
Données BD-OMES (y compris les données tierces collectées et encodées dans le cadre de la présente étude)	138	Positif / négatif
		Débits
		Débits spécifiques
		Profondeur altération
		Niveau statique
		Profondeur ouvrage
		Profondeur équipée
		Lithologie / géologie
Données additionnelles DGRE et DREA-EST	162	Débits
		Transmissivité
		Débits spécifiques
		Profondeur forée
		Profondeur altération
		Lithologie / géologie
Données RPN DEIE	2	Profondeur forée
		Niveaux de nappe
		Lithologie / géologie

La distribution spatiale des ouvrages recensés dans le sédimentaire Est, résultant de la capitalisation de ces données, est présentée sur la Figure 33 ci-après.



Source de données : BNDT 2015, BUMIGEB 2003, OMES 2021, DGRE 2021, ARTELIA/SHER 2022

Figure 33 : Localisation des ouvrages recensés dans le sédimentaire Est

Au total, après traitement (dont la gestion des doublons) des données collectées, 219 ouvrages distincts sont répertoriés et capitalisés au sein des bases de données BD-OMES et BD-SEVR développées dans le cadre de la présente étude. La liste des ouvrages recensés, et leurs principales caractéristiques, sont reprises en annexe 1 du présent rapport.

Plus de 50% des ouvrages sont situés dans l'unité hydrogéologique de la Pendjari, et 40% dans l'unité hydrogéologique du Mont Boumbouaka. Ces deux unités regroupent donc plus de 90% des ouvrages répertoriés dans le sédimentaire de l'Est.

Les données capitalisées relatives à ces ouvrages (forages, puits, piézomètres) sont utilisées, dans les sections qui suivent, pour établir la caractérisation hydrogéologique des différentes unités aquifères rencontrés dans le sédimentaire Est.

On notera que les caractéristiques hydrogéologiques des formations du sédimentaire Est ne sont pas significativement bien connues, si ce n'est dans leur partie superficielle à travers les différents forages inventoriés. S'agissant d'ouvrages réalisés dans le cadre de programmes d'hydraulique villageoise (à des profondeurs dépassant rarement 80 mètres), et compte tenu qu'aucun programme majeur de recherche appliquée sur l'hydrogéologie de la zone sédimentaire Est n'a été mis en œuvre à ce jour, le niveau d'information disponible et exploitable reste à ce jour relativement limité.

L.3. Géométrie des aquifères

La géométrie des aquifères de la zone sédimentaire Est a été caractérisée par unité hydrogéologique sur la base des données de profondeurs de forage, d'épaisseur d'altération et d'épaisseur d'altération saturée. Les

seuls éléments relatifs à la géométrie des aquifères qui peuvent être capitalisés sont donc ces 3 paramètres, en l'absence de données additionnelles portant (notamment) sur les profondeurs totales des différents horizons (hydro)géologiques. En effet, très peu d'études ont été menées sur la zone du sédimentaire de l'Est, et la caractérisation hydrogéologique repose donc essentiellement sur la capitalisation des données issues des forages réalisés pour l'hydraulique villageoise.

On notera donc que la connaissance sur la géométrie des aquifères, dont en particulier les profondeurs totales des horizons, sont limitées en raison des profondeurs peu importantes (généralement moins de 100 m) des ouvrages répertoriés, lesquels ne captent que la partie superficielle des formations et n'atteignent pas la base de ces horizons.

Aucune donnée n'est disponible pour l'unité hydrogéologique des grès et quartzites métamorphisés de l'Atacora, en l'absence de forages recensés dans cette formation.

L.3.1. Unité hydrogéologique des grès de Gobnangou – Mont Boumbouaka

La superficie à l'affleurement de l'unité hydrogéologique du Mont Boumbouaka est d'environ 1.000 km².

Sur la base des ouvrages répertoriés, la densité des forages est modérée, elle varie de 1.8 à 7.1 forage / 100 km².

Les profondeurs minimales, maximales et moyennes des forages sont respectivement de 27 m, 90 m et 44.4 m. Le CV est de l'ordre de 31% suggérant une faible dispersion autour de la moyenne des profondeurs forées dans cette unité.

Les valeurs des percentiles calculés montrent que 10%, 50% (médiane) et 90% des forages ont des profondeurs respectivement inférieures ou égales à 30 m, 43 m et 60 m.

Les profondeurs de forages sont globalement faibles, inférieures à 50 m pour plus de la moitié des ouvrages. L'accessibilité à la ressource en eau souterraine est donc favorable dans cette unité.

Les épaisseurs d'altérations minimales, maximales et moyennes des grès de cette unité sont respectivement de 2 m, 45 m et 19.2 m, tandis que l'épaisseur d'altération saturée moyenne est d'environ 10 mètres. Les CVs sont très élevés, de l'ordre de 58% pour l'épaisseur d'altération et 95% pour l'épaisseur d'altération saturée traduisant leur forte dispersion autour des moyennes calculées.

Tableau 5 : Paramètres de géométrie de l'unité hydrogéologique du Mont Boumbouaka

Unité hydrogéologique du Mont Boumbouaka	Nombre forages	Min	Max	Moy	Ecart-type	CV (%)	P10	P50	P90
Profondeur forages (m)	71	27,0	90,0	44,4	13,8	31%	30,0	43,0	60,0
Epaisseur altération (m)	63	2,0	45,0	19,6	11,3	58%	7,4	18,0	36,6
Epaisseur altération saturée (m)	18	0,0	29,8	9,7	9,2	95%	0,0	7,6	25,9

L.3.2. Unité hydrogéologique des tillites, calcaires, siltites et grès de la Pendjari

La superficie à l'affleurement de l'unité hydrogéologique de la Pendjari est d'environ 3.800 km².

Sur la base des ouvrages répertoriés, la densité des forages est faible, elle varie de 0.5 à 2.2 forage / 100 km².

Les profondeurs minimales, maximales et moyennes des forages sont respectivement de 27 m, 100 m et 45.9 m. Le CV est faible, de l'ordre de 35% suggérant tout comme l'unité de Bombouaka une faible dispersion autour de la moyenne des profondeurs des forages de cette unité.

Les valeurs des percentiles calculés montrent que 10%, 50% (médiane) et 90% des forages ont des profondeurs respectivement inférieures ou égales à 30 m, 42 m et 61.3 m. Les forages répertoriés dans cette unité hydrogéologique sont peu profonds, ce qui favorise l'accessibilité à la ressource en eau souterraine.

Les épaisseurs d'altérations minimales, maximales et moyennes de cette unité sont respectivement de 1 m, 58 m et 13.5 m, tandis que l'épaisseur d'altération saturée moyenne est d'environ 10 mètres. Les CVs sont très élevés, de l'ordre de 68% pour l'épaisseur d'altération et 81% pour l'épaisseur d'altération saturée, traduisant leur forte dispersion autour des moyennes calculées.

Tableau 6 : Paramètres de géométrie de l'unité hydrogéologique de la Pendjari

Unité hydrogéologique de la Pendjari	Nombre forages	Min	Max	Moy	Ecart-type	CV (%)	P10	P50	P90
Profondeur forages (m)	86	27,0	100,0	45,9	16,2	35%	30,0	42,5	61,3
Épaisseur altération (m)	73	1,0	58,0	13,5	9,2	68%	4,2	12,0	21,6
Épaisseur altération saturée (m)	22	0,0	26,7	9,3	7,5	81%	1,3	7,9	20,5

L.3.3. Unité hydrogéologique des niveaux inférieurs plissés du Buem

La superficie à l'affleurement de l'unité hydrogéologique du Buem est d'environ 1.160 km².

Sur la base des ouvrages répertoriés, la densité des forages est faible, elle varie de 0.1 à 0.43 forage / 100 km².

Les profondeurs minimales, maximales et moyennes des forages sont respectivement de 27 m, 55 m et 45.8 m. Le CV est plus faible que dans les unités de Bombouaka et Pendjari, il est de l'ordre de 25%.

Les valeurs des percentiles calculés montrent que 10%, 50% (médiane) et 90% des forages ont des profondeurs respectivement inférieures ou égales à 33.8 m, 48 m et 55 m. Les forages répertoriés dans cette unité hydrogéologique sont peu profonds, ce qui favorise l'accessibilité à la ressource en eau souterraine.

Les épaisseurs d'altérations minimales, maximales et moyennes des grès de cette unité sont respectivement de 14 m, 36 m et 20.2 m, tandis que l'épaisseur d'altération saturée moyenne est d'environ 10 mètres. Les CVs sont aussi plus bas que ceux des deux unités précédentes, de l'ordre de 45% pour l'épaisseur d'altération et 56% pour l'épaisseur d'altération saturée.

On notera toutefois que ces statistiques sont basées sur un nombre très limité d'ouvrages.

Tableau 7 : Paramètres de géométrie de l'unité hydrogéologique du Buem

Unité hydrogéologique des niveaux inférieurs du Buem	Nombre forages	Min	Max	Moy	Ecart-type	CV (%)	P10	P50	P90
Profondeur forages (m)	5	27,0	55,0	45,8	11,5	25%	33,8	48,0	55,0
Épaisseur altération (m)	5	14,0	36,0	20,2	9,2	45%	14,0	17,0	29,6
Épaisseur altération saturée (m)	2	5,6	12,9	9,2	5,1	56%	6,3	9,2	12,1

L.3.4. Unité hydrogéologique du Continental Terminal.

La superficie à l'affleurement de l'unité hydrogéologique du Continental terminal est d'environ 1.160 km².

Sur la base d'un nombre limité d'ouvrages répertoriés, la densité des forages est faible, elle varie de 0.25 à 0.60 forage / 100 km².

Les profondeurs minimales, maximales et moyennes des forages sont respectivement de 35 m, 62 m et 48.3 m. Le CV est faible il est de l'ordre de 18%.

Les valeurs des percentiles calculés montrent que 10%, 50% (médiane) et 90% des forages ont des profondeurs respectivement inférieures ou égales à 40.4 m, 47 m et 58.4 m. Les forages répertoriés dans cette unité hydrogéologique sont peu profonds, ce qui favorise l'accessibilité à la ressource en eau souterraine.

Les épaisseurs d'altérations minimales, maximales et moyennes de cette unité sont respectivement de 10 m, 30 m et 21.6 m, tandis que l'épaisseur d'altération saturée moyenne est d'environ 6.2 mètres. Les CV sont faibles pour l'épaisseur d'altération ils sont de l'ordre de 32%, par contre ils sont très élevés pour l'épaisseur d'altération saturée avec des valeurs de près de 143%. Il existe donc une grande dispersion des épaisseurs d'altération et altération saturée des aquifères de cette unité hydrogéologique liée à leur lithologie ou à leur degré de fracturation.

On notera toutefois que ces statistiques sont basées sur un nombre très limité d'ouvrages.

Tableau 8 : Paramètres de géométrie de l'unité hydrogéologique du continental Terminal

Unité hydrogéologique du Continental Terminal	Nombre forages	Min	Max	Moy	Ecart-type	CV (%)	P10	P50	P90
Profondeur forages (m)	7	35,0	62,0	48,3	8,7	18%	40,4	47,0	58,4
Epaisseur altération (m)	7	10,0	30,0	21,6	7,0	32%	13,0	25,0	27,6
Epaisseur altération saturée (m)	3	0,0	21,2	6,2	8,9	143%	0,0	2,7	15,6

L.3.5. Synthèse sur le sédimentaire de l'Est

La superficie totale du sédimentaire de l'Est est d'environ 6.500 km², sur une bande orientée SO-NE d'environ 230 km de long et 10 à 50 km de large.

La profondeur moyenne des ouvrages, calculée à partir de 169 points, est de l'ordre de 45 m avec un maximum de 100 m.

L'épaisseur d'altération moyenne est d'environ 16 mètres, tandis que sa partie saturée est d'environ 9 mètres.

Tableau 9 : synthèse des paramètres de géométrie du sédimentaire de l'Est

Global sédimentaire Est	Nombre forages	Min	Max	Moy	Ecart-type	CV (%)	P10	P50	P90
Profondeur forages (m)	169	27,0	100,0	45,2	14,8	33%	30,0	43,0	61,1
Epaisseur altération (m)	148	1,0	58,0	16,5	10,5	64%	5,8	14,0	33,6
Epaisseur altération saturée (m)	45	0,0	29,8	9,0	8,2	91%	0,0	7,1	0,0

On observe donc de manière globale des profondeurs d'ouvrages peu élevées, inférieures à 60 mètres pour 90% d'entre-eux.

Le graphique repris en Figure 34 ci-après illustre la relative homogénéité des valeurs pour les 4 unités hydrogéologiques évaluées.

L'accessibilité à la ressource en eau souterraine est donc techniquement et économiquement favorable de ce point de vue.

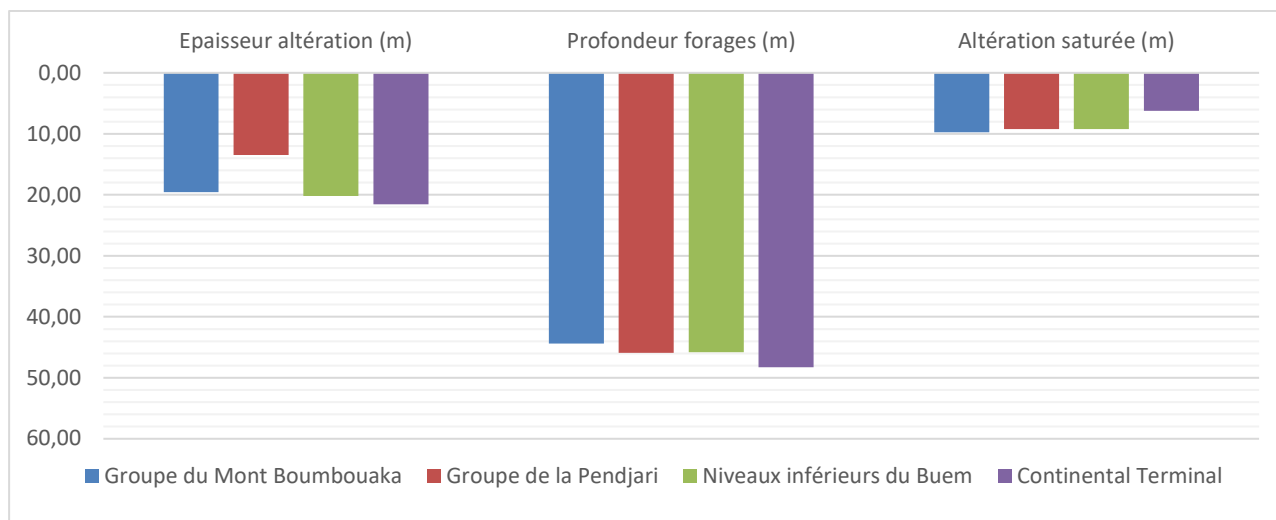
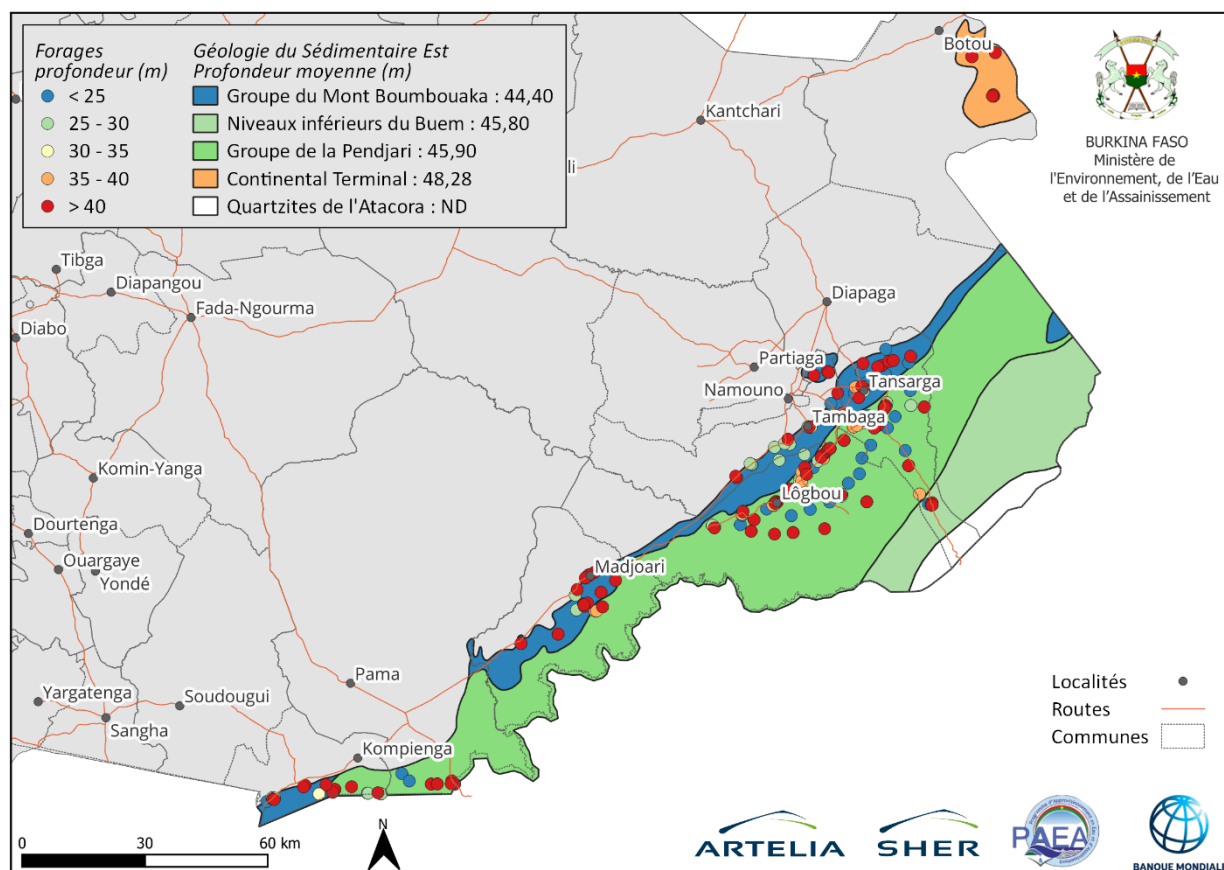


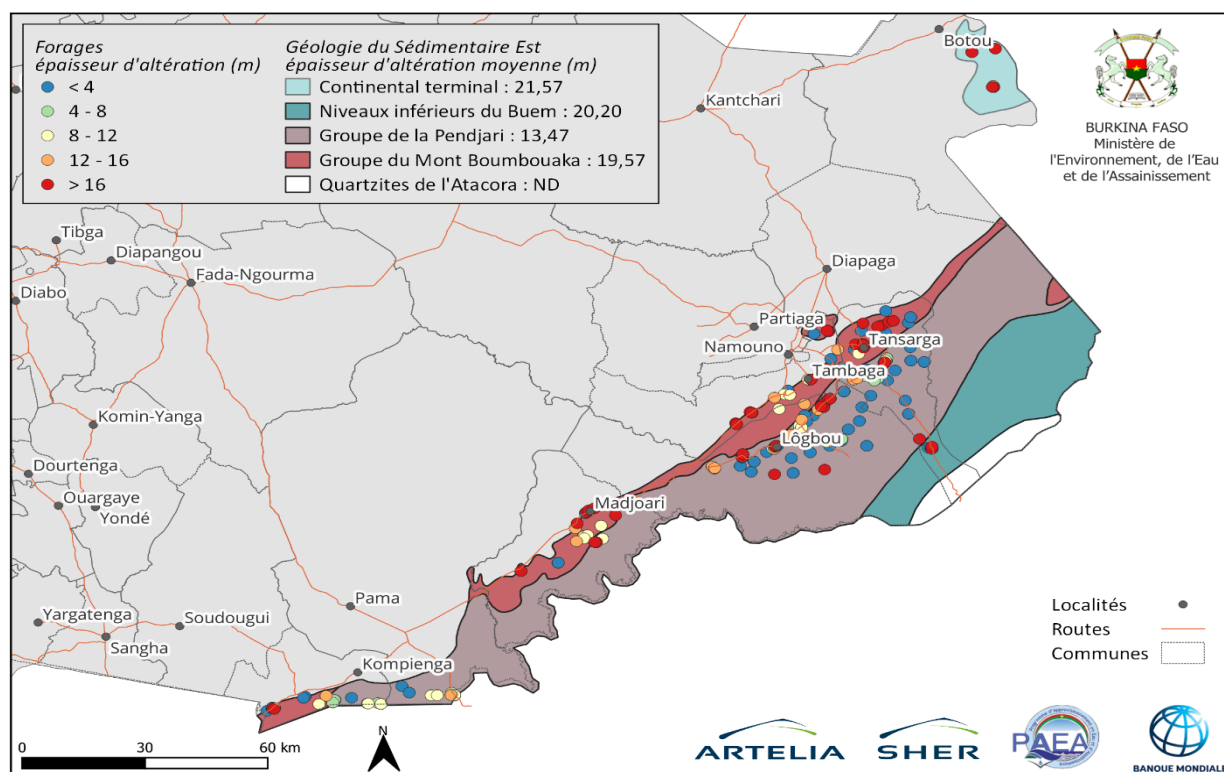
Figure 34 : Valeurs moyennes des paramètres de géométrie par unité hydrogéologique

Les cartes reprises ci-après illustrent la distribution spatiale des valeurs de paramètres de géométrie, et les moyennes par unité hydrogéologique.



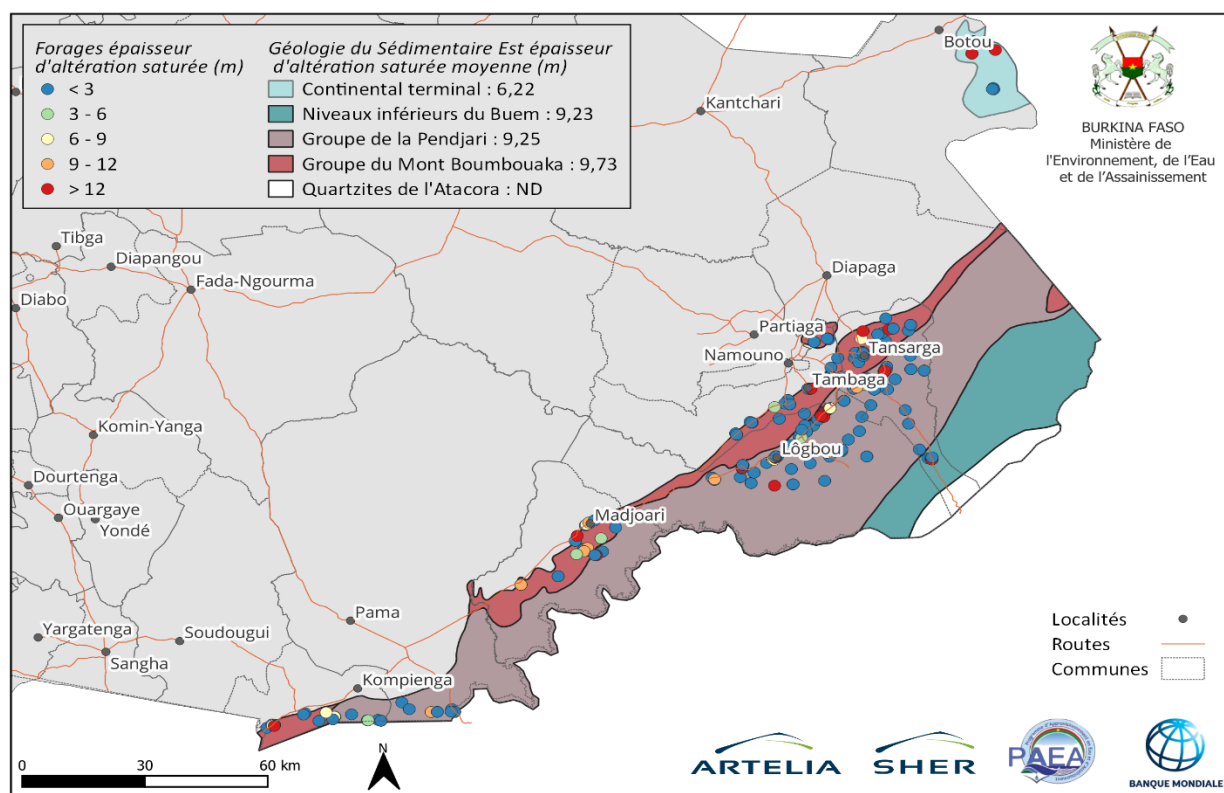
Source de données : BNDT 2015, BUMIGEB 2003, OMES 2021, ARTELIA/SHER 2022

Figure 35 : Distribution spatiale des profondeurs des forages de la zone sédimentaire Est



Source de données : BNDT 2015, BUMIGEB 2003, OMES 2021, ARTELIA/SHER 2022

Figure 36 : Distribution spatiale des épaisseurs d'altération



Source de données : BNDT 2015, BUMIGEB 2003, OMES 2021, ARTELIA/SHER 2022

Figure 37 : Distribution spatiale des épaisseurs d'altération saturée de la zone sédimentaire Est

L.4. Niveaux de nappe

L'analyse des niveaux statiques de la zone sédimentaire de l'Est a été réalisée sur la base des données de forages disponibles. Généralement, il s'agit des niveaux statiques mesurés lors des travaux d'exécution des forages, pour la plupart destinés à l'hydraulique villageoise. Les niveaux de nappe présentés ne sont donc pas mesurés à des périodes synchrones.

Ces données concernent uniquement quatre formations géologiques sur les cinq présentes sur la zone : aucune donnée n'est disponible pour l'unité hydrogéologique des grès et quartzites métamorphisés de l'Atacora, en l'absence d'ouvrages recensés dans cette unité.

L.4.1. Unité hydrogéologique des grès de Gobnangou – Mont Boumbouaka

La profondeur moyenne de nappe dans l'unité hydrogéologique du Mont Boumbouaka est de l'ordre de 11 mètres, avec un maximum de 28 mètres. 90% des ouvrages présentent une profondeur inférieure à 17 mètres.

Tableau 10 : Profondeurs de nappe dans l'unité hydrogéologique du Mont Boumbouaka

Groupe du Mont Boumbouaka	Nombre forages	Min	Max	Moy	Ecart-type	CV (%)	P10	P50	P90
Profondeur de nappe (m)	22	4,1	28,3	11,3	6,6	59 %	5,4	9,8	16,9

L.4.2. Unité hydrogéologique des tillites, calcaires, siltites et grès de la Pendjari

La profondeur moyenne de nappe dans l'unité hydrogéologique de la Pendjari est de l'ordre de 6 mètres, avec un maximum de 18 mètres. 90% des ouvrages présentent une profondeur inférieure à 8 mètres.

Tableau 11 : Profondeurs de nappe dans l'unité hydrogéologique de la Pendjari

Groupe de la Pendjari	Nombre forages	Min	Max	Moy	Ecart-type	CV (%)	P10	P50	P90
Profondeur de nappe (m)	23	1,5	17,8	6,1	3,0	50 %	4,0	5,1	8,1

L.4.3. Unité hydrogéologique des niveaux inférieurs plissés du Buem

La profondeur moyenne de nappe dans l'unité hydrogéologique du Buem est de l'ordre de 8 mètres. Seuls deux ouvrages permettent cette évaluation.

Tableau 12 : Profondeurs de nappe dans l'unité hydrogéologique du Buem

Niveaux inférieurs du Buem	Nombre forages	Min	Max	Moy	Ecart-type	CV (%)	P10	P50	P90
Profondeur de nappe (m)	2	7,2	8,4	7,8	0,9	11 %	7,3	7,8	8,3

L.4.4. Unité hydrogéologique du Continental Terminal.

La profondeur moyenne de nappe dans l'unité hydrogéologique du Continental Terminal est de l'ordre de 18 mètres, avec un maximum de 33 mètres. 90% des ouvrages présentent une profondeur inférieure à 28 mètres.

On observe donc des profondeurs de nappe plus importantes que dans les 3 autres unités hydrogéologiques.

Dans son étude sur 2.578 forages du bassin sédimentaire de l'Ouest, (Dakoure, 2003) a également montré que les niveaux statiques les plus profonds sont rencontrés dans le CT (24 m en moyenne).

Tableau 13 : Profondeurs de nappe dans l'unité hydrogéologique du Continental Terminal

Continental Terminal	Nombre forages	Min	Max	Moy	Ecart-type	CV (%)	P10	P50	P90
Profondeur de nappe (m)	5	3,8	33,1	18,5	10,5	56 %	9,2	17,9	28,1

L.4.5. Synthèse sur le sédimentaire de l'Est

Le niveau de nappe moyen du sédimentaire de l'Est, calculé à partir de 52 ouvrages, est d'environ 9 mètres avec un maximum de 33 mètres. 90% des ouvrages présentent une profondeur inférieure à 18 mètres.

L'accessibilité à la ressource en eau souterraine est donc techniquement et économiquement favorable de ce point de vue, avec une profondeur moyenne de niveau de nappe inférieure à 10 mètres. Ces valeurs sont largement plus faibles que celles rencontrées dans le sédimentaire du Nord du Burkina Faso.

Tableau 14 : Synthèse des profondeurs de nappe dans le sédimentaire de l'Est

Global sédimentaire Est	Nombre forages	Min	Max	Moy	Ecart-type	CV (%)	P10	P50	P90
Profondeur de nappe (m)	52	1,5	33,1	9,4	6,8	72%	4,2	6,8	17,7

Le graphique repris en *Figure 38* ci-après met en évidence les profondeurs moyennes de nappe plus élevées rencontrées dans le Continental Terminal.

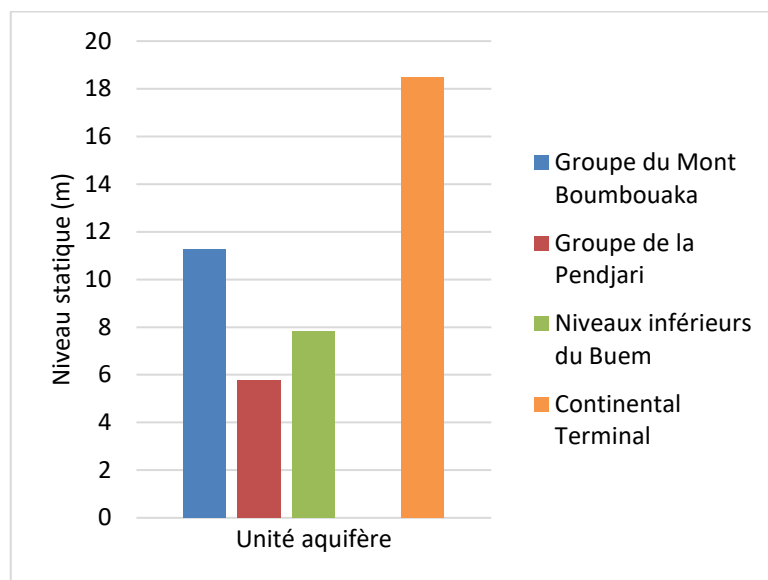
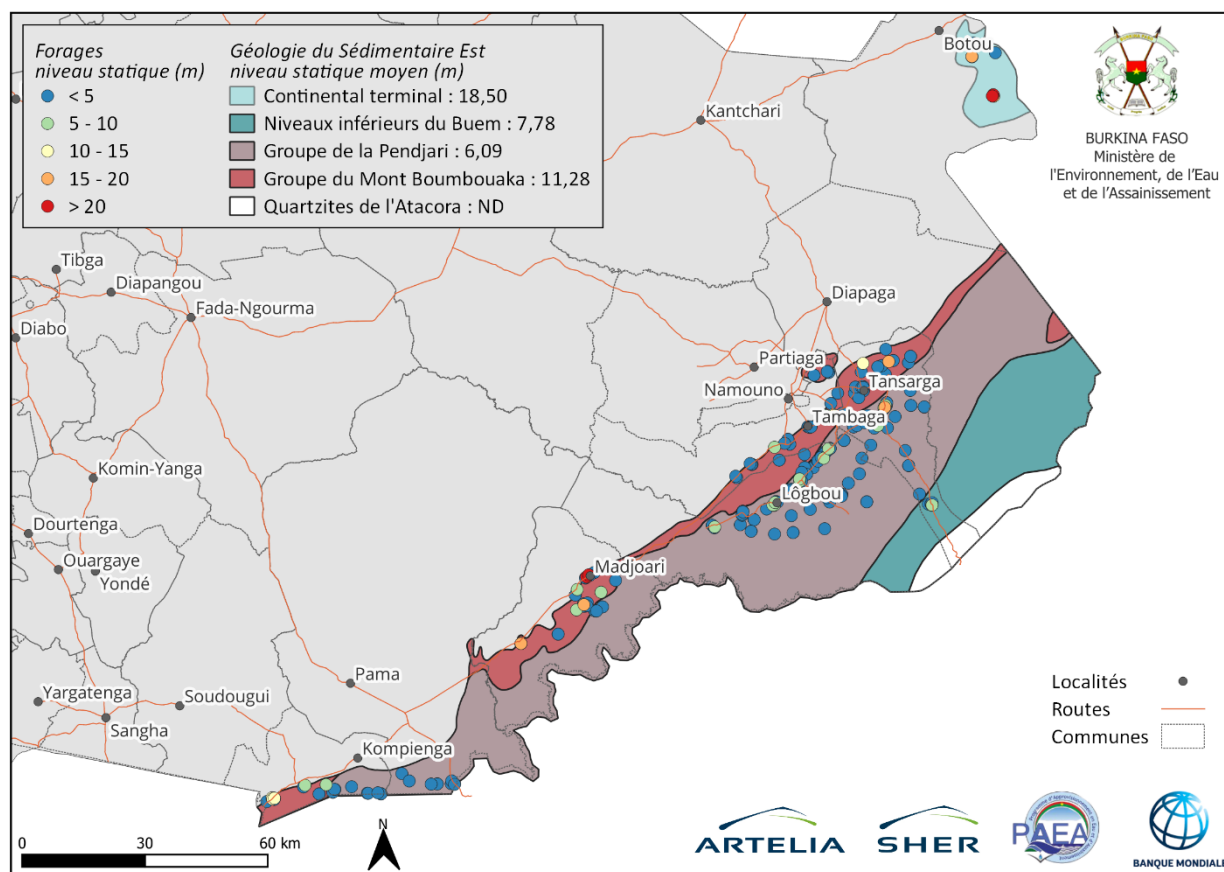


Figure 38 : Profondeurs moyennes du niveau de nappe par unité hydrogéologique

La carte présentée ci-après illustrent la distribution spatiale des profondeurs de nappe, ainsi que les moyennes par unité hydrogéologique.



Source de données : BNDT 2015, BUMIGEB 2003, OMES 2021, ARTELIA/SHER 2022

Figure 39 : Distribution spatiale des profondeurs de niveau statique dans la zone sédimentaire Est

L.5. Productivité des aquifères et paramètres hydrodynamiques

L'évaluation de la productivité des différentes unités hydrogéologiques a été réalisée sur la base d'une analyse des débits de forage, ainsi que des paramètres hydrodynamiques.

Les données de débits (débit en fin de foration et débit spécifique) concernent uniquement quatre formations hydrogéologiques sur les cinq présentes sur la zone : aucune donnée n'est disponible pour l'unité hydrogéologique des grès et quartzites métamorphisés de l'Atacora, en l'absence d'ouvrage répertorié dans cette unité.

Au niveau des paramètres hydrodynamiques, seules des données de transmissivité sont disponibles, et elles sont limitées aux unités hydrogéologiques du Mont Boumbouaka et de la Pendjari.

L'évaluation de la productivité des aquifères, sur base de ces paramètres, a été réalisée selon la méthode du CIEH. Cette méthode définit des classes de valeurs pour ces 3 paramètres (transmissivité, débit, débit spécifique).

La distribution des classes de valeurs des paramètres, réalisée selon la classification CIEH, est présentée dans les 3 tableaux repris ci-après (Yao et al., 2010 ; Mboudou, 2017).

Tableau 15 : Classification des transmissivités selon CIEH

Intervalles	Classe
$T \text{ (m}^2/\text{s)} < 10^{-5}$	Faible
$10^{-5} < T \text{ (m}^2/\text{s)} < 10^{-4}$	Moyenne
$T \text{ (m}^2/\text{s)} > 10^{-4}$	Elevée

Tableau 16 : Classification des débits selon CIEH

Intervalles	Classe
$Q \text{ (m}^3/\text{h)} < 1$	Débits très faibles
$1 < Q \text{ (m}^3/\text{h)} < 2,5$	Débits faibles
$2,5 < Q \text{ (m}^3/\text{h)} < 5$	Débits moyens
$5 < Q \text{ (m}^3/\text{h)} < 10$	Débits forts
$Q \text{ (m}^3/\text{h)} > 10$	Débits très forts

Tableau 17 : Classification des débits spécifiques selon CIEH

Intervalles	Classe
$Q_s \text{ (m}^3/\text{h/m)} < 0,1$	Domaine de l'hydraulique villageoise
$0,1 < Q_s \text{ (m}^3/\text{h/m)} < 0,36$	Domaine de la petite hydraulique agricole
$0,36 < Q_s \text{ (m}^3/\text{h/m)} < 1$	Domaine de l'hydraulique agricole
$Q_s \text{ (m}^3/\text{h/m)} > 1$	Domaine de l'hydraulique urbaine

L.5.1. Unité hydrogéologique des grès de Gobnangou – Mont Boumbouaka

L'unité hydrogéologique du Mont Boumbouaka est caractérisée par des débits moyens de l'ordre de $7 \text{ m}^3/\text{h}$, avec un maximum de $23 \text{ m}^3/\text{h}$. 10% des ouvrages présentent des débits supérieurs à $20 \text{ m}^3/\text{h}$.

Les débits spécifiques moyens sont de l'ordre de $0,6 \text{ m}^3/\text{h/m}$, avec un maximum de $2,5 \text{ m}^3/\text{h/m}$. 90% des ouvrages présentent des débits spécifiques inférieurs à $0,7 \text{ m}^3/\text{h/m}$.

La transmissivité moyenne est d'environ $3,4\text{E-}4 \text{ m}^2/\text{s}$, avec un maximum de $2,2\text{E-}3 \text{ m}^2/\text{s}$.

Tableau 18 : Productivité et transmissivité de l'unité hydrogéologique du Mont Boumbouaka

Groupe du Mont Boumbouaka	Nombre forages	Min	Max	Moy	P10	P50	P90
Débit (m^3/h)	65	0,2	23,4	7,4	0,8	5,2	19,8
Débit spécifique ($\text{m}^3/\text{h/m}$)	11	0,0	2,5	0,6	0,1	0,4	0,7
Transmissivité (m^2/s)	11	6,74E-06	2,19E-03	3,69E-04	1,90E-05	1,68E-04	7,41E-04

La Figure 40 présente les fréquences des débits, transmissivité et débits spécifiques de la formation du groupe du Mont Boumbouaka. Les débits forts ($5\text{-}10 \text{ m}^3/\text{h}$) et très forts (sup à $10 \text{ m}^3/\text{h}$) représentent respectivement 25 % et 28 % des données observées, alors que les débits moyens ($2,5\text{-}5 \text{ m}^3/\text{h}$) et faibles ($1\text{-}2,5 \text{ m}^3/\text{h}$) représentent chacun 15 % des observations. Les débits très faibles ont une fréquence de 13 %.

La Figure 40 montre que 72 % des transmissivités de l'unité hydrogéologique se situent dans la classe des transmissivités fortes (sup. à $10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$), tandis que moins de 10 % sont dans classe faible (inf. à $10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$). Quant aux débits spécifiques, le domaine de l'hydraulique agricole (petite irrigation comprise) représente plus 70 % des observations. Ces valeurs attestent d'une bonne productivité des formations de Boumbouaka.

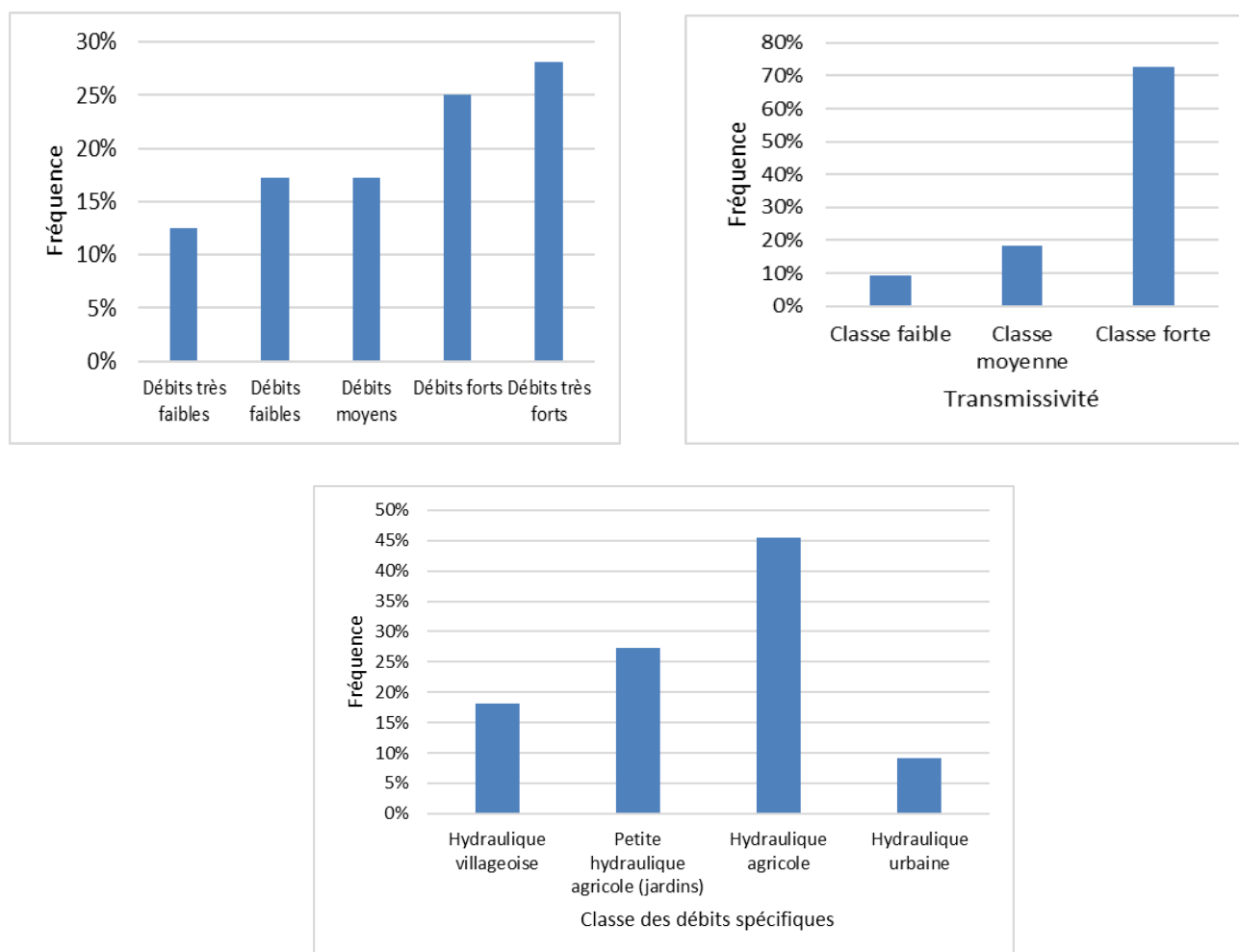


Figure 40 : Fréquence des débits, transmissivité et débits spécifiques du groupe du Mont Boumbouaka

L.5.2. Unité hydrogéologique des tillites, calcaires, siltites et grès de la Pendjari

L'unité hydrogéologique de la Pendjari est caractérisée par des débits moyens de l'ordre de 5 m³/h, avec un maximum de 25 m³/h. 10% des ouvrages présentent des débits supérieurs à 12 m³/h.

Les débits spécifiques moyens sont de l'ordre de 0.4 m³/h/m, avec un maximum de 2.7 m³/h/m. 90% des ouvrages présentent des débits spécifiques inférieurs à 0.6 m³/h/m.

La transmissivité moyenne est d'environ 0.9E-4 m²/s, avec un maximum de 3.4E-4 m²/s.

Tableau 19 : Productivité et transmissivité de l'unité hydrogéologique de la Pendjari

Groupe de la Pendjari	Nombre forages	Min	Max	Moy	P10	P50	P90
Débit (m³/h)	99	0,2	25,0	4,6	0,7	2,6	11,7
Débit spécifique (m³/h/m)	31	0,0	2,7	0,4	0,1	0,2	0,6
Transmissivité (m²/s)	31	2,58E-06	3,38E-04	9,20E-05	2,74E-05	6,94E-05	1,79E-04

On note une fréquence de débits faibles (1 à 2,5 m³/h) de 30 %, une fréquence d'environ 20 % pour les classes de débits moyens (2,5 à 5 m³/h) et très faibles (inf. à 1 m³/h), une fréquence de 16 % pour les débits forts (5 à 10 m³/h) et une fréquence de 14 % pour les débits très forts (sup. à 10 m³/h).

La Figure 41 présente les fréquences des débits, transmissivité et débits spécifiques par classe. Elle montre qu'une grande partie 31 forages observés captent des nappes de transmissivité moyenne, avec une fréquence de 60,5 %. La classe de transmissivité forte représente 30 % des observations, tandis que la classe faible ne représente de 6 %.

Concernant les débits spécifiques, le domaine de la petite hydraulique agricole (jardins) représente 64 % des 31 données observées, tandis que le domaine de l'hydraulique agricole (irrigation) occupe 16 % des observations et les domaines de l'hydraulique urbaine et villageoise occupent chacun 9,5 %.

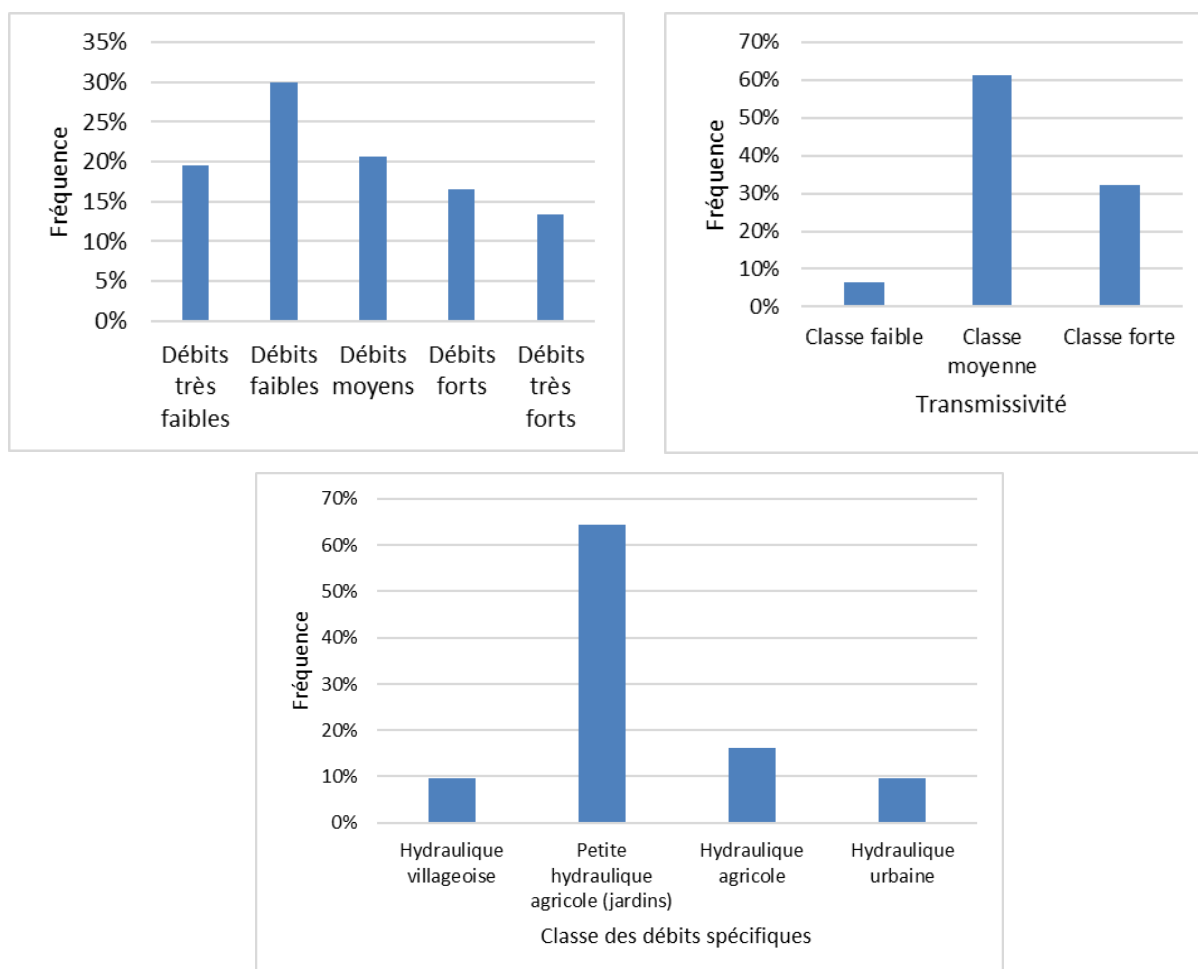


Figure 41 : Fréquence des débits, transmissivité et débits spécifiques du groupe de la Pendjari

L.5.3. Unité hydrogéologique des niveaux inférieurs plissés du Buem

L'unité hydrogéologique du Buem est caractérisée par des débits moyens de l'ordre de 8 m³/h, avec un maximum de 16 m³/h. 10% des ouvrages présentent des débits supérieurs à 14 m³/h.

Aucune donnée n'est disponible pour les débits spécifiques ni pour la transmissivité.

Tableau 20 : Productivité de l'unité hydrogéologique du Buem

Niveaux inférieurs du Buem	Nombre forages	Min	Max	Moy	P10	P50	P90
Débit (m ³ /h)	4	1,5	15,6	7,7	2,0	6,8	14,1

La classification des forages par fréquence indique que 50 % des données observées ont un débit supérieur à 10 m³/h (Figure 42).

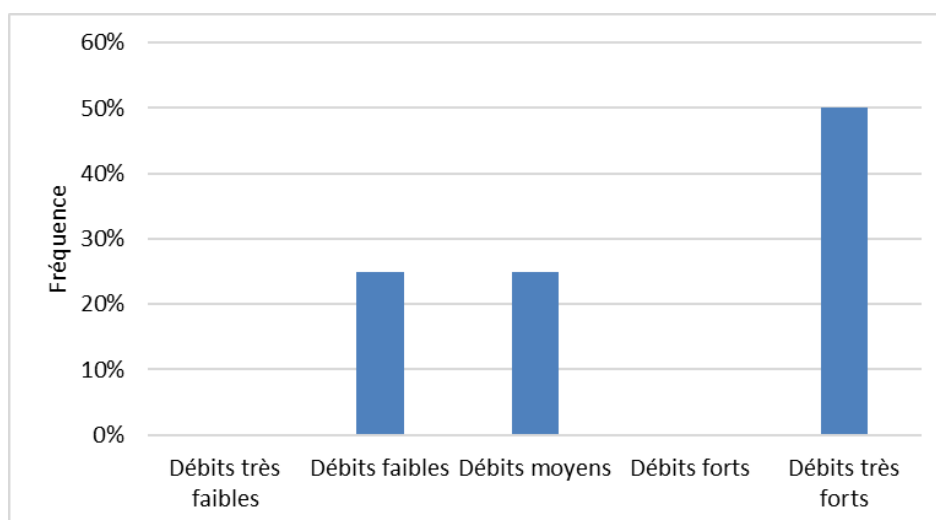


Figure 42 : Fréquence des débits des niveaux inférieurs du Buem

L.5.4. Unité hydrogéologique du Continental Terminal.

L'unité hydrogéologique du Continental Terminal est caractérisée par des débits moyens de l'ordre de 2 m³/h, avec un maximum de 5 m³/h.

Aucune donnée n'est disponible pour les débits spécifiques ni pour la transmissivité.

Tableau 21 : Productivité de l'unité hydrogéologique du Continental Terminal

Continental Terminal	Nombre forages	Min	Max	Moy	P10	P50	P90
Débit (m ³ /h)	6	0,4	5,0	2,0	0,7	1,6	3,8

La classification des forages par fréquence de débits indique que les classes de débits très faibles et faibles représentent ensemble plus de 65 % (Figure 43).

Les études sur le CT de la zone sédimentaire Ouest révèlent également les mêmes ordres de grandeur à savoir un débit moyen de 2,9 m³/h. Ces études estiment à 4,35 .10⁻⁴ m²/s la transmissivité moyenne du CT.

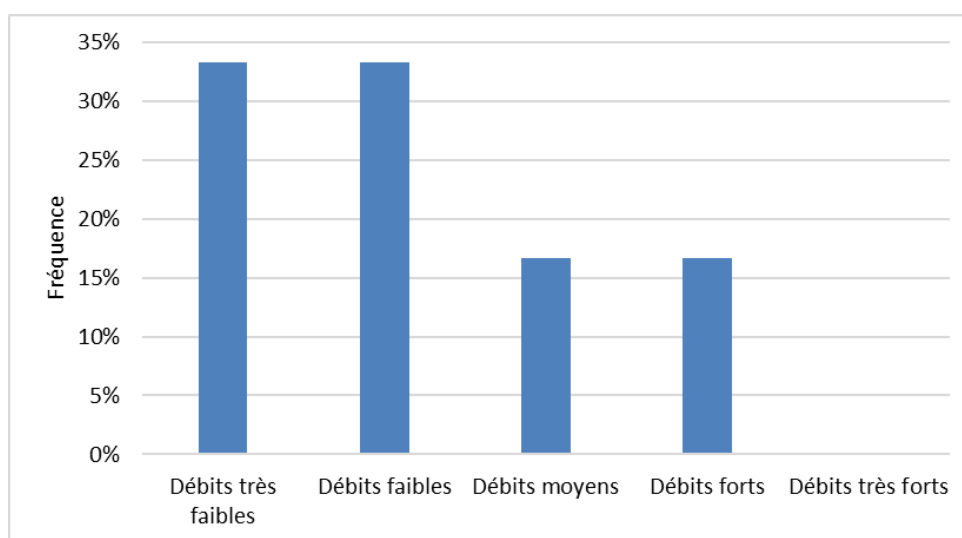


Figure 43 : Fréquence des débits du continental terminal

L.5.5. Synthèse sur le sédimentaire de l'Est

Le sédimentaire de l'Est est caractérisée par des débits moyens de l'ordre de 6 m³/h, avec un maximum de 25 m³/h.

Les débits spécifiques moyens sont de l'ordre de 0.4 m³/h/m, avec un maximum de 2.7 m³/h/m. 90% des ouvrages présentent des débits spécifiques inférieurs à 0.7 m³/h/m.

La transmissivité moyenne est d'environ 1.6E-4 m²/s, avec un maximum de 2.2E-3 m²/s.

Tableau 22 : Synthèse des valeurs de productivité et de transmissivité du sédimentaire de l'Est

Global sédimentaire Est	Nombre forages	Min	Max	Moy	P10	P50	P90
Débit (m ³ /h)	174	0,2	25,0	5,6	0,7	3,1	12,4
Qs (m ³ /h/m)	42	0,0	2,7	0,4	0,1	0,2	0,7
Transmissivité (m ² /s)	42	2,58E-06	2,19E-03	1,65E-04	1,98E-05	8,50E-05	2,62E-04

L'unité hydrogéologique du Buem présente la moyenne de débits la plus élevée, suivie par l'unité du Mont Boumbouaka.

Les données de transmissivités et de débits spécifiques ne concernent que les unités du Mont Boumbouaka et de la Pendjari. Les valeurs les plus élevées de transmissivité sont rencontrées dans l'unité du Mont Boumbouaka.

Ces observations permettent d'affirmer que l'unité du Mont Boumbouaka renferme l'aquifère le plus productif de la série sédimentaire de l'Est. Ceci est confirmé par la présence de nombreuses émergences d'eau souterraine dans cette partie de la zone sédimentaire.

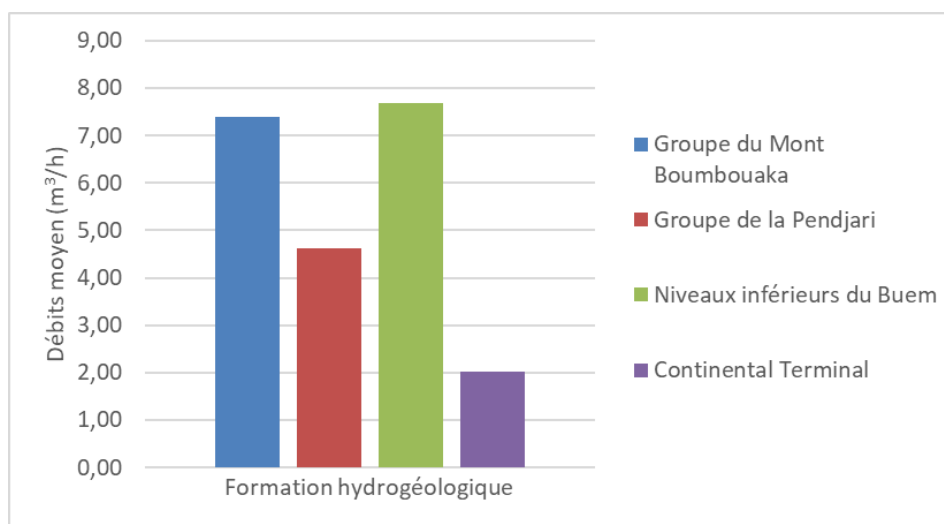


Figure 44 : Débits moyens observés dans chaque formation

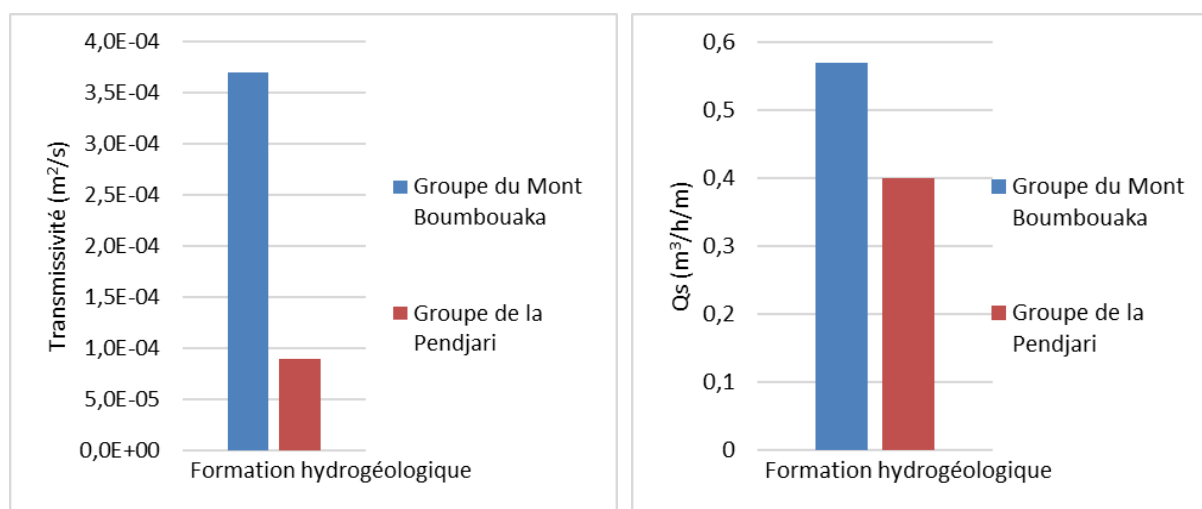
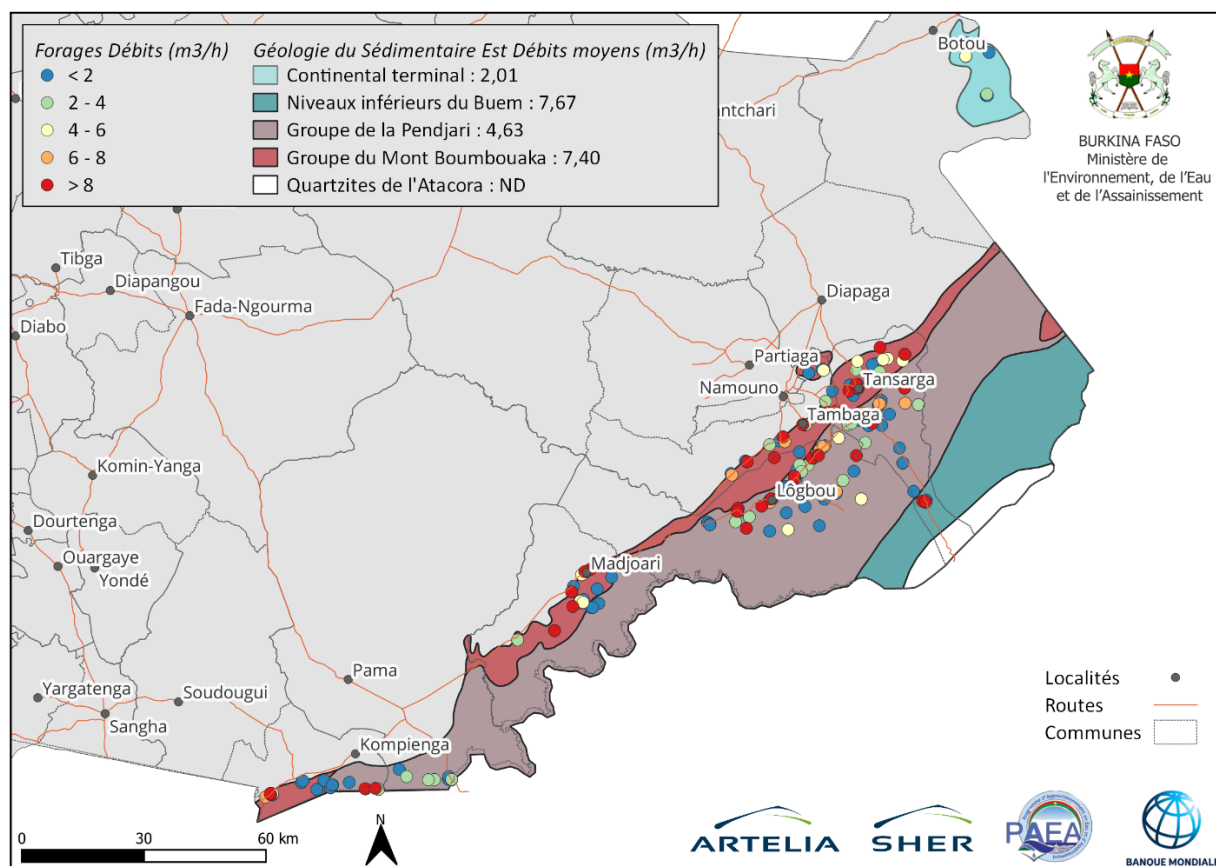


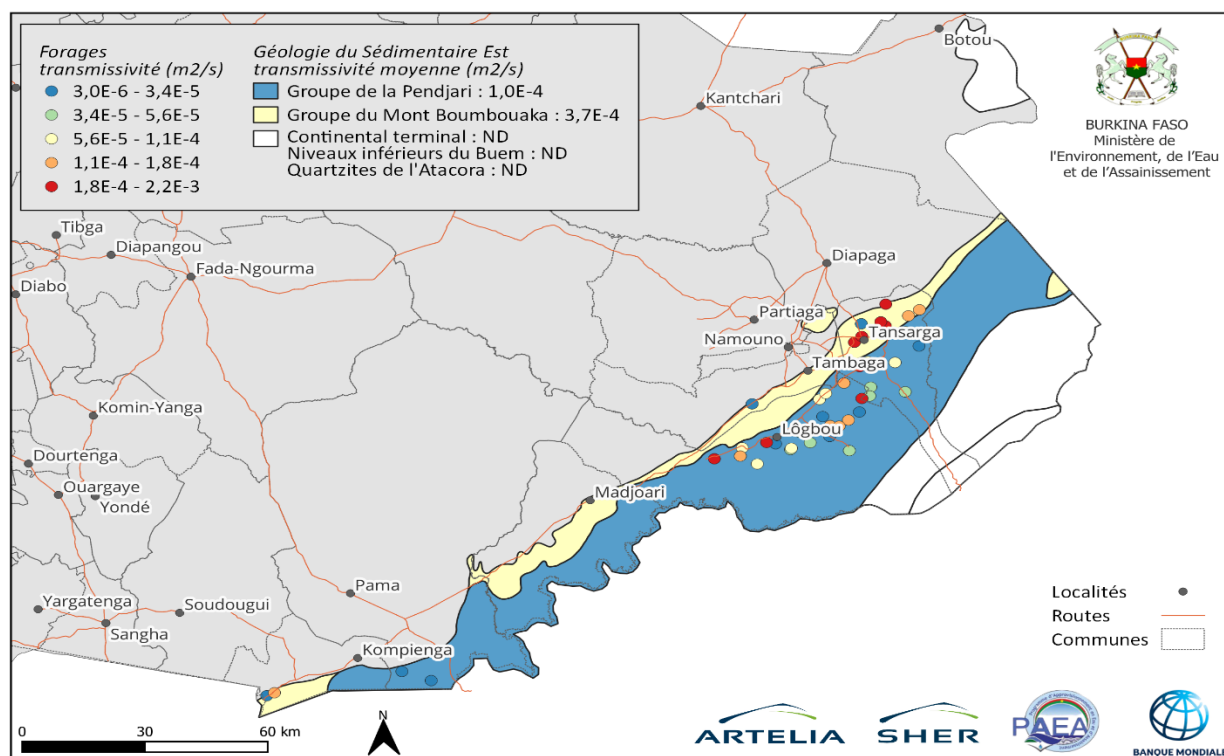
Figure 45 : Transmissivité moyenne et débits spécifiques moyens des formations

Les 3 cartes reprises ci-après illustrent la distribution spatiale, et les valeurs moyennes par unité hydrogéologique, des paramètres de débit, de débit spécifique et de transmissivité.



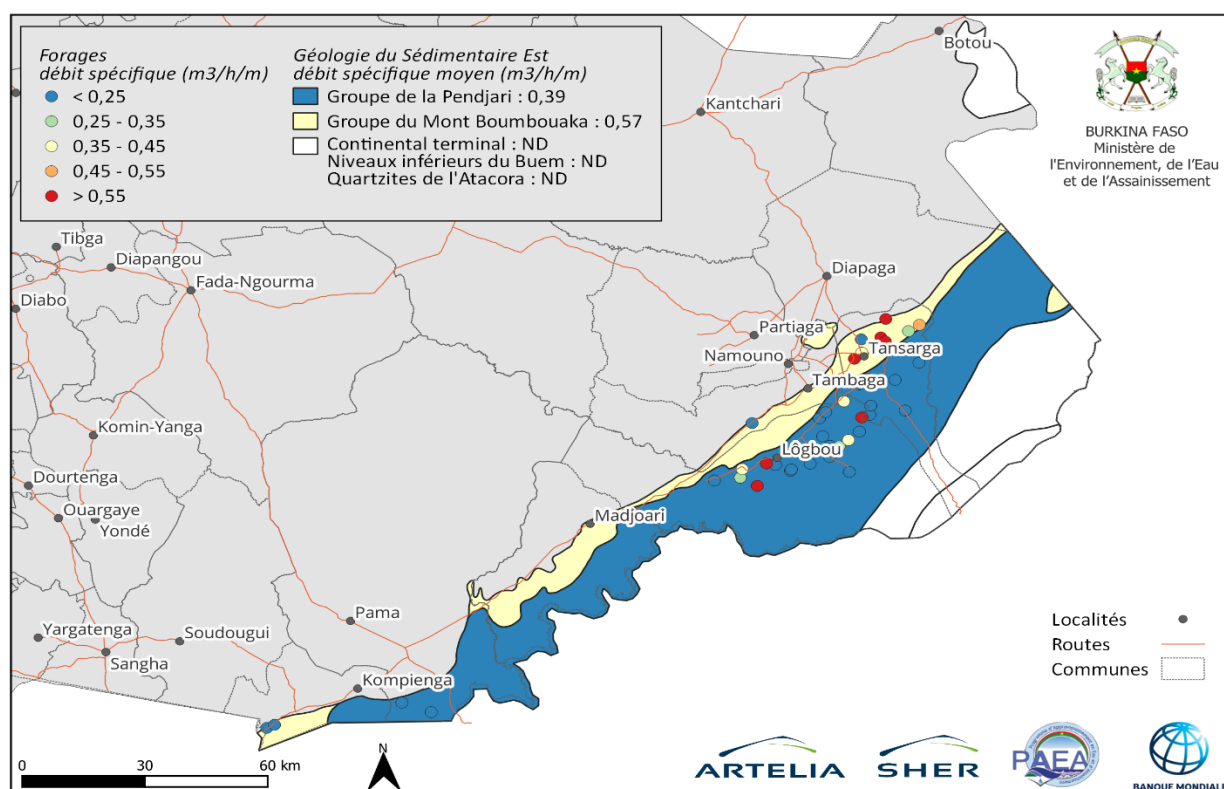
Source de données : BNDT 2015, BUMIGEB 2003, OMES 2021, ARTELIA/SHER 2022

Figure 46 : Distribution spatiale des débits de la zone sédimentaire Est



Source de données : BNDT 2015, BUMIGEB 2003, OMES 2021, ARTELIA/SHER 2022

Figure 47 : Distribution spatiale des transmissivités de la zone sédimentaire Est



Source de données : BNDT 2015, BUMIGEB 2003, OMES 2021, ARTELIA/SHER 2022

Figure 48 : Distribution spatiale des débits spécifiques de la zone sédimentaire Est

L.5.6. Synthèse des caractéristiques hydrogéologiques des aquifères de la zone sédimentaire Est

Le *Tableau 23* présente la synthèse des caractéristiques hydrogéologiques du sédimentaire de l'Est.

On notera qu'aucune donnée de coefficient d'emménagement n'est disponible, ce qui limite les possibilités d'évaluation du caractère libre ou captif des aquifères rencontrés. Les parties supérieures des aquifères (50 à 100 premiers mètres), telles qu'exploitées par les différents forages répertoriés, laissent toutefois supposer que les nappes présentent un caractère libre dans ces parties supérieures captées.

Les communications hydrauliques entre les différents aquifères du sédimentaire de l'Est sont également peu caractérisées. Les nombreux niveaux schisteux et argileux présents dans les formations du bassin peuvent limiter la communication hydraulique entre les différents niveaux aquifères. Les données restent toutefois lacunaires, au niveau de cette évaluation.

Tableau 23 : Synthèse des caractéristiques hydrogéologiques des aquifères du bassin sédimentaire de l'Est

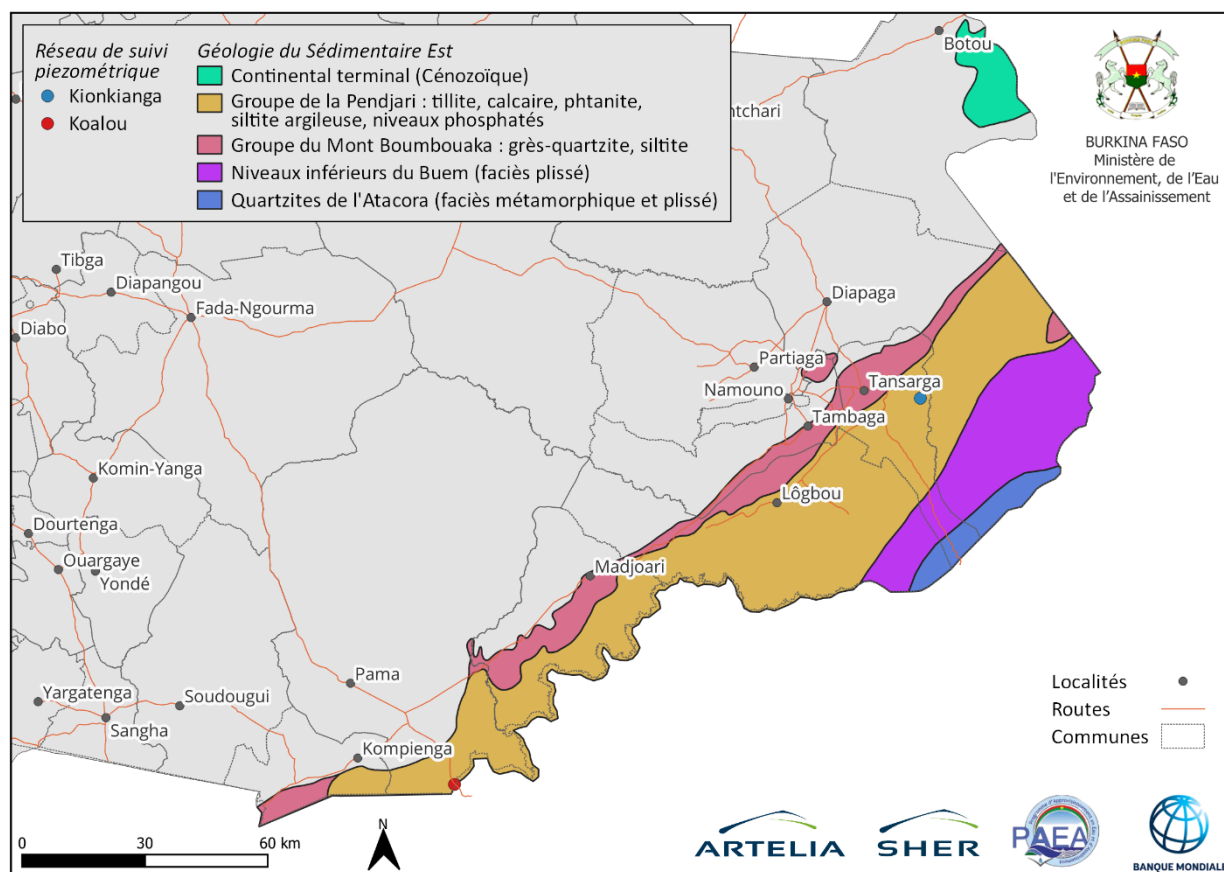
Global sédimentaire Est	Nombre forages	Min	Max	Moy	Ecart-type	P10	P50	P90
Profondeur forages (m)	169	27,0	100,0	45,2	14,8	30,0	43,0	61,1
Épaisseur altération (m)	148	1,0	58,0	16,5	10,5	5,8	14,0	33,6
Épaisseur altération saturée (m)	45	0,0	29,8	9,0	8,2	0,0	7,1	0,0
Niveau Statique (m)	52	1,5	33,1	9,4	6,8	4,2	6,8	17,7
Débit (m ³ /h)	174	0,2	25,0	5,6	5,9	0,7	3,1	12,4
Débit spécifique (m ³ /h/m)	42	0,0	2,7	0,4	0,6	0,1	0,2	0,7
Transmissivité (m ² /s)	42	2,58E-06	2,19E-03	1,65E-04	3,45E-04	1,98E-05	8,50E-05	2,62E-04

M. SUIVI ET ÉVOLUTION DES EAUX SOUTERRAINES

M.1.1. Suivi de la piézométrie

Le suivi de la piézométrie du bassin sédimentaire de l'Est est assuré au travers du réseau piézométrique national (RPN) de la DEIE. Il s'agit du seul réseau de suivi disposant d'ouvrages de suivi dans cette zone.

Deux piézomètres, appartenant au RPN, sont localisés dans le bassin sédimentaire de l'Est. Il s'agit du piézomètre de Kionkianga, et du piézomètre de Koalou. La Figure 49 ci-après illustre la localisation des deux piézomètres.



Source de données : BNDT 2015, BUMIGEB 2003, DGRE 2021, ARTELIA/SHER 2022

Figure 49 : Localisation des piézomètres de la zone sédimentaire Est

Le Tableau 24 ci-après reprend les principales caractéristiques des deux piézomètres. Leur profondeur est d'environ 24 mètres, et ils sont tous deux crépinés dans l'unité hydrogéologique du groupe de la Pendjari. La période de suivi démarre en 2004. Les deux piézomètres sont toujours opérationnels et font toujours l'objet d'un suivi.

Tableau 24 : Caractéristiques des piézomètres de la zone sédimentaire Est

Province	Village	Latitude	Longitude	Altitude (m)	Profondeur (m)	Formation	Période de suivi
Kompienga	Koalou	11°01'13"N	00°56'23.00"E	149,7	24,5	Groupe de la Pendjari	Depuis 2004
Tapoa	Kionkianga	11°51'23"N	01°59'45.00"E	244,4	23,5	Groupe de la Pendjari	Depuis 2004

M.1.2. Variations temporelles de la piézométrie

L'analyse des variations temporelles des niveaux de nappe est présentée ci-après, pour les deux piézomètres du RPN.

M.1.2.1. Piézomètre de Koalou

La Figure 50 illustre les fluctuations de la piézométrie observées de 2004 à 2020 dans le piézomètre de Koalou, implanté dans les formations calcaires du groupe de la Pendjari. La figure reprend également la pluviométrie mensuelle associée à la période de mesures de niveaux de nappe.

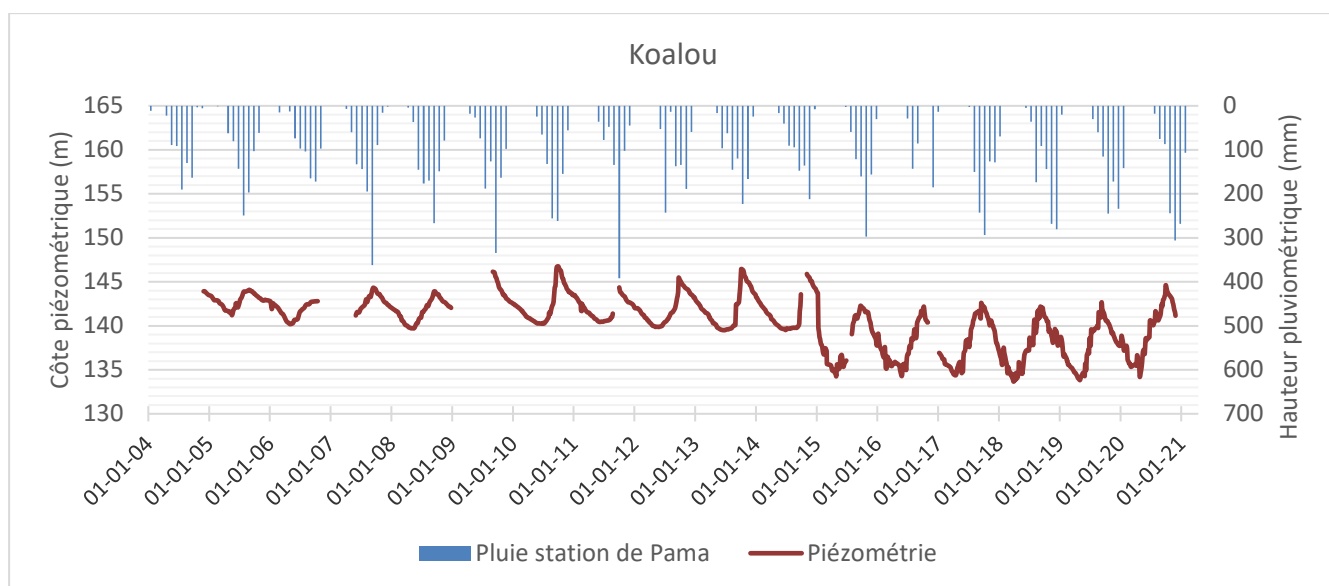


Figure 50 : Chroniques du niveau statique dans le piézomètre de Koalou, et de la pluviométrie mensuelle

La Figure 51 illustre également les fluctuations de la piézométrie observées de 2004 à 2020, mais avec la pluviométrie annuelle associée à la période de mesures de niveaux de nappe.

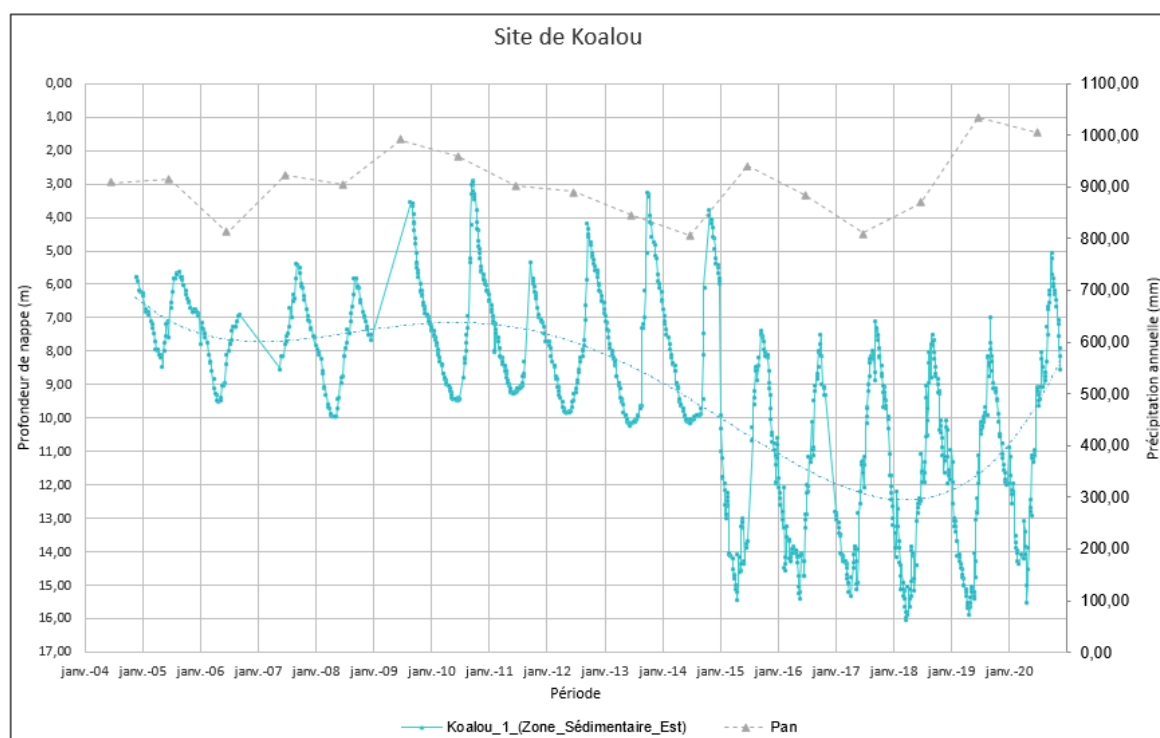


Figure 51 : Chroniques du niveau statique dans le piézomètre de Koalou et courbe de tendance polynomiale, et pluviométrie annuelle

Les chroniques de mesure de la piézométrie de Koalou ont été très régulières depuis 2004, avec uniquement deux périodes de courtes lacunes à savoir de septembre 2006 à juin 2007 (10 mois) et de janvier à août 2009 (8 mois). Au total, environ 1.200 mesures sont disponibles de 2004 à 2020, soit en moyenne 6 mesures par mois sur la période.

Sur le plan climatique, le piézomètre se trouve dans la zone soudano-sahélienne, avec une pluviométrie annuelle moyenne de l'ordre de 920 mm.

Le comportement général de la nappe concernée par le piézomètre de Koalou a peu évolué de 2004 à 2014, avec des niveaux statiques moyens de 6 à 8 m de profondeur et un niveau statique maximum de 10 m.

A partir de janvier 2015, le niveau de la nappe a brutalement baissé de 4 m environ, puis a connu une pseudo stabilisation jusqu'en 2020. Cette baisse de 4 mètres reste inexpliquée, même si on peut observer d'un point de vue climatique que l'année 2015 succède à 5 années consécutives de baisse de la pluviométrie. La courbe de tendance polynomiale de la piézométrie semble relativement corrélée à la pluviométrie, sans pour autant que cela soit nécessairement consistant.

La variabilité saisonnière est très marquée avec des fluctuations d'une amplitude de l'ordre de 3 m à 4 m entre 2005 et 2009, 4 m à 7 m entre 2010 et 2015 m et une augmentation des fluctuations qui passent de 8 m à 10 m entre 2015 et 2020.

L'amplitude totale maximale, sur la période 2004-2020, est de 13 mètres (les niveaux minimums et maximums étant respectivement de 3 et 16 mètres).

Le comportement de la nappe, caractérisée par des profondeurs de nappe faibles et par de fortes variations saisonnières et interannuelles, sont caractéristiques des aquifères de nappe libre.

On note une réaction positive et immédiate du niveau piézométrique par rapport à la pluie. Le niveau de nappe remonte en effet dès les premières pluies, et entame sa descente dès la fin de la saison des pluies. Ainsi, la période de remontée de la nappe s'étend globalement de fin mai à fin septembre.

Le Tableau 25 ci-après reprend les statistiques annuelles principales relatives aux niveaux de nappe. On observe que la variation saisonnière est de plus en plus importante.

Tableau 25 : Statistiques annuelles de la piézométrie à Koalou

Année	Moyenne	Min	Max	Variation saisonnière	Écart-type	Coef Variation
2020	10,1	5,1	15,5	10,4	2,9	29 %
2019	12,1	7,0	15,9	8,9	2,5	21 %
2018	12,1	7,5	16,0	8,5	2,5	20 %
2017	11,4	7,1	15,3	8,2	2,6	23 %
2016	12,2	7,5	15,4	7,9	2,3	19 %
2015	11,3	5,8	15,5	9,6	2,7	24 %
2014	8,2	3,8	10,2	6,4	2,0	25 %
2013	8,1	3,2	10,2	7,0	2,1	25 %
2012	7,7	4,2	9,8	5,6	1,8	23 %
2011	7,9	5,3	9,3	3,9	1,1	14 %
2010	7,2	2,9	9,5	6,5	2,0	28 %
2009	5,6	3,6	7,1	3,6	1,2	21 %
2008	8,0	5,8	10,0	4,2	1,3	16 %
2007	6,9	5,4	8,5	3,1	0,9	13 %
2006	8,1	6,9	9,5	2,6	0,9	11 %
2005	6,8	5,6	8,5	2,9	0,8	11 %
2004	5,9	5,8	6,2	0,4	0,2	3 %

M.1.2.2. Piézomètre de Konkianga

La Figure 52 illustre les fluctuations de la piézométrie observées de 2004 à 2020 dans le piézomètre de Konkianga, implanté dans les formations calcaires du groupe de la Pendjari. La figure reprend également la pluviométrie mensuelle associée à la période de mesures de niveaux de nappe.

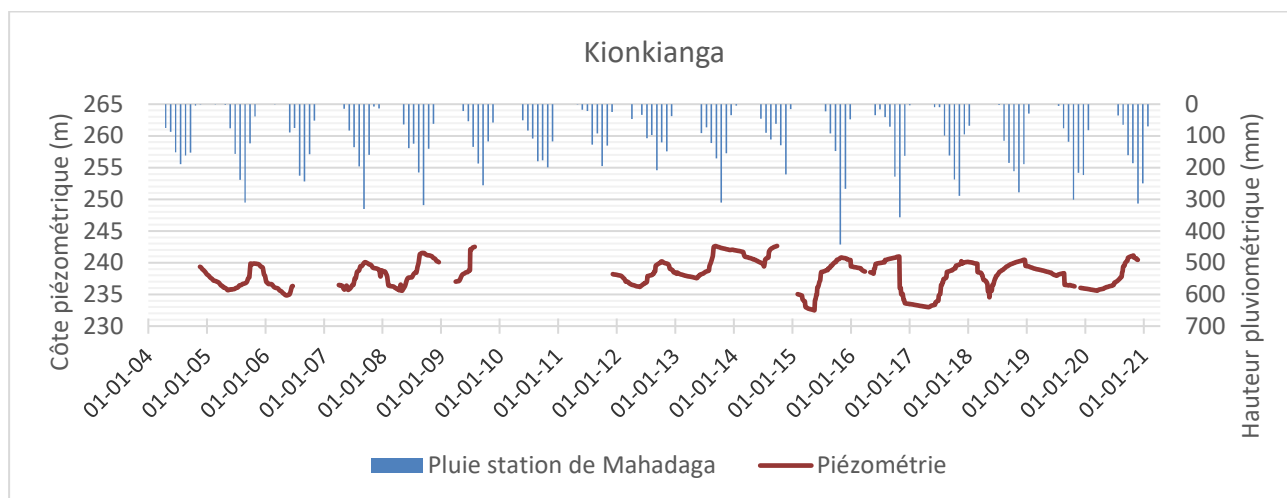


Figure 52 : Variations du niveau statique dans le piézomètre de Konkianga

La Figure 53 illustre également les fluctuations de la piézométrie observées de 2004 à 2020, mais avec la pluviométrie annuelle associée à la période de mesures de niveaux de nappe.

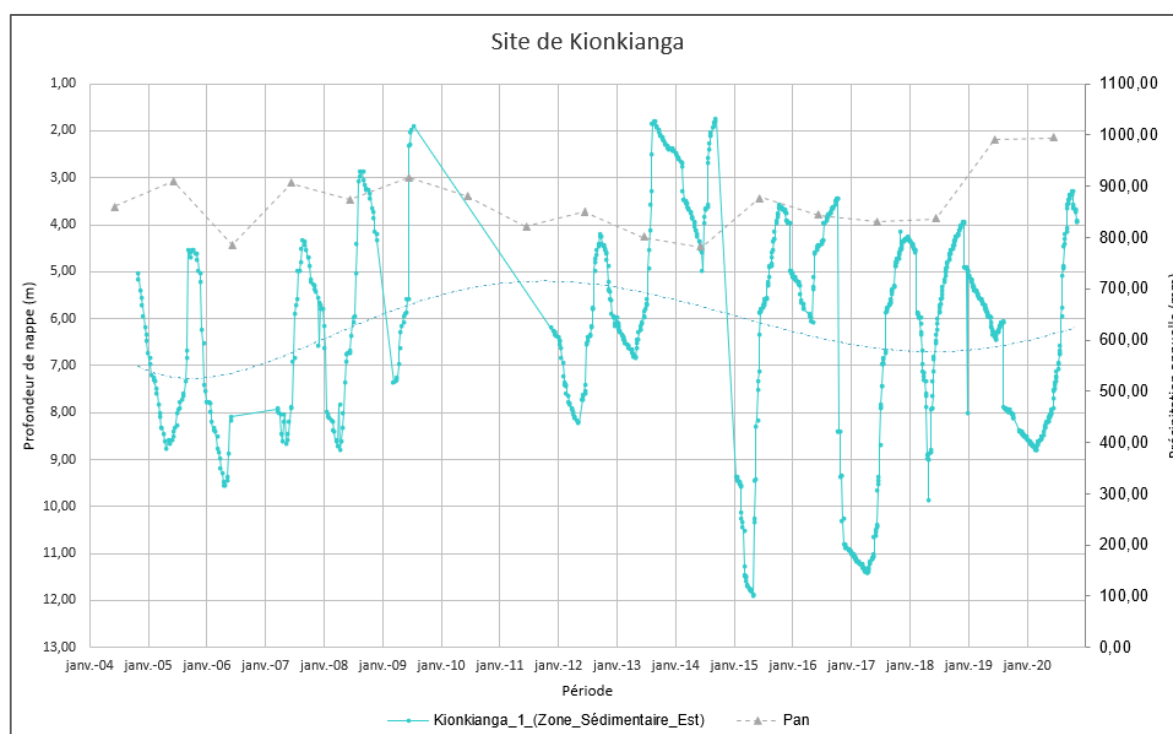


Figure 53 : Chroniques du niveau statique dans le piézomètre de Konkianga et courbe de tendance polynomiale, et pluviométrie annuelle

Les chroniques de mesure de la piézométrie de Konkianga ont été relativement régulières depuis 2004, avec des lacunes notamment entre 2006 et 2007, le premier semestre de 2009, entre 2009 et 2011 et pendant le

deuxième semestre de 2014. Au total, environ 1.100 mesures sont disponibles de 2004 à 2020, soit en moyenne environ 6 mesures par mois sur la période.

Sur le plan climatique, le piézomètre se trouve dans la zone soudano-sahélienne, avec une pluviométrie annuelle moyenne de l'ordre de 860 mm.

Le comportement général de la nappe concernée par le piézomètre de Kionkianga a peu évolué de 2004 à 2013, avec des niveaux statiques moyens de 5 à 8 m de profondeur et un niveau statique maximum de 9,6 m.

En 2014, le niveau a augmenté de 2 m en moyenne par rapport aux années précédentes pour chuter début 2015 de 7 m par rapport à fin 2014. La chute brutale de niveau, observée début 2015, est très similaire à celle observée au niveau du piézomètre de Koalou. À partir de 2015 et jusqu'à fin 2020, les niveaux annuels moyens restent relativement stables, également de manière similaire au piézomètre de Koalou.

La variabilité saisonnière est très marquée, avec une fluctuation moyenne de l'ordre de 5,2 m (minimum de 2,2 m en 2006 et maximum de 7,5 m en 2016, en ne considérant que les années avec suffisamment de mesures).

L'amplitude totale maximale, sur la période 2004-2020, est de 10 mètres (les niveaux minimums et maximums étant respectivement de 1,8 et 11,9 mètres).

Le comportement de la nappe, caractérisée par des profondeurs de nappe faibles et par de fortes variations saisonnières et interannuelles, sont caractéristiques des aquifères de nappe libre.

On note une réaction positive et immédiate du niveau piézométrique par rapport à la pluie. Le niveau de nappe remonte en effet dès les premières pluies, et entame sa descente dès la fin de la saison des pluies. Ainsi, la période de remontée de la nappe s'étend globalement de fin mai à mi-octobre.

Le Tableau 26 ci-après reprend les statistiques annuelles principales relatives aux niveaux de nappe.

Tableau 26 : Statistiques annuelles de la piézométrie à Konkianga

Année	Moyenne	Min	Max	Variation saisonnière	Écart-type	Coef Variation
2020	6,9	3,3	8,8	5,5	2,1	30 %
2019	6,4	4,9	8,5	3,5	1,2	18 %
2018	5,6	3,9	9,9	5,9	1,5	26 %
2017	8,3	4,2	11,4	7,3	2,9	35 %
2016	5,6	3,4	10,9	7,5	2,2	40 %
2015	7,0	3,6	11,9	8,3	3,1	44 %
2014	3,3	1,8	5,0	3,2	0,9	27 %
2013	5,0	1,8	6,8	5,1	1,9	38 %
2012	6,3	4,2	8,2	4,0	1,3	21 %
2011	6,3	6,2	6,3	0,1	0,0	1 %
2009	5,3	1,9	7,4	5,5	2,1	39 %
2008	5,9	2,9	8,8	5,9	2,1	36 %
2007	6,4	4,3	8,7	4,3	1,6	24 %
2006	8,5	7,4	9,6	2,2	0,7	8 %
2005	7,0	4,5	8,8	4,2	1,4	20 %
2004	5,6	5,0	6,2	1,2	0,4	7 %

N. INVENTAIRE DES SOURCES NATURELLES

L'inventaire des sources d'eau de l'espace de gestion de l'AEG en 2016 a permis de répertorier dix-sept (17) sources naturelles d'eau se trouvant dans la zone sédimentaire Est.

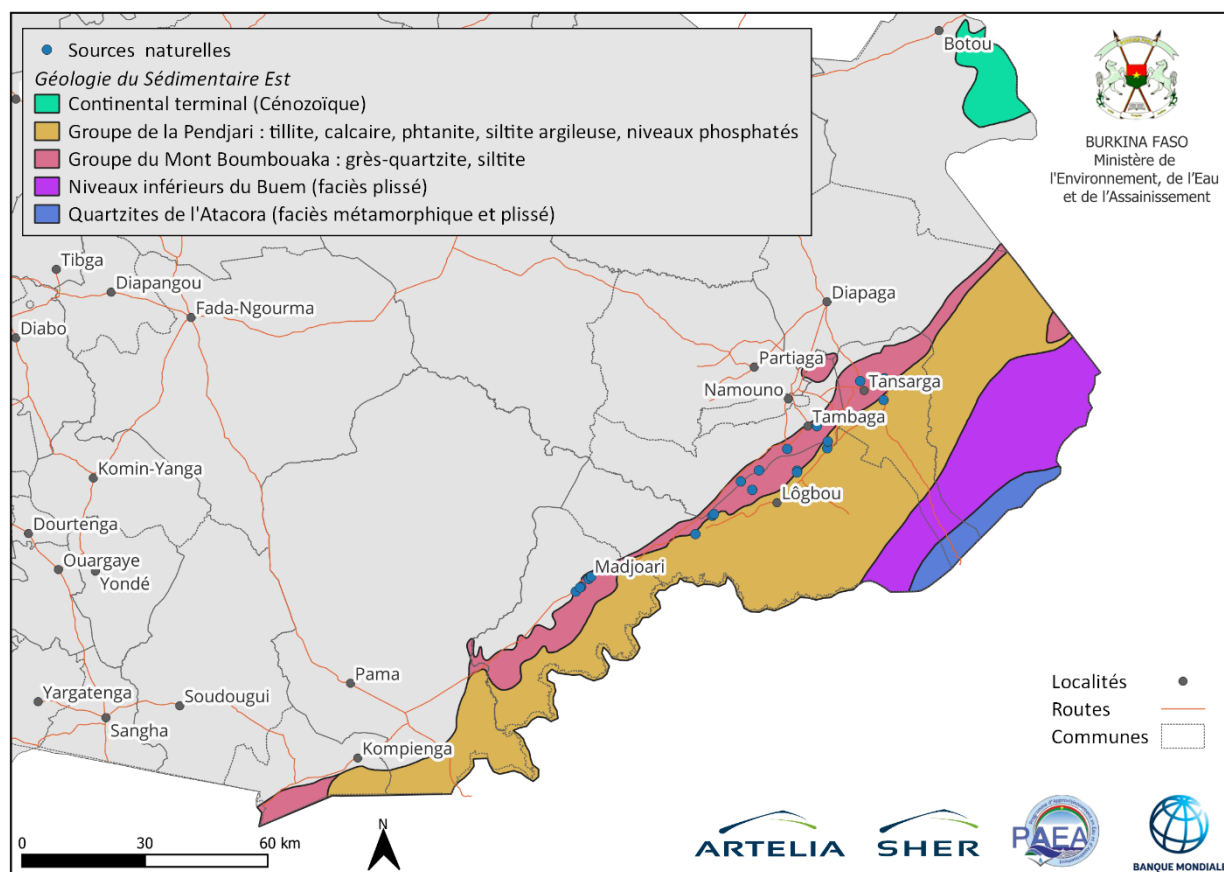
Comme présenté sur la Figure 54, la majorité de ces sources se localisent au niveau de la chaîne du Gobnangou dans la région de l'Est. Ces sources représentent des émergences naturelles des nappes contenues dans l'unité hydrogéologique du Mont Boumbouaka, à la faveur de niveaux moins perméables.

Les sources d'eau sont exploitées pour des usages multiples tels que la consommation humaine, la petite agriculture, l'abreuvement du bétail et autres usages domestiques.

La majorité des sources sont pérennes, avec une baisse de débit en période d'étiage (Kaboré et al., 2016).

Tableau 27 : Inventaire des sources du sédimentaire de l'Est (AEG)

Province	Commune	Localité	Nom	X (UTM30N)	Y (UTM30N)
Tapoa	Logobou	Nagaré	Koudi	349112	1289400
Tapoa	Tambaga	Saborga		346367	1291524
Tapoa	Logobou	Kindi-Kombou 2	Odondo	360177	1293861
Tapoa	Logobou	Kindi-Kombou 1	Kiyidibagou	360133	1293449
Tapoa	Logobou	diabonli	Pada tan koagou	339229	1283304
Tapoa	Logobou	Naponkoré		367630	1299164
Tapoa	Logobou	Diabonli	Panpaguini	339625	1283677
Tapoa	Logobou	Arly	Talouana	335013	1278899
Tapoa	Logobou	Naponkoré	Boundi	367804	1300817
Tapoa	Tambaga	Tambaga	Tambaga	365211	1304610
Tapoa	Tambaga	Yobri		357873	1299199
Tapoa	Tambaga	Yirini		350877	1294120
Tapoa	Tansarga	Tansarga	Poundougou	376037	1315360
Tapoa	Tansarga	Kotchari	Kotchari Poundougou	381634	1310637
Tapoa	Tansarga	Tambouli	Tambouli	381969	1315907
Kompienga	Madjoari	Tambarga	Bahlé	305494	1265493
Kompienga	Madjoari	Tambarga	Arlemkianga	306860	1266637
Kompienga	Madjoari	Tambarga	Arlembiga	306571	1266469
Kompienga	Madjoari	Madjoari	Konini	308690	1268509
Kompienga	Madjoari	Madjoari	Tatianga	309320	1269025



Source de données : BNDT 2015, BUMIGEB 2003, DGRE 2021, ARTELIA/SHER 2022

Figure 54. Sources naturelles dans le sédimentaire Est

O. ÉVALUATION DE LA RECHARGE DES AQUIFÈRES

O.1. Méthodes utilisées d'évaluation de la recharge

Compte tenu de la nature des données disponibles pouvant être capitalisées à cette fin, l'évaluation de la recharge des aquifères du sédimentaire de l'Est est réalisée d'une part par la méthode bilantaire spatialisée, et d'autre part par la méthode de cubatures des variations piézométriques.

Les résultats sont présentés ci-après.

O.2. Évaluation par approche bilantaire spatialisée

O.2.1. Méthodologie de l'approche bilantaire spatialisée

L'approche bilantaire spatialisée consiste à évaluer la recharge sur base du bilan hydrologique.

Le principe du bilan hydrologique pour un intervalle de temps donné repose sur la distribution de la pluie (Précipitations : P) en différents paramètres hydro-climatiques : l'évapotranspiration (ETR), le ruissellement (R), la recharge des nappes ou l'infiltration efficace (I) et le stockage d'eau dans le sol (ΔS).

Le schéma conceptuel du bilan hydrologique pour un calcul au pas de temps mensuel se traduit par la relation

$$P = ETR + R + I \pm \Delta S$$

Avec

P : précipitation (mm),

ETR : évapotranspiration réelle (mm),
R : écoulement de surface (mm),
I : infiltration profonde ou recharge (mm),
 ΔS : variation du stock d'eau dans le sol (mm).

Les différents termes de cette équation sont quantifiés afin de pouvoir estimer la recharge.

L'évaluation de la recharge a été réalisée de manière spatialisée, c'est-à-dire en utilisant des paramètres distribués spatialement sur l'ensemble de la zone d'étude, à partir des données climatiques globales (FLDAS, WorldClim, TerraClimate, CHIRPS, FAO WaterPortal, etc.) et des données de classification de sols HWSD de la FAO (pour le calcul distribué de la RFU).

Les données hydro-climatiques collectées et traitées (principalement par QGIS et par Google Earth Engine) s'étendent sur une période de 30 années, allant de 1991 à 2020. Le pas de temps du traitement et du calcul de la recharge est mensuel.

Les méthodes spatialisées utilisées pour le calcul de l'ETP et/ou de l'ETR sont Thornthwaite, Turc, Caprio, FLDAS, Penman, et Penman-FAO. Différents résultats de calculs de la recharge sont donc obtenus, en fonction des différentes méthodes de calcul de l'ETP/ETR.

Les calculs d'ETR à partir de l'ETP sont réalisés par la méthode de bilan simplifié de Thornthwaite, au pas de temps mensuel sur une période continue de 30 années, de manière spatialisée. Les valeurs de RFU sont distribuées spatialement selon le type de sol, en utilisant la carte des sols HWSD de la FAO et la classification associée de RU/RFU.

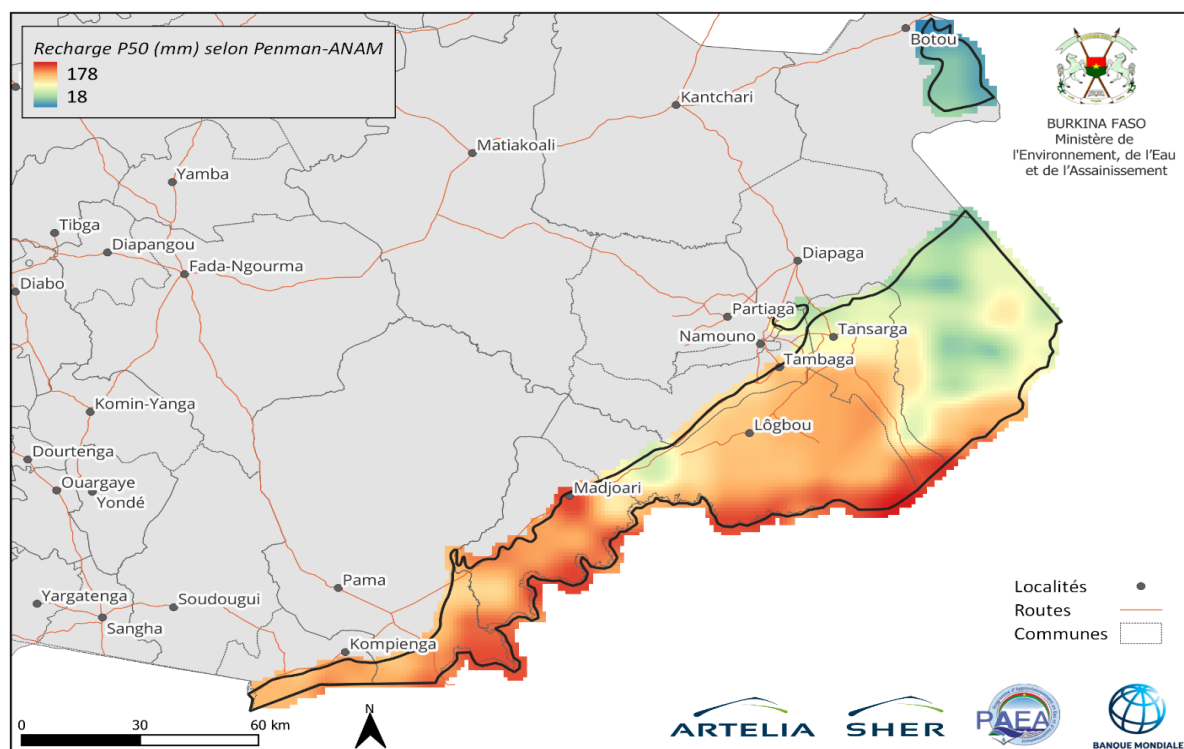
La distribution de l'Eau Utile entre le Ruissellement et l'Infiltration est réalisée à partir de données globales de ruissellement FLDAS (faisant intervenir la pente, le type de sols, l'occupation du sol, et la pluie), lesquelles ont été calées et validées sur base des données de coefficients de ruissellement disponibles pour une série de sous-bassins du Burkina Faso.

Les calculs réalisés permettent l'estimation de l'Eau Utile (pluie efficace) et de la Recharge de manière mensuelle et annuelle, sur la période 1991-2020. Les résultats sont fournis sous forme de rasters, ainsi que de statistiques zonales dérivées. À partir de ces résultats sur la période de 30 années, des statistiques sont générées (P10, P50, P90) et des moyennes interannuelles sont calculées (1991-2020, 2011-2020, etc.).

O.2.2. Principaux résultats obtenus

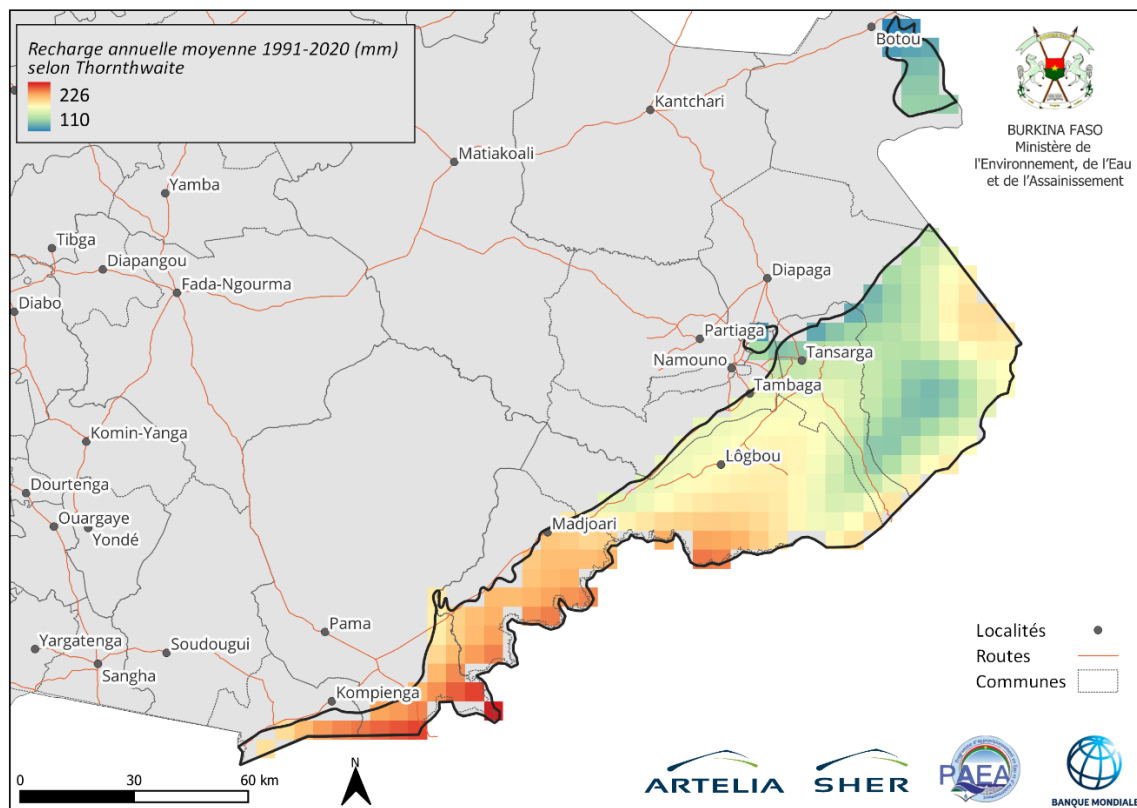
Les principaux résultats obtenus par l'approche bilantaire spatialisée sont repris ci-après à titre d'illustration et de synthèse. Les résultats complets sont mis à disposition sous format numérique (fichiers raster, et statistiques zonales complètes sous format Excel).

Les cartes reprises ci-après illustrent la distribution spatiale de la recharge d'une part selon la méthode de Penman-ANAM (année P50 de la période 1991-2020), et d'autre part selon la méthode de Thornthwaite (moyenne 2011-2020).



Source de données : BNDT 2015, BUMIGEB 2003, ANAM 2021, ARTELIA/SHER 2022

Figure 55 : Répartition spatiale de la recharge selon l'ETP Penman (ANAM) dans le sédimentaire Est



Source de données : BNDT 2015, BUMIGEB 2003, ANAM 2021, ARTELIA/SHER 2022

Figure 56 : Répartition spatiale de la recharge selon l'ETP Thornthwaite dans le sédimentaire Est

L'évaluation selon la méthode Penman-ANAM indique des valeurs de recharge annuelle (année P50) variant spatialement entre 45 et 178 mm sur le sédimentaire Est.

L'évaluation selon la méthode Thornthwaite indique des valeurs de recharge annuelle (moyenne 2011-2020) variant spatialement entre 110 et 226 mm sur le sédimentaire Est.

Le graphique repris ci-après illustre les valeurs annuelles de recharge sur la période 1991-2020, pour chaque méthode d'évaluation.

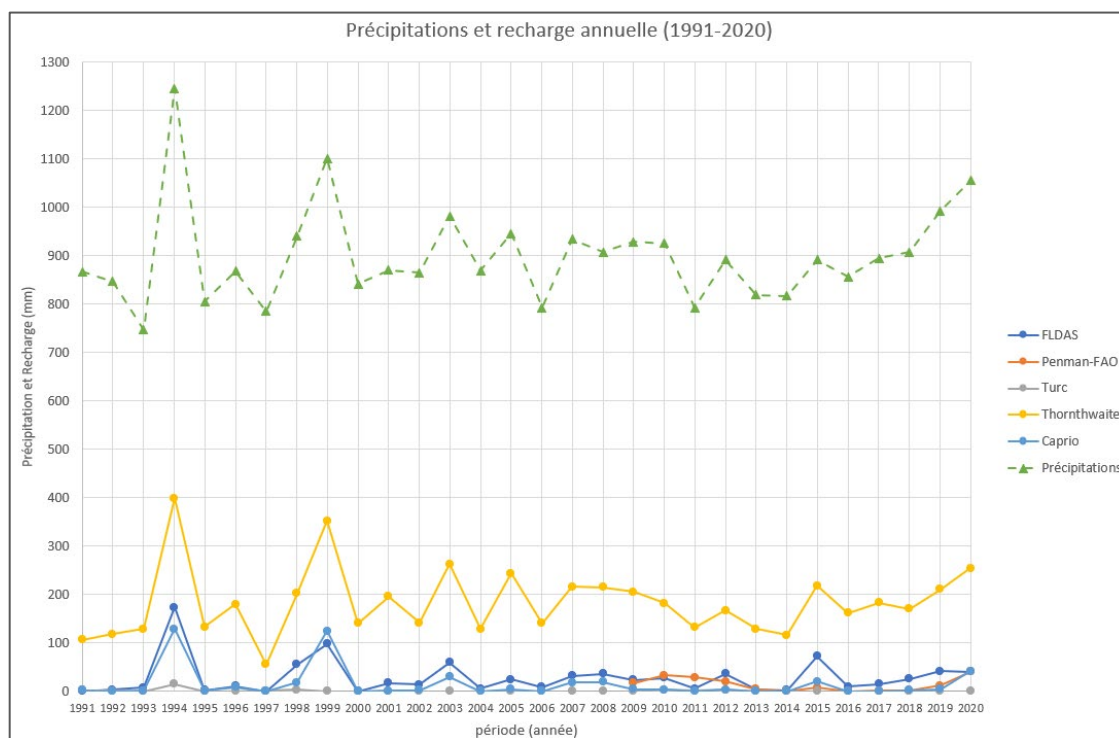


Figure 57 : Chroniques des valeurs annuelles de recharge et de précipitation sur le sédimentaire Est (période 1991-2020)

Le Tableau 28 ci-après présente la synthèse des évaluations de recharge annuelle par approche bilantaire sur le sédimentaire Est sur la période 1991-2020, pour les années P10, P50 et P90.

Tableau 28 : Synthèse des évaluations de recharge par approche bilantaire sur le sédimentaire Est (période 1991-2020)

Paramètre	P10 (mm)	P50 (mm)	P90 (mm)
Précipitation	793	881	999
Recharge selon Turc	0	0	3
Recharge selon Caprio	0	2,5	31
Recharge selon FLDAS	2	16	61
Recharge selon Thornthwaite	118	175	256
Recharge selon Penman-FAO	0,5	10	33
Recharge selon Penman-ANAM	33	108	126

La distribution intra-annuelle (saisonnière) de recharge calculée selon les méthodes Thornthwaite et Penman-ANAM indique que les mois de recharge sont les mois d'août et de septembre. Les précipitations de mai juin et juillet sont en effet, selon cette approche bilantaire, entièrement consommées par l'ETR et par la reconstitution du stock en eau du sol jusqu'à sa valeur maximale (laquelle est atteinte à partir de fin juillet).

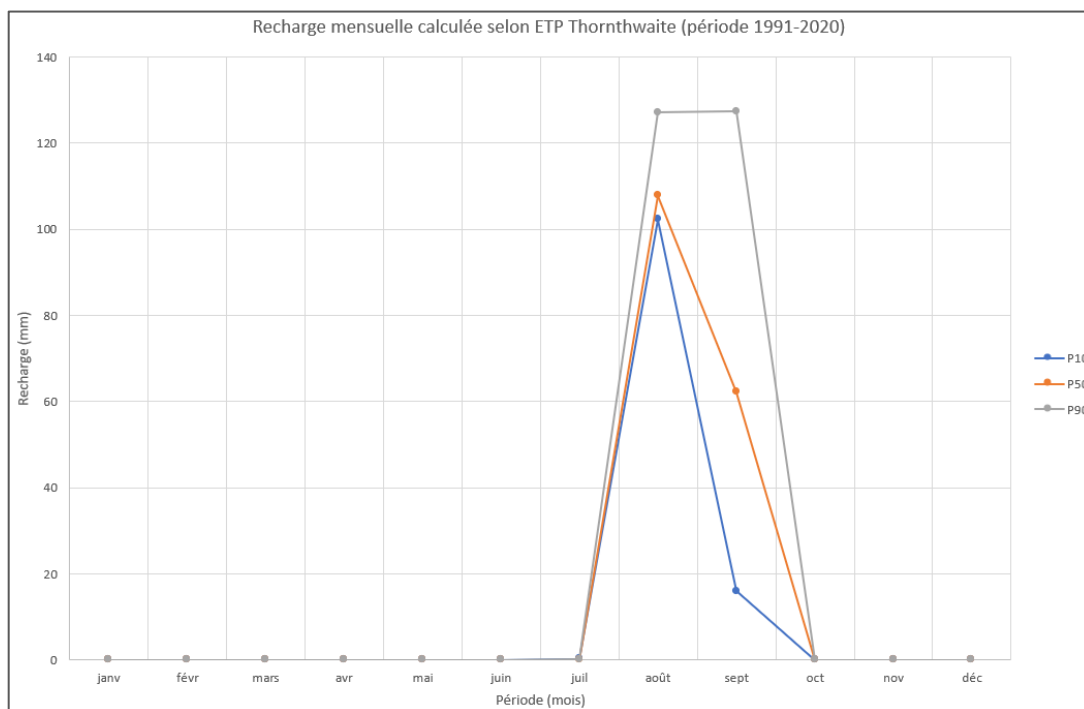


Figure 58 : Recharge mensuelle selon Thornthwaite (années P10, P50, P90)

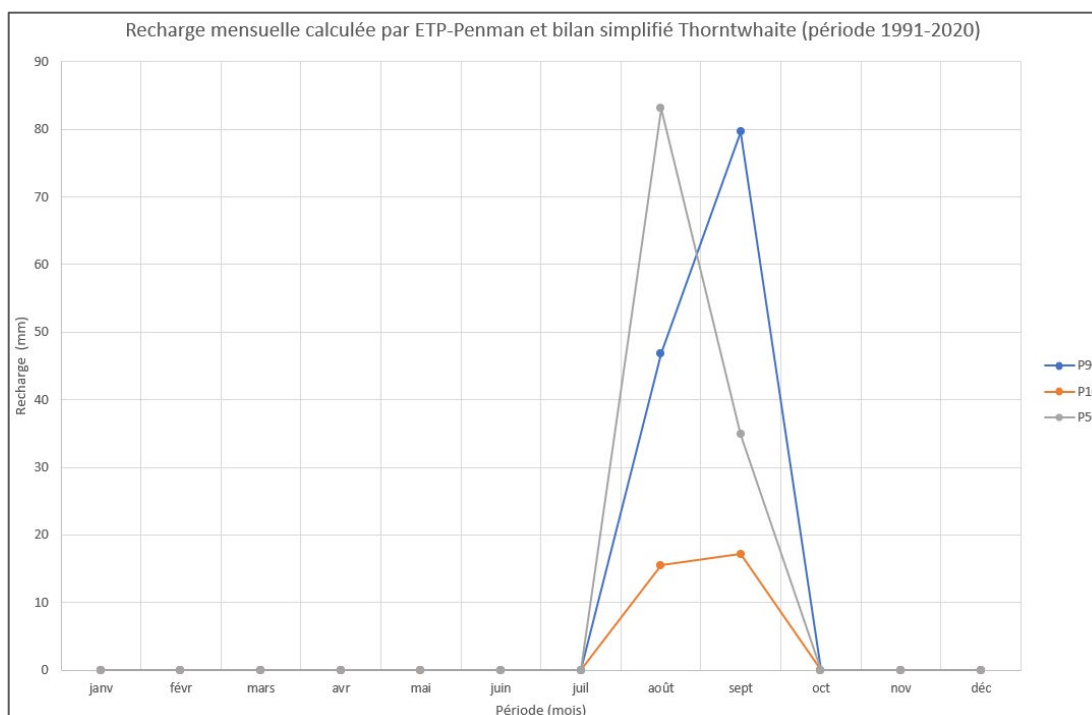


Figure 59 : Recharge mensuelle selon Penman-ANAM (années P10, P50, P90)

O.3. Évaluation par cubatures des variations piézométriques

O.3.1. Méthode des cubatures de variations piézométriques

La méthode de cubatures des fluctuations de la nappe est l'une des plus utilisées pour l'estimation de la recharge des nappes, sur une grande variété de conditions climatiques. C'est une méthode qui est basée sur la variation du niveau piézométrique dans le temps, et sur la porosité efficace (ou de drainage) de l'aquifère (Obuobie et al. 2012). Le taux de recharge peut être estimé comme étant le produit de la variation positive du niveau de l'eau et la porosité efficace (de drainage) de l'aquifère. Selon (Obuobie et al. 2012), il y a deux hypothèses majeures inhérentes à cette technique :

- La fluctuation de la nappe phréatique dans les aquifères peu profonds non confinés est due uniquement à la recharge et l'évacuation des eaux souterraines ;
- La porosité de drainage de l'aquifère est connue et constante dans la période de fluctuation de la nappe phréatique ;

La porosité de drainage est un paramètre intrinsèque aux propriétés de l'aquifère. Par manque d'études spécifiques disponibles pour déterminer ce paramètre dans la zone sédimentaire Est, les résultats des travaux de Gombert (1998) sur le bassin sédimentaire de Taoudeni dans le cadre du programme RESO ont été considérés pour l'estimation de la recharge. Il s'agit des valeurs minimale, maximale et moyenne de porosité de drainage qui sont respectivement de 2 %, 5 % et 3,5 %. Ces valeurs concordent également avec les études réalisées par Sandwidi (2007) dans le bassin versant de la Kompienga dont l'aquifère est constitué essentiellement de Siltstones et grès ou schiste de la Pendjari et de silexites et siltstones argileuses du mont Boumbouaka.

O.3.2. Résultats obtenus

La fluctuation piézométrique a été calculée à partir des deux piézomètres du réseau de suivi de la DEIE, dont les chroniques vont de 2004 à 2020 (avec des lacunes sur quelques années).

O.3.2.1. Piézomètre de Koalou

Le Tableau 29 ci-après reprend les statistiques d'évaluation de recharge pour le piézomètre de Koalou.

Tableau 29 : Statistiques de la recharge du piézomètre de Koalou

Statistiques		Minimum	Maximum	Moyenne
Pluie station de Pama (mm)		456	1106	887
Porosité de drainage 2 %	Recharge (mm)	9	167	98
	Recharge en % de pluie	2 %	15 %	11 %
Porosité de drainage 3,5 %	Recharge (mm)	16	293	172
	Recharge en % de pluie	4 %	26 %	19 %
Porosité de drainage 5 %	Recharge (mm)	23	419	246
	Recharge en % de pluie	5 %	38 %	28 %

Pour une porosité de drainage de 3,5%, la recharge annuelle moyenne sur la période 2004-2020 est de 172 mm.

La faible recharge a été identifiée en 2011, année déficitaire, tandis que la plus grande recharge a été enregistrée en 2020 (Figure 60) qui est une année de forte pluviométrie (1106 mm). Ce constat permet de confirmer que la recharge est influencée par la pluviométrie dans la formation de Pendjari concernée par le piézomètre de Koalou.

Une analyse des débuts des premières pluies et du début des recharges (point le plus bas de la courbe de variation piézométrique) montre que les premières pluies commencent en avril-mai et le début des recharges entre juillet et août (Figure 50), ce qui correspond en moyenne à 2-3 mois de temps de réponse pour la recharge. Ce temps de réponse, similaire à celui observé par approche bilantaire, correspond à la consommation des précipitations pour l'ETR et pour la reconstitution du stock en eau du sol jusqu'à sa valeur maximale.

La recharge du piézomètre de Koalou représente 4 % à 26 % de la pluie annuelle, avec une moyenne de 19 %.

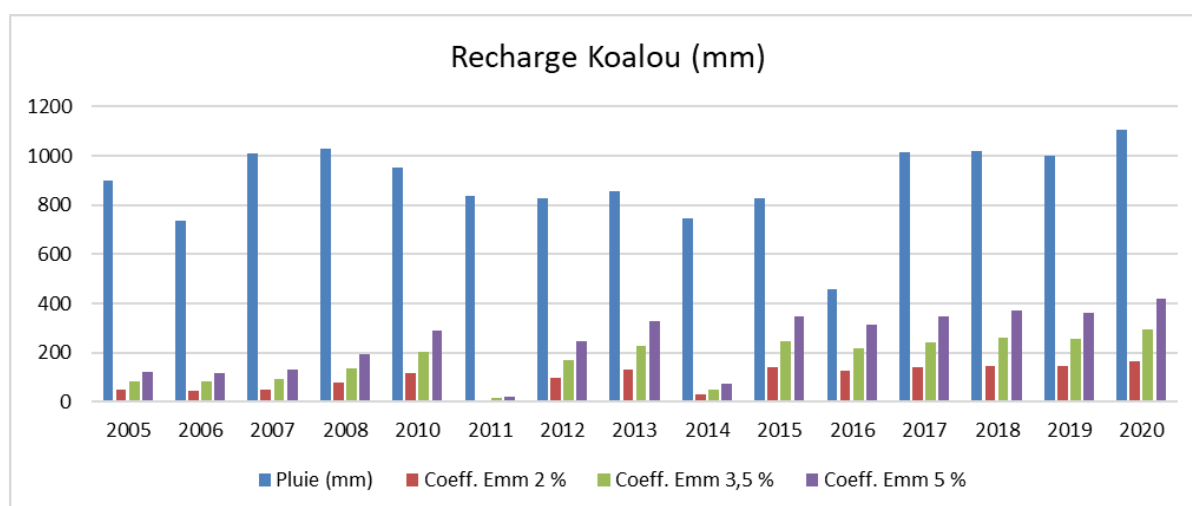


Figure 60 : Évolution de la recharge annuelle dans le piézomètre de Koalou

O.3.2.2. Piézomètre de Kionkianga

Le Tableau 30 ci-après reprend les statistiques d'évaluation de recharge pour le piézomètre de Kionkianga.

Tableau 30 : Statistiques de la recharge dans le piézomètre de Kionkianga

Statistiques		Minimum	Maximum	Moyenne
Pluie station de Mahadaga (mm)		676	1082	942
Porosité de drainage 2 %	Recharge (mm)	0,45	160	88
	Recharge en % de pluie	0,07 %	15 %	9 %
Porosité de drainage 3,5 %	Recharge (mm)	0,80	280	154
	Recharge en % de pluie	0,12 %	26 %	16 %
Porosité de drainage 5 %	Recharge (mm)	1,14	400	220
	Recharge en % de pluie	0,17 %	37 %	23 %

Pour une porosité de drainage de 3,5%, la recharge annuelle moyenne sur la période 2004-2020 est de 154 mm.

L'analyse des périodes de premières pluies et des débuts de recharge (point le plus bas de la courbe de variation piézométrique) montre que les pluies commencent en avril-mai tandis que les recharges commencent entre juin et juillet (Figure 52) soit environ 2-3 mois d'intervalle en moyenne. Ce temps de réponse, similaire à celui observé par approche bilantaire, correspond à la consommation des précipitations pour l'ETR et pour la reconstitution du stock en eau du sol jusqu'à sa valeur maximale.

La recharge du piézomètre de Kionkianga représente 1 % à 26 % de la pluie annuelle, avec une moyenne de 16 %. Cette valeur est relativement similaire à celle observée sur le piézomètre de Koalou.

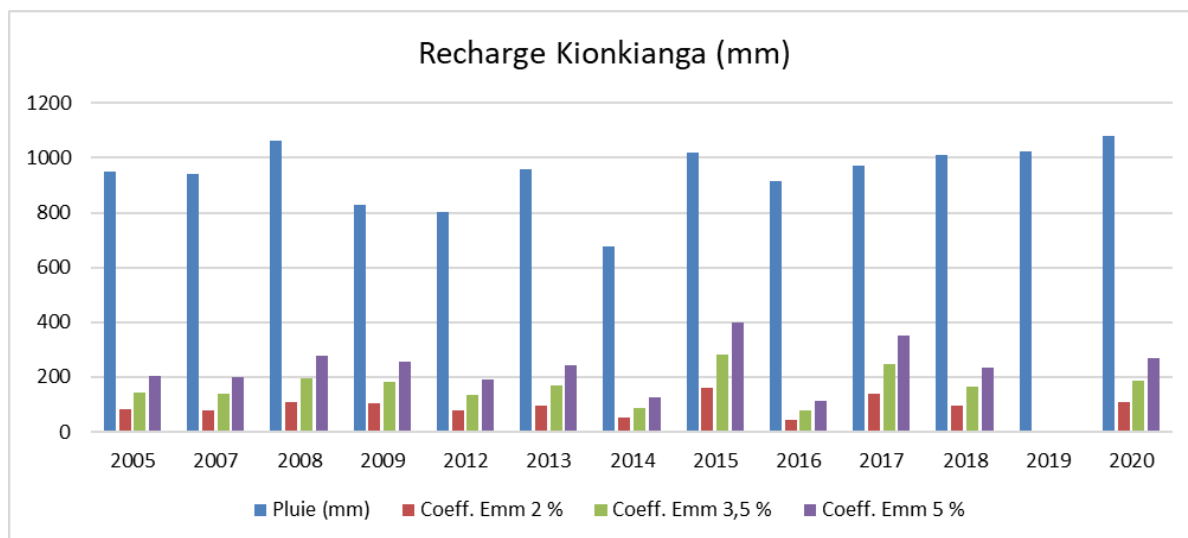


Figure 61 : Évolution de la recharge annuelle du piézomètre de Kionkianga

O.4. Synthèse des évaluations de la recharge

Les évaluations effectuées par la méthode bilantaire spatialisée et par la méthode des cubatures de variations piézométriques permettent de quantifier la recharge annuelle, et sa distribution mensuelle au cours de l'année.

Sur base des fluctuations saisonnières des niveaux de nappe des deux piézomètres du bassin, la méthode des cubatures a permis d'estimer la recharge annuelle moyenne à environ 150 à 170 mm, soit environ 15% des précipitations de l'année. Ces valeurs semblent réalistes, et le comportement typiquement saisonnier de la nappe dans ces deux piézomètres (caractérisé par des cycles relativement réguliers de remontée et de récession) est un indicateur objectif du mécanisme de recharge.

Sur base de ces valeurs annuelles déduites de la méthode des cubatures, il est estimé que les résultats de l'approche bilantaire spatialisée les plus pertinents sont ceux correspondant (i) à la méthode de Thornthwaite et (ii) à la méthode Penman-ANAM. Ces deux méthodes reposent sur une évaluation mensuelle de la recharge faisant intervenir le calcul de l'ETR à partir de l'ETP, lequel repose sur la variation de stock d'eau du sol et sur la fixation spatialement distribuée de la RFU en fonction du type de sol. Ces deux méthodes reposant sur l'approche bilantaire spatialisée indiquent une recharge annuelle moyenne comprise entre 110 et 175 mm (soit 12 à 18 % des précipitations), c'est-à-dire des valeurs assez similaires à celles obtenues par la méthode des cubatures de variations piézométriques.

Sur le plan de la distribution mensuelle de la recharge, tant l'approche bilantaire spatialisée que la méthode des cubatures de variations piézométriques indiquent une recharge effective démarant en juillet et intervenant principalement durant les mois d'août et de septembre, pour se terminer fin septembre.

On notera également, tant pour l'approche bilantaire spatialisée que pour la méthode des cubatures de variations piézométriques, une très forte variation interannuelle (avec à titre indicatif des valeurs comprises, selon les années, entre 20 et 300 mm).

La forte variabilité de la recharge d'une année à l'autre, résultant essentiellement du régime pluviométrique rencontré dans l'année considérée (quantité de précipitations, distribution temporelle et intensité des

précipitations), implique qu'une estimation de la recharge qui serait basée sur une seule année, ou sur un nombre réduit d'années, aura très peu de représentativité. Il est donc recommandé, pour l'estimation de la recharge, de prendre en considération un nombre élevé d'années pour en déduire de manière pertinente des valeurs moyennes et une évaluation consolidée de la variabilité interannuelle.

P. EXPLOITATION DES EAUX SOUTERRAINES

P.1. Demande en eau et usages des eaux souterraines

Les usages et la demande en eau de la zone sédimentaire de l'Est du Burkina Faso sont très peu documentés.

Les données existantes sur les usages et demandes en eau sont à l'échelle de la région de l'Est (dont le sédimentaire Est ne représente que 14 %) ou à l'échelle de l'espace de gestion de l'Agence de l'Eau du Gourma (dont le sédimentaire Est ne représente que 13 %).

P.2. Demande en eau pour la consommation humaine

La densité de population relativement faible de la zone couverte par le sédimentaire de l'Est (33 hab./km² en 2019, soit moins de la moitié de la moyenne nationale), et l'absence de grandes villes dans (et à proximité de) cette zone, limitent la demande en eau pour la consommation humaine au domaine de l'hydraulique rurale.

Les infrastructures d'approvisionnement en eau potable de la population dans la zone du sédimentaire de l'Est sont donc principalement les forages équipés de pompes à motricité humaine, et les AEPS.

Aucun centre ONEA n'est présent dans la zone du sédimentaire de l'Est. Le centre ONEA le plus proche est celui de Kompienga, à 3 km environ de la limite de la zone sédimentaire. Il est exclusivement alimenté par les eaux de surface (barrage de la Kompienga).

Les Centres ONEA de Pama et de Diapaga, situés à respectivement 20 et 30 km au N-O de la zone sédimentaire, sont alimentés par des forages captant les aquifères du socle cristallin.

La demande en eau pour la consommation humaine des populations résidentes sur la zone sédimentaire Est a pu être estimée en réalisant des statistiques zonales sur les données issues du Recensement Général de la Population et de l'Habitation (RGPH) de 2019, ainsi que des projections effectuées aux horizons 2030 et 2050 sur base du taux d'accroissement annuel de 2.8%.

Les estimations de la demande en eau pour la consommation humaine sont repises dans le tableau ci-après, en considérant la norme de 20 L/hab./jour communément utilisée pour cette classe d'usage.

Tableau 31 : Estimation de la demande en eau pour la consommation humaine

Usage de l'eau	Demande spécifique (L/jr/Hab)	Pop. 2019	Demande 2019 (million m ³ /an)	Pop. 2030	Demande 2030 (million m ³ /an)	Pop. 2050	Demande 2050 (million m ³ /an)
Domestique	20	207.322	1,51	280.912	2,05	488.013	3,56

La demande en eau pour la consommation humaine est estimée à 1,5 million m³/an (RGPH 2019), soit 1,64 million m³ en 2022 sur base du taux d'accroissement de 2.8%. Sur base de ce même taux, la demande atteindrait 2,05 millions m³ en 2030, et 3,56 millions m³ en 2050.

Sur base de la superficie du sédimentaire de l'Est (6.365 km²), la demande en eau de 2022 représente 0.26 mm/an seulement. La demande projetée en 2050 représente 0,56 mm/an. Ces valeurs sont très largement inférieures à la recharge des aquifères du sédimentaire de l'Est, rendant la pression quantitative sur la ressource en eau souterraine extrêmement faible.

Dans les zones où l'activité pastorale sédentaire est importante, ce qui est le cas de la zone du sédimentaire de l'Est, certains auteurs considèrent une norme de 75 l/j/hab pour la satisfaction des besoins en eau globaux (domestiques et bétail familial). Selon cette hypothèse, la demande globale (domestique et bétail) atteindrait 6,15 millions m³/an en 2022. Cette valeur représente 0,97 mm/an, rapportée à la superficie de la zone sédimentaire de l'est.

P.3. Demande en eau des secteurs miniers et industriels

Le tissu industriel de la zone du sédimentaire de l'Est est très faible. Il existe une usine d'égrenage de coton (SOCOMA) à Komienga d'une capacité de 50.000 tonnes, et une carrière en exploitation à Pama. Cependant, aucune donnée n'indique que les eaux souterraines du sédimentaire de l'Est sont exploitées dans le cadre de leurs activités.

Aucune exploitation industrielle ou minière susceptible de consommer des quantités significatives d'eau souterraine n'est répertoriée dans la zone du sédimentaire de l'est.

P.4. Demande en eau pour l'agriculture

Aucune donnée n'est disponible concernant la demande en eau pour l'agriculture irriguée dans la zone du sédimentaire de l'Est, ni sur l'exploitation des eaux souterraines dans cette zone à des fins d'irrigation.

Les activités agricoles semblent majoritairement être liées aux cultures pluviales, et à la valorisation des ressources en eau de surface. L'exploitation des eaux souterraines du sédimentaire de l'Est pour l'agriculture est par conséquent supposée être très faible et non-significative sur le plan quantitatif.

Q. ESTIMATION DES RÉSERVES

A ce jour, le sédimentaire de l'Est du Burkina Faso n'a pas fait l'objet d'études de recherche appliquée portant sur l'estimation des réserves (totales, exploitables et renouvelables) en eaux souterraines.

Les seules données disponibles pour la réalisation de cette évaluation sont les données issues des forages d'hydraulique villageoise, les données générales sur les aquifères et leurs propriétés hydrogéologiques, et les données hydro-climatiques dont l'estimation de la recharge.

Q.1. Réserves totales

La réserve en eau totale d'un aquifère inclut la partie très profonde mais difficilement exploitable de l'aquifère présentant de telles caractéristiques géométriques, dans l'état actuel des techniques employées, du fait de sa grande profondeur.

C'est donc une réserve d'eau comprenant toutes les eaux logées dans l'aquifère considéré, que ces eaux soient techniquement exploitables ou non. L'estimation d'une telle réserve suppose des connaissances sur l'épaisseur des aquifères et leurs caractéristiques hydrodynamiques.

Dans le cas du sédimentaire de l'Est, la profondeur totale des aquifères reste méconnue. En effet, les forages les plus profonds dépassent très rarement 80 mètres, la profondeur maximale des forages recensés étant de 100 m. De surcroît, l'absence de résultats d'essais de pompage permettant le calcul de la porosité efficace limite la possibilité d'estimation de ce paramètre.

Du fait de la méconnaissance des épaisseurs des aquifères et de la porosité des roches réservoir, l'évaluation des réserves totales du bassin sédimentaire de l'Est reste approximative. Les valeurs de porosité issues des résultats de Gombert (1998) du bassin sédimentaire de l'Ouest ont également été utilisées. Les valeurs retenues pour l'évaluation sont de 2 % (minimum), 3.5% (moyenne) et 5 % (maximum).

Quant à l'épaisseur totale de l'aquifère, bien qu'étant inconnue elle est très variable selon la localisation concernée dans le bassin sédimentaire, celui-ci s'approfondissant vers le S-E. Une profondeur plus de 1000 mètres pourrait être atteinte dans la partie burkinabè du bassin. Nous utiliserons, à titre de profondeur moyenne représentative, une valeur de 500 m sur l'ensemble de la zone du sédimentaire de l'Est.

Tableau 32 : Estimation des réserves totales en eau souterraine de la zone sédimentaire Est (Mm³ : million de mètres cubes)

Entité hydrogéologique	Épaisseur représentative moyenne (m)	Superficie (km ²)	Porosité efficace (valeurs théoriques)	Volume Total (Mm ³)
Sédimentaire de l'Est	500	6.365	0,02	63.650
			0,035	111.388
			0,05	159.125

Selon ces hypothèses conservatrices (l'épaisseur représentative du système aquifère du bassin étant vraisemblablement sous-estimée), le volume total d'eau souterraine est estimé entre 63 et 159 milliards m³, la valeur de référence étant de 111 milliards m³.

Q.1. Réserves exploitables

Les réserves en eau souterraine exploitables sont celles accessibles à plus faible profondeur par les forages réalisés dans le secteur (environ 100 m de profondeur actuellement, dans le sédimentaire de l'Est).

Une part de plus en plus importante de la réserve profonde est susceptible de devenir « facilement exploitable » (Machard, 2017), au fur et à mesure des avancées des technologies dans le domaine de la foration. Pour le sédimentaire de l'Est, au même titre que dans le bassin sédimentaire de Taoudeni à l'Ouest il est aisément concevable, d'un point de vue technique et économique, de réaliser des forages de 200 mètres de profondeur pour l'alimentation en eau potable. Nous retiendrons donc à titre d'indicateurs les valeurs de 100 m et de 200 m pour l'évaluation des réserves (facilement) exploitables.

Tableau 33 : Estimation des réserves (facilement) exploitables en eau souterraine de la zone sédimentaire Est (Mm³ : million de mètres cubes)

Entité hydrogéologique	Superficie (km ²)	Profondeur (facilement) accessible (m)	Porosité efficace (valeurs théoriques)	Volume Total (Mm ³)
Sédimentaire de l'Est	6.365	100	0,02	12.730
			0,035	22.278
			0,05	31.825
		200	0,02	25.460
			0,035	44.555
			0,05	63.650

Selon ces hypothèses, le volume d'eau souterraine (facilement) exploitable est estimé entre 13 et 63 milliards m³, la valeur de référence étant de l'ordre de 22 milliards m³ (porosité efficace de 0.035 et profondeur de 100 mètres).

Q.2. Réserves renouvelables

Les réserves renouvelables représentent la partie en eau des aquifères qui est renouvelée chaque année par infiltration des eaux de pluie vers les nappes d'eau souterraines. Ces réserves sont donc constituées par percolation des eaux de pluie après consommation par l'ETR et après comblement des réserves utiles (RU) en eau des parties supérieures des profils des sols. Ces réserves utiles sont définies comme la partie des eaux

de pluie excédentaire à l'évapotranspiration réelle et au ruissellement de surface, s'infiltrant dans le sol pour reconstituer le stock en eau de la zone non saturée.

Les réserves en eaux souterraines renouvelables qui peuvent atteindre les horizons aquifères du sédimentaire de l'Est sont estimées à partir de l'évaluation de la recharge, précédemment développée dans le présent rapport. Cette évaluation de la recharge est réalisée d'une part selon la méthode bilantaire spatialisée, et d'autre part par la méthode des cubatures de variations piézométriques.

Les valeurs moyennes représentatives de la recharge sur le sédimentaire de l'Est sont comprises, selon les estimations de recharge réalisées dans le cadre de la présente étude, entre 100 et 180 mm/an pour une année moyenne.

Tableau 34 : Réserves en eau renouvelables du sédimentaire Est (Mm³ : millions de m³)

Entité hydrogéologique	Superficie (km ²)	Recharge (mm/an)	Volume renouvelable (Mm ³)
Sédimentaire de l'Est	6.365	100	636,5
		140	891,1
		180	1.145,7

Selon ces hypothèses, le volume d'eau souterraine renouvelable est estimé entre 636 et 1.145 millions m³/an, la valeur de référence étant de l'ordre de 891 millions m³ (correspondant à une recharge annuelle de 140 mm).

On comparera ces valeurs à la demande en eau estimée précédemment, laquelle ne dépasserait pas 10 millions m³/an à l'horizon 2050.

Ces valeurs, appliquées à l'indice de stress hydrique de Falkenmark, indiquent une valeur d'indice de 4.200 m³/hab/an pour la population 2022, et de 1.800 m³/hab/an pour la population projetée en 2050. Ces valeurs demeurent supérieures à la limite de 1.700 m³/hab/an définissant le seuil de stress hydrique selon cet indice.

Il existe donc un fort potentiel d'exploitation des eaux souterraines renouvelables du sédimentaire de l'Est, qui pourrait être mis à profit tant pour le développement de l'accès à l'eau potable que pour le développement d'activités économiques (industrie, agriculture). Des opportunités de transferts d'eau en dehors de la zone sédimentaire de l'Est, pour ces usages, pourraient également être identifiées.

R. SYNTHÈSE DES POTENTIALITES AQUIFÈRES DU SÉDIMENTAIRE DE L'EST

Le bassin sédimentaire de l'Est est caractérisé par des ressources en eau souterraines rencontrées à faible profondeur (généralement moins de 10 m) et par conséquent facilement accessibles à partir d'ouvrages peu profonds (moins de 50 m en moyenne).

Les aquifères rencontrés, classés au niveau de 4 unités hydrogéologiques, sont actuellement exploités par de nombreux ouvrages (puits et forages) dont plus de 200 sont recensés et documentés. L'usage principal de ces aquifères est la consommation humaine, dans un contexte majoritairement rural.

Les aquifères les plus productifs, au sein desquels les débits observés en fin de foration sont les plus élevés, sont rencontrés au sein des unités hydrogéologiques de la Pendjari, du Mont Boumbouka et du Buem. Il s'agit donc des trois unités hydrogéologiques les plus favorables pour l'exploitation des eaux souterraines.

Les débits moyens observés sont de l'ordre de 5 m³/h (maximum 25 m³/h) pour l'unité de la Pendjari, 7,5 m³/h (maximum 23.5 m³/h) pour l'unité du Mont Boumbouka, et 7,5 m³/h (maximum 15.5 m³/h) pour l'unité du Buem.

L'unité du Continental Terminal présente des débits moyens nettement moindres ($2 \text{ m}^3/\text{h}$), tandis qu'aucun ouvrage n'est répertorié dans l'unité de l'Atacora.

Les valeurs de transmissivité calculées sur base d'essais de pompage sont de l'ordre de 4×10^{-4} (maximum 2.2×10^{-3}) pour l'unité du Mont Boumbouka, et de l'ordre de 0.9×10^{-4} (maximum 3.4×10^{-4}) pour l'unité de la Pendjari. Il s'agit des deux seules unités pour lesquelles des valeurs de transmissivité sont disponibles.

On notera que les analyses statistiques et interprétations relatives aux différents paramètres considérés dans ce rapport reposent sur un nombre parfois limité d'ouvrages, ce qui peut influencer la représentativité statistique des résultats obtenus. Il convient donc de mettre en relation les résultats obtenus avec le nombre d'ouvrages concernés, lors de toute utilisation de ces résultats.

Aucune valeur de coefficient d'emménagement n'est disponible pour les aquifères du sédimentaire de l'Est. Toutefois la configuration hydrogéologique rencontrée, dont notamment la variation saisonnière des niveaux de nappes dans les piézomètres suivis du réseau DEIE, indique que les aquifères rencontrés sont des nappes libres.

Le taux de recharge des aquifères du sédimentaire de l'Est est particulièrement favorable, avec des valeurs annuelles moyennes estimées de l'ordre de 140 mm. Les réserves renouvelables en eau souterraine sont donc très appréciables, avec un volume renouvelable estimé de l'ordre de 800 millions m^3 , ce qui permet une exploitation durable et renforcée de la ressource.

La disponibilité significative en eau souterraine renouvelable, et les propriétés hydrodynamiques relativement favorables des aquifères, permettent d'obtenir et de maintenir durablement des débits d'exploitation de l'ordre de 5 à $20 \text{ m}^3/\text{h}$. Cette situation permet de satisfaire très largement les besoins en eau potable des populations (vivant principalement en milieu rural), et d'envisager un développement économique dans la zone (industries, agriculture) reposant sur la valorisation des eaux souterraines, et ce à partir d'ouvrages ne dépassant pas 100 mètres de profondeur. Des transferts d'eau à courte ou moyenne distance vers des entités moins favorisées en zone de socle pourraient également être envisagés, au même titre que des AEP multi-villages, à partir d'ouvrages dont la productivité le permettrait (10 à $20 \text{ m}^3/\text{h}$).

S. GESTION ET CAPITALISATION DES DONNÉES

Les données collectées dans le cadre de la présente étude ont été intégrées à la base de données BD-OMES de la DEIE, ainsi qu'aux bases de données cartographiques BD-SEVR et BD-CHGEO. Des traitements ont préalablement été réalisés sur ces données (gestion des doublons, erreurs de saisie, etc.) avant reprise dans les BD pré-citées.

Les données exploitées ont également été valorisées au travers d'un SIG pour l'élaboration de nombreuses cartes thématiques, dont certaines sont reprises à titre d'illustration dans le présent rapport.

La collecte de données a pu mettre en évidence les lacunes actuelles en termes de disponibilité d'informations relatives aux caractéristiques hydrogéologiques des formations du sédimentaire du Nord du Burkina Faso, ainsi que l'intérêt de consolider d'une part les investigations sur le terrain et d'autre part les processus de partage et de capitalisation des données existantes (enrichissement des bases de données, dont BD-OMES).

T. CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS

La présente étude de caractérisation géologique et hydrogéologique du bassin sédimentaire de l'Est, menée dans le cadre du PAEA, a permis de collecter, d'exploiter et de synthétiser l'ensemble des données et informations existantes sur la zone d'étude.

Bien qu'aucune investigation de terrain n'ait malheureusement pu être menée compte tenu du contexte sécuritaire, la capitalisation des données et informations existantes a permis d'aboutir à une évaluation consistante et pertinente des potentialités aquifères du sédimentaire de l'Est, et de ses caractéristiques hydrogéologiques principales.

Avec plusieurs centaines d'ouvrages exploitant les eaux souterraines, principalement pour la consommation humaine, les aquifères du sédimentaire de l'Est présentent globalement des propriétés hydrogéologiques relativement favorables, et des potentialités d'exploitation durables intéressantes.

En effet avec des débits rencontrés de l'ordre de 5 à 10 m³/h, lesquels peuvent atteindre 25 m³/h, et compte tenu de la recharge favorable rencontrée dans la zone, le bassin sédimentaire de l'Est constitue une ressource en eau souterraine renouvelable intéressante pour contribuer à la satisfaction des besoins en eau des populations ainsi qu'au développement socio-économique de la zone concernée. Compte tenu de la densité très faible de la population actuelle dans la zone, de l'absence de grandes villes dans la zone et de l'absence d'exploitations agricoles ou industrielles très consommatrices, le taux d'utilisation actuel de la ressource en eau souterraine du sédimentaire de l'Est est très faible et permet d'envisager des développements futurs sur le plan de l'AEP et sur le plan socio-économique.

Il est recommandé, pour améliorer la connaissance, la gestion et l'exploitation des aquifères du sédimentaire de l'Est, de :

- (1) Réaliser un forage profond de reconnaissance géologique et hydrogéologique, à une profondeur de l'ordre de 500 mètres;
- (2) Réaliser des essais de pompage par paliers et longue durée sur une série d'ouvrages localisés dans les différentes formations hydrogéologiques, pour améliorer les connaissances sur les propriétés hydrodynamiques des aquifères et sur les potentialités d'exploitation;
- (3) Réaliser une campagne d'échantillonnage et d'analyses physico-chimiques, pour améliorer la connaissance sur la qualité des eaux souterraines du bassin;
- (4) Consolider l'évaluation de la recharge par l'utilisation de méthodes additionnelles donc la Méthode des Bilans Chlorures (MBC), ce qui impliquera des échantillonnages spécifiques pour l'acquisition de ces données;
- (5) Consolider le suivi périodique des niveaux de nappe, (i) par l'ajout d'un ou deux piézomètres additionnels au réseau de suivi de la DEIE et (ii) par l'utilisation de sondes automatiques;
- (6) Intégrer deux ouvrages au réseau de suivi de la qualité des eaux souterraines de la DEIE;
- (7) Améliorer la collecte et la capitalisation des données sur les eaux souterraines et sur leur exploitation, notamment par l'exploitation de l'application web d'encodage et de consultation de la BD-OMES de la DEIE;
- (8) Réaliser des forages plus profonds (de l'ordre de 200 m à titre indicatif) visant à améliorer la productivité et augmenter les débits d'exploitation potentiels, dans une optique de valorisation renforcée de l'utilisation des eaux souterraines (AEP Multi-Villages et/ou transferts d'eau).
- (9) Favoriser le développement économique de la zone (industrie, agriculture) par la valorisation des potentialités aquifères qu'offre le bassin.

BIBLIOGRAPHIE

- Affaton, P., 1990. Le bassin des Volta (Afrique de l'Ouest): une marge passive, d'âge protérozoïque supérieur, tectonisée au panafricain ($600 \pm 50\text{Ma}$). Éditions de l'ORSTOM.
- Barbé, L.L., Lebel, T., 1997. Rainfall climatology of the HAPEX-Sahel region during the years 1950–1990. *J. Hydrol., HAPEX-Sahel* 188–189, 43–73. [https://doi.org/10.1016/S0022-1694\(96\)03154-X](https://doi.org/10.1016/S0022-1694(96)03154-X)
- BARTHELET, D., 1975. Rapport de fin de mission sur les portions voltaïques des degrés carrés de Kandi et Kirtachi. Étude préliminaire du gisement d'Aloub Djouana. Ministère du commerce, du développement industriel et des mines, Direction de la géologie et des mines, République de Haute-Volta.
- Bertrand-Safarti, J., Moussine-Pouchkine, A., Affaton, P., Trompette, R., Bellion, Y., 1990. Cover sequences of the West African Craton : The West African Orogens and Circum-Atlantic Correlatives. Springer-Verl. 65–82.
- C. CASTAING, M. BILLA, J.P. MILESI, D. THIEBLEMONT, J. LE METOUR, E. EGAL, C. GUERROT, A. COCHERIE, P. CHEVREMONT, M., M. TEGYEY, Y. ITARD (BRGM), B. ZIDA, I. OUEDRAOGO, S. KOTE, B.E. KABORE, C. OUEDRAOGO (BUMIGEB), J.C. KI, C. ZUNINO (ANTEA), 2003. Notice explicative de la Carte géologique et minière du Burkina Faso à 1/1 000 000.
- DAHL, R., HIEN, K.A.A., SEJOURNE, S., OUEDRAOGO, C., MALO, M., WENMENG, U., HARNOIS, L., ROBIDOUX, P. (Effigis G.-S., DABONE, I., COULIBALY, G.K., SIDIBE, G. (BUMIGEB), 2018. Notice explicative de la carte géologique 1/200 000 ARLI-KANDI.
- Dakoure, D., 2003. Etude hydrogéologique et géochimique de la bordure sud-est du bassin sédimentaire de Taoudéni (Burkina Faso-Mali)-essai de modélisation (PhD Thesis). Université Pierre et Marie Curie-Paris VI.
- Dembele, Y., Somé, L., 1991. Propriétés hydrodynamiques des principaux types de sol du Burkina Faso. *IAHS-AISH Publ.* 217–227.
- DEYNOUX, M., 1983. Les formations de plate-forme d'âge Précambrien supérieur et Paléozoïque dans l'Ouest africain corrélation avec les zones mobiles. Pergamon Press 46–74.
- DEYNOUX, M., Affaton, P., Trompette, R., Villeneuve, M., 2006. Pan-African tectonic evolution and glacial events registered in Neoproterozoic to Cambrian cratonic and foreland basins of West Africa. *Journal Afr. Earth Sci.* 46, 397–426.
- DIOUF, M., NONGUIERMA, A., AMANI, A., Royer, A., 2001. Lutte contre la sécheresse au Sahel: résultats, acquis et perspectives au Centre régional AGRHYMET. *Sci. Chang. PlanétairesSécheresse* 11, 257–66.
- Direction Générale de l'Agence de l'Eau du Gourma, 2020. *PHYSIOGRAPHIE DE L'ESPACE DE COMPETENCE DE L'AGENCE DE L'EAU DU GOURMA* (Rapport final).
- Hulme, M., Doherty, R., Ngara, T., New, M., Lister, D., 2001. African climate change: 1900-2100. *Clim. Res.* 17, 145–168. <https://doi.org/10.3354/cr017145>
- IWACO, B.V., 1993. Carte hydrogéologique du Burkina Faso, échelle 1:500.000 : Feuille Fada-N'Gourma (No. 60.451/28), BILAN D'EAU. Ouagadougou.
- Kaboré, F., Gamene, S., Hien, D., 2016. Rapport final de l'inventaire des sources d'eau de l'espace de gestion de l'Agence de l'Eau du Gourma. Agence de l'Eau du Gourma.
- Lajaunie, M.-L., 2017. Annexe 1: Diagnostic sur les Eaux Souterraines. The World Bank.
- Lerner, D.N., 1990. Groundwater recharge in urban areas. *Atmospheric Environ. Part B Urban Atmosphere* 24, 29–33. [https://doi.org/10.1016/0957-1272\(90\)90006-G](https://doi.org/10.1016/0957-1272(90)90006-G)

- Machard, H., 2017. AMELIORATION DE LA CONNAISSANCE ET DE LA GESTION DES EAUX AU BURKINA FASO (Rapport définitif).
- Oubda, J., 2016. ETUDE DE LA DISPONIBILITE DE LA RESSOURCE EN EAU SOUTERRAINE DE LA ZONE SEDIMENTAIRE DU SUD EST DU BURKINA FASO (Mémoire de Master). Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement, Ouagadougou.
- OUEDRAOGO, O.F. (DGM), Equipe de projet SYSMIN, (coordination C. CASTAING, BRGM), 2003. Notice explicative de la cartographie géologique du Burkina Faso à 1/200 000 ; Feuille de Pama.
- Villeneuve, M., 2005. Paleozoic basins in West Africa and the Mauritanide thrust belt. J. Afr. Earth Sci. 166–195.

ANNEXES

Annexe 1 : Liste des ouvrages répertoriés

Source	Commune	Village	positif	type_ouv	x_utm	y_utm	Débit m³/h	Alter m	Prof m	NS_m	Ep. Sat m	Transmiss. M²/s	Q spec (m³/h/m)	Formation
BUMIGEB		Fankouargou			245128	1217584	0,4	8	50	-	-	-	-	Groupe de la Pendjari
OMES	KOMPIENGA	Fankouargou		Forage	245517	1218369	0,4	8	50	-	-	-	-	Groupe de la Pendjari
OMES	KOMPIENGA	Fankouargou	Non	Puit	245629	1218373	-	4	44	-	-	-	-	Groupe de la Pendjari
OMES	KOMPIENGA	Fankouargou	Non	Forage	249724	1218932	0,825	1,43	61,6	-	-	-	-	Groupe de la Pendjari
TFE OUBDA	Kompienga	Toutourgou			253547	1217282	12	-	-	-	-	-	-	Groupe de la Pendjari
OMES	KOMPIENGA	Toutourgou	Oui	Puit	253726	1217239	3,1	10	30	4,54	5,46	-	-	Groupe de la Pendjari
OMES	KOMPIENGA	Toutourgou	Oui	Forage	256119	1217316	19,8	6,22	67,6	4,85	1,37	-	-	Groupe de la Pendjari
TFE OUBDA	Kompienga	Toutourgou			256877	1217062	3,1	-	-	-	-	-	-	Groupe de la Pendjari
TFE OUBDA	Kompienga	Toutourgou			262084	1221892	2	-	-	-	-	7,17E-06	0,05	Groupe de la Pendjari
TFE OUBDA	Kompienga	Toutourgou			263850	1220058	3,5	-	-	-	-	-	-	Groupe de la Pendjari
OMES	PAMA	Koalou	Oui	Forage	269197	1219179	3	12	55	-	-	3,41E-05	0,16	Groupe de la Pendjari
BUMIGEB		Gondiar koalou			270708	1219086	3	12	55	-	-	-	-	Groupe de la Pendjari
OMES	PAMA	Koalou	Non	Forage	274079	1219185	-	12,55	92	-	-	-	-	Groupe de la Pendjari
OMES	PAMA	Koalou	Non	Forage	274235	1219861	-	7,75	92	-	-	-	-	Groupe de la Pendjari
OMES	PAMA	Koalou		Forage	274897	1219001	0,6	8	55	-	-	-	-	Groupe de la Pendjari
TFE OUBDA	Pama	Koalou			274905	1219152	3	12	55	-	-	-	-	Groupe de la Pendjari
TFE OUBDA	Madjoari	Tanli			310037	1260705	0,99	18	40	-	-	-	-	Groupe de la Pendjari
OMES	MADJOARI	Tanli		Forage	310464	1260631	0,99	18	40	4,86	13,14	-	-	Groupe de la Pendjari
TFE OUBDA	Madjoari	Gnobotenkoagou			311946	1261613	0,71	10	43	-	-	-	-	Groupe de la Pendjari
TFE OUBDA	Logobou	Diabonli			339171	1280970	1,6	15	30	-	-	-	-	Groupe de la Pendjari
OMES	LOGOBOU	Diabonli	Non	Forage	339674	1280324	-	14	64	-	-	1,79E-04	0,23	Groupe de la Pendjari
OMES	LOGOBOU	Diabonli	Oui	Forage	339742	1280545	1,6	15	30	5,98	9,02	-	-	Groupe de la Pendjari
TFE OUBDA	Logobou	Nagare			346021	1280963	3	-	-	-	-	1,27E-04	0,28	Groupe de la Pendjari
OMES	LOGOBOU	Nagare	Oui	Forage	346488	1283501	11,7	18	37	-	-	-	-	Groupe de la Pendjari
TFE OUBDA	Logobou	Nagare			346541	1283255	0,9	-	-	-	-	1,05E-04	0,38	Groupe de la Pendjari
TFE OUBDA	Logobou	Nagare			346685	1284250	11,7	18	37	-	-	-	-	Groupe de la Pendjari
OMES	LOGOBOU	Nagare	Non	Puit	346733	1284080	-	5	42	-	-	-	-	Groupe de la Pendjari
OMES	LOGOBOU	Nadleringa	Oui	Forage	348627	1279312	12,6	-	49,75	-	-	-	-	Groupe de la Pendjari
OMES	LOGOBOU	Houare	Oui	Forage	349410	1282110	3,6	-	43,6	-	-	-	-	Groupe de la Pendjari
TFE OUBDA	Logobou	Nadleringa			349411	1282111	3,6	-	-	-	-	8,05E-05	0,57	Groupe de la Pendjari
TFE OUBDA	Logobou	Logobou			352521	1284657	24	-	-	-	-	3,08E-04	2,41	Groupe de la Pendjari
OMES	LOGOBOU	Logobou	Oui	Forage	354082	1285566	1,1	10	37	5,68	4,32	-	-	Groupe de la Pendjari
OMES	LOGOBOU	Logobou		Forage	354331	1278505	0,6	58	58	-	-	-	-	Groupe de la Pendjari
OMES	LOGOBOU	Logobou	Oui	Forage	354430	1285519	6,2	13	33	5,13	7,87	-	-	Groupe de la Pendjari
OMES	LOGOBOU	Logobou	Oui	Forage	354603	1286194	1,5	18	52	6,01	11,99	-	-	Groupe de la Pendjari
OMES	LOGOBOU	Logobou		Forage	354660	1285978	0,49	16	61	-	-	-	-	Groupe de la Pendjari
OMES	LOGOBOU	Logobou	Oui	Forage	354700	1286144	6,7	-	47	-	-	2,79E-05	0,16	Groupe de la Pendjari
TFE OUBDA	Logobou	Logobou			354831	1286389	10,8	28	37	-	-	-	-	Groupe de la Pendjari
OMES	LOGOBOU	Logobou	Oui	Forage	355173	1286286	1,62	2	43	-	-	-	-	Groupe de la Pendjari
OMES	LOGOBOU	Morideni	Non	Forage	358512	1289340	-	15	55	-	-	5,05E-05	0,10	Groupe de la Pendjari
TFE OUBDA	Logobou	Fangou			358534	1282901	0,8	-	-	-	-	5,87E-05	0,13	Groupe de la Pendjari
OMES	LOGOBOU	Morideni		Forage	358589	1289005	0,4	13	55	-	-	-	-	Groupe de la Pendjari
OMES	LOGOBOU	Morideni		Forage	358909	1289326	-	6	29	-	-	-	-	Groupe de la Pendjari
OMES	LOGOBOU	Fangou	Oui	Forage	358864	1278773	5,6	-	55,7	-	-	-	-	Groupe de la Pendjari
TFE OUBDA	Logobou	Morideni			358917	1289107	0,6	6	29	-	-	-	-	Groupe de la Pendjari
OMES	LOGOBOU	Kindi-kombou	Oui	Forage	360695	1291250	15,6	9	28	7,21	1,79	4,44E-05	0,14	Groupe de la Pendjari
OMES	LOGOBOU	Kindi-kombou	Oui	Puit	360728	1291815	15,6	10	28	8,28	1,72	-	-	Groupe de la Pendjari
OMES	LOGOBOU	Kindi-kombou	Oui	Forage	361198	1291267	2	10	40	4,55	5,45	-	-	Groupe de la Pendjari
OMES	LOGOBOU	Kindi-kombou		Puit	361290	1293420	-	15	36	-	-	-	-	Groupe de la Pendjari
TFE OUBDA	Tambaga	Poréri			362051	1294578	3,6	-	-	-	-	-	-	Groupe de la Pendjari
OMES	TAMBAGA	Poréri	Oui	Forage	362052	1294577	3,6	-	55,24	-	-	-	-	Groupe de la Pendjari
OMES	LOGOBOU	Siaga	Oui	Forage	362438	1292920	2,57	-	55,3	-	-	-	-	Groupe de la Pendjari
TFE OUBDA	Logobou	Kindi-kombou			362453	1292914	2,57	-	-	-	-	-	-	Groupe de la Pendjari

RT1.2.3-02 – CARACTERISATION GEOLOGIQUE ET HYDROGEOLOGIQUE DU BASSIN SEDIMENTAIRE DE L'EST DU BURKINA FASO

TFE OUBDA	Logobou	Morideni			363169	1284373	2	-	-	-	-	5,41E-05	0,19	Groupe de la Pendjari
TFE OUBDA	Logobou	Mamangou			364119	1294491	2,2	-	-	-	-	-	-	Groupe de la Pendjari
TFE OUBDA	Logobou	Mahadaga			365162	1296161	10,35	-	-	-	-	-	-	Groupe de la Pendjari
OMES	LOGOBOU	Mahadaga		Forage	365322	1296065	-	13	30	-	-	-	-	Groupe de la Pendjari
TFE OUBDA	Logobou	Mahadaga			365675	1296537	2,4	-	-	-	-	8,91E-05	0,22	Groupe de la Pendjari
OMES	LOGOBOU	Mahadaga	Oui	Forage	366092	1296990	2,4	31	42	4,35	26,65	-	-	Groupe de la Pendjari
OMES	LOGOBOU	Namponsiga		Puit	366552	1297550	-	18	35	-	-	2,79E-05	0,11	Groupe de la Pendjari
TFE OUBDA	Logobou	Mahadaga			366643	1296868	12	13	30	-	-	-	-	Groupe de la Pendjari
OMES	LOGOBOU	Pougitiari		Forage	366589	1279553	-	20	100	-	-	-	-	Groupe de la Pendjari
OMES	LOGOBOU	Mahadaga	Oui	Forage	366709	1296754	9,3	20	40	5,4	14,6	-	-	Groupe de la Pendjari
OMES	LOGOBOU	Namponsiga		Puit	366774	1297727	-	15	32	-	-	-	-	Groupe de la Pendjari
OMES	LOGOBOU	Namponsiga		Forage	366817	1297973	-	15	30	-	-	-	-	Groupe de la Pendjari
OMES	LOGOBOU	Namponsiga		Forage	366854	1298212	-	11	33	-	-	-	-	Groupe de la Pendjari
OMES	LOGOBOU	Namponsiga	Oui	Puit	366926	1297878	2,4	20	42	4,35	15,65	-	-	Groupe de la Pendjari
TFE OUBDA	Logobou	Namponsiga			367051	1298107	7	11	33	-	-	-	-	Groupe de la Pendjari
TFE OUBDA	Logobou	Namponkore			367239	1298177	3,6	-	-	-	-	9,99E-05	0,23	Groupe de la Pendjari
OMES	LOGOBOU	Palboa	Oui	Forage	367273	1287105	6,7	8	28	-	-	-	-	Groupe de la Pendjari
OMES	LOGOBOU	Namponkoré		Forage	367734	1298651	0,47	14	43	-	-	-	-	Groupe de la Pendjari
OMES	LOGOBOU	Namponkoré	Oui	Forage	367966	1299043	7,2	28	50	6,25	21,75	-	-	Groupe de la Pendjari
TFE OUBDA	Logobou	Kindi-kombou			367950	1286032	1,3	-	-	-	-	2,74E-05	0,16	Groupe de la Pendjari
TFE OUBDA	Logobou	Namponkoré			368333	1299100	7,2	28	50	-	-	1,11E-04	0,11	Groupe de la Pendjari
OMES	LOGOBOU	Namponkoré	Oui	Puit	368351	1299100	2	15	33	4,19	10,81	-	-	Groupe de la Pendjari
OMES	LOGOBOU	Palboa	Non	Forage	370773	1287683	-	8	50	-	-	1,21E-04	0,28	Groupe de la Pendjari
OMES	LOGOBOU	Palboa		Puit	370863	1287399	-	1	30	-	-	-	-	Groupe de la Pendjari
TFE OUBDA	Logobou	Palboa			370922	1287881	6,7	8	28	-	-	-	-	Groupe de la Pendjari
OMES	LOGOBOU	Namponkoré	Oui	Forage	371767	1301002	4,7	-	43,06	-	-	1,57E-04	0,42	Groupe de la Pendjari
TFE OUBDA	Logobou	Namponkoré			371774	1301006	4,7	-	-	-	-	-	-	Groupe de la Pendjari
TFE OUBDA	Logobou	Mahadaga			372623	1290544	3,1	-	-	-	-	1,11E-04	0,38	Groupe de la Pendjari
TFE OUBDA	Tansarga	Bobomondi			374178	1304219	2,7	13	39	-	-	5,34E-05	0,16	Groupe de la Pendjari
OMES	TANSARGA	Bobomondi	Oui	Forage	374994	1304535	2,7	13	39	1,53	11,47	2,58E-06	0,02	Groupe de la Pendjari
TFE OUBDA	Logobou	Mahadaga			375348	1292764	0,8	-	-	-	-	2,65E-04	0,24	Groupe de la Pendjari
TFE OUBDA	Logobou	Namponkore			376045	1296573	25	-	-	-	-	3,38E-04	2,67	Groupe de la Pendjari
OMES	TANSARGA	Bodiaga	Oui	Puit	377042	1305177	1,2	8	30	3,29	4,71	-	-	Groupe de la Pendjari
OMES	LOGOBOU	Palboa	Oui	Forage	377004	1285897	5,2	-	49,11	-	-	-	-	Groupe de la Pendjari
TFE OUBDA	Logobou	Mahadaga			377016	1285891	5,2	-	-	-	-	-	-	Groupe de la Pendjari
OMES	TANSARGA	Bodiaga	Oui	Forage	377292	1305689	2	-	49,6	-	-	-	-	Groupe de la Pendjari
TFE OUBDA	Tansarga	Bodiaga			377296	1305687	2	-	-	-	-	-	-	Groupe de la Pendjari
OMES	TANSARGA	Bodiaga		Forage	377636	1306102	1	-	43,6	-	-	-	-	Groupe de la Pendjari
TFE OUBDA	Tansarga	Bodiaga			377640	1306100	1	-	-	-	-	-	-	Groupe de la Pendjari
TFE OUBDA	Tansarga	Bodiaga			377724	1306176	1,2	8	30	-	-	8,08E-05	0,55	Groupe de la Pendjari
TFE OUBDA	Tansarga	Kotchari			377739	1306916	8	-	-	-	-	8,08E-05	0,55	Groupe de la Pendjari
TFE OUBDA	Tansarga	Malpoa			378273	1299704	2,4	-	-	-	-	3,48E-05	0,24	Groupe de la Pendjari
OMES	TANSARGA	Palboa	Non	Forage	379219	1303848	-	6,71	95,71	-	-	3,90E-05	0,19	Groupe de la Pendjari
OMES	TANSARGA	Palboa	Non	Forage	379219	1303848	0,609	3,8	94,95	-	-	-	-	Groupe de la Pendjari
OMES	TANSARGA	Bantoana	Oui	Forage	380102	1304418	9	5,31	40,73	5,32	0	-	-	Groupe de la Pendjari
OMES	TANSARGA	Kotchari	Oui	Forage	381720	1308780	1,9	16	50	6,55	9,45	-	-	Groupe de la Pendjari
OMES	TANSARGA	Kotchari		Forage	381752	1308531	0,18	22	60	-	-	-	-	Groupe de la Pendjari
OMES	TANSARGA	Kotchari	Oui	Forage	381908	1308854	2,1	40	67	17,77	22,23	-	-	Groupe de la Pendjari
OMES	TANSARGA	Kotchari	Oui	Forage	381928	1309170	7,8	7	37	4,27	2,73	-	-	Groupe de la Pendjari
OMES	TANSARGA	Kotchari	Oui	Forage	382052	1309332	1,3	10	49	8,71	1,29	-	-	Groupe de la Pendjari
TFE OUBDA	Tansarga	Kotchari			382215	1309136	7,8	7	37	-	-	-	-	Groupe de la Pendjari
OMES	TANSARGA	Kotchari		Puit	382376	1309989	-	1	30	-	-	-	-	Groupe de la Pendjari
OMES	TANSARGA	Kotchari	Oui	Puit	382381	1309955	1,75	5	27	3,95	1,05	-	-	Groupe de la Pendjari
TFE OUBDA	Tansarga	Natongou			382427	1303814	0,9	-	-	-	-	-	-	Groupe de la Pendjari
TFE OUBDA	Tansarga	Banduo			384354	1306529	2	-	-	-	-	6,94E-05	0,18	Groupe de la Pendjari
OMES	TANSARGA	Kobdari	Oui	Forage	386670	1315038	4,5	-	55,27	-	-	-	-	Groupe de la Pendjari
TFE OUBDA	Tansarga	Kobdari			386670	1315038	4,5	-	-	-	-	-	-	Groupe de la Pendjari
TFE OUBDA	Tansarga	Pielgou			386650	1298203	1,2	-	-	-	-	3,74E-05	0,14	Groupe de la Pendjari
OMES	TANSARGA	Gnimboama		Forage	387408	1294511	0,75	-	49,16	-	-	9,82E-05	1,05	Groupe de la Pendjari

RT1.2.3-02 – CARACTERISATION GEOLOGIQUE ET HYDROGEOLOGIQUE DU BASSIN SEDIMENTAIRE DE L'EST DU BURKINA FASO

TFE OUBDA	Tansarga	Pielgou			387415	1294505	0,75	-	-	-	-	-	-	Groupe de la Pendjari
TFE OUBDA	Tansarga	Kpenkouandi			388205	1312836	12	-	-	-	-	-	-	Groupe de la Pendjari
TFE OUBDA	Tansarga	Kobdari			388288	1309165	7	1	30	-	-	-	-	Groupe de la Pendjari
OMES	TANSARGA	Kombongou	Non	Forage	389905	1287514	-	25	36	-	-	-	-	Groupe de la Pendjari
OMES	TANSARGA	Kobdari		Puit	391513	1308744	-	1	30	-	-	1,39E-05	0,06	Groupe de la Pendjari
OMES	TANSARGA	Kobdari	Oui	Forage	391525	1308717	2,4	-	43,05	-	-	-	-	Groupe de la Pendjari
TFEOUBDA	Tansarga	Kobdari			391525	1308716	2,4	-	-	-	-	-	-	Groupe de la Pendjari
TFEOUBDA	Kompienga	Pognoa-tikonti			228912	1215720	6,02	-	-	-	-	0,0000341	0,12	Groupe du mont Boumbouaka
OMES	KOMPIENGA	Pognoa-tikonti	Oui	Puit	230195	1216598	9,36	2	30	11,36	0	-	-	Groupe du mont Boumbouaka
OMES	KOMPIENGA	Pognoa-tikonti	Oui	Puit	230326	1216310	1,3	18	50	11,97	6,03	-	-	Groupe du mont Boumbouaka
TFEOUBDA	Kompienga	Pognoa-tikonti			230326	1216310	9,36	2	30	-	-	-	-	Groupe du mont Boumbouaka
OMES	KOMPIENGA	Pognoa-tikonti	Oui	Puit	230726	1216184	1,3	18	50	-	-	-	-	Groupe du mont Boumbouaka
OMES	KOMPIENGA	Pognoa-tikonti	Oui	Forage	230789	1216503	2,4	12	35	13,71	0	0,000168	0,21	Groupe du mont Boumbouaka
BUMIGEB		Bossoari			237972	1219024	1,5	4	33	-	-	-	-	Groupe du mont Boumbouaka
OMES	KOMPIENGA	Bossoari		Forage	238352	1219522	0,93	4	42	9,84	0	-	-	Groupe du mont Boumbouaka
BUMIGEB		Pankankonti			241754	1217211	0,7	9	35	-	-	-	-	Groupe du mont Boumbouaka
OMES	KOMPIENGA	Kpinkankanti	Oui	Forage	243503	1219565	1,3	15,27	73,05	7,16	8,11	-	-	Groupe du mont Boumbouaka
OMES	MADJOARI	Kodjaari	Oui	Forage	291841	1253073	2,1	25	43	15,97	9,03	-	-	Groupe du mont Boumbouaka
OMES	MADJOARI	Namounyouri	Oui	Forage	300972	1255186	18	-	55,7	-	-	-	-	Groupe du mont Boumbouaka
TFEOUBDA	Madjoari	Namounyouri			300972	1255186	18	-	-	-	-	-	-	Groupe du mont Boumbouaka
TFEOUBDA	Madjoari	Tambarga			305353	1264624	23,4	14	28	-	-	-	-	Groupe du mont Boumbouaka
OMES	MADJOARI	Tambarga	Oui	Puit	305579	1261015	23,4	14	28	9,82	4,18	-	-	Groupe du mont Boumbouaka
OMES	MADJOARI	Tambarga	Oui	Forage	305852	1265979	1,1	20	51	7,71	12,29	-	-	Groupe du mont Boumbouaka
OMES	MADJOARI	Matambima		Forage	307322	1262420	0,5	7	49	-	-	-	-	Groupe du mont Boumbouaka
TFEOUBDA	Madjoari	Matambima			307430	1262269	5,2	6	31	-	-	-	-	Groupe du mont Boumbouaka
OMES	MADJOARI	Matambima		Forage	307433	1262214	0,67	10	60	16,98	0	-	-	Groupe du mont Boumbouaka
OMES	MADJOARI	Matambima	Non	Forage	307452	1262395	-	10	52	-	-	-	-	Groupe du mont Boumbouaka
OMES	MADJOARI	Matambima		Forage	307467	1261830	0,6	10	60	-	-	-	-	Groupe du mont Boumbouaka
OMES	MADJOARI	Madjoari	Oui	Forage	307927	1268772	4,2	-	73,44	-	-	-	-	Groupe du mont Boumbouaka
TFEOUBDA	Madjoari	Madjoari			307937	1268761	4,2	-	-	-	-	-	-	Groupe du mont Boumbouaka
OMES	MADJOARI	Matambima	Oui	Forage	308116	1261967	5,2	6	31	4,06	1,94	-	-	Groupe du mont Boumbouaka
OMES	MADJOARI	Madjoari	Oui	Forage	308187	1269004	3,3	35	43	28	7	-	-	Groupe du mont Boumbouaka
OMES	MADJOARI	Matambima		Forage	308272	1262651	0,2	10	55	-	-	-	-	Groupe du mont Boumbouaka
OMES	MADJOARI	Madjoari	Oui	Forage	308720	1269502	23,4	39	43	28,28	10,72	-	-	Groupe du mont Boumbouaka
OMES	MADJOARI	Madjoari	Non	Forage	309010	1269395	-	13	50	-	-	-	-	Groupe du mont Boumbouaka
TFEOUBDA	Madjoari	Madjoari			310093	1270043	23,4	39	43	-	-	-	-	Groupe du mont Boumbouaka
OMES	MADJOARI	Gnoblenkoagou		Forage	311655	1265194	0,71	10	43	5,92	4,08	-	-	Groupe du mont Boumbouaka
OMES	MADJOARI	Madjoari	Non	Puit	315279	1268006	-	38	50	-	-	-	-	Groupe du mont Boumbouaka
OMES	TAMBAGA	Saborga-kori		Forage	345132	1292821	-	27	45	-	-	-	-	Groupe du mont Boumbouaka
TFEOUBDA	Tambaga	Saborga-kori			345348	1292478	7	27	45	-	-	-	-	Groupe du mont Boumbouaka
OMES	TAMBAGA	Yirini		Forage	348735	1295829	-	18	29	-	-	-	-	Groupe du mont Boumbouaka
TFEOUBDA	Tambaga	Yirini			349076	1295637	5,4	18	29	-	-	-	-	Groupe du mont Boumbouaka
TFEOUBDA	Tambaga	Yirini			349209	1295611	8,4	-	-	-	-	6,74E-06	0,04	Groupe du mont Boumbouaka
OMES	TAMBAGA	Yobri	Oui	Puit	354776	1299692	2,6	13	30	7,05	5,95	-	-	Groupe du mont Boumbouaka
TFEOUBDA	Logobou	Kindi-kombou			355845	1296526	15,6	-	-	-	-	-	-	Groupe du mont Boumbouaka
OMES	TAMBAGA	Yobri		Puit	357250	1300569	-	11	30	-	-	-	-	Groupe du mont Boumbouaka
OMES	TAMBAGA	Yobri	Oui	Forage	358099	1301545	12	-	49,9	-	-	-	-	Groupe du mont Boumbouaka
TFEOUBDA	Tambaga	Yobri			358100	1301542	12	-	-	-	-	-	-	Groupe du mont Boumbouaka
TFEOUBDA	Tambaga	Yobri			358518	1300339	7	11	30	-	-	-	-	Groupe du mont Boumbouaka
OMES	LOGOBOU	Namponsiga		Puit	362027	1297767	-	15	30	-	-	-	-	Groupe du mont Boumbouaka
TFEOUBDA	Tambaga	Tambaga			363044	1304505	16	12	30	-	-	-	-	Groupe du mont Boumbouaka
OMES	TAMBAGA	Tambaga	Oui	Forage	363367	1304449	1,7	-	49,6	-	-	-	-	Groupe du mont Boumbouaka
TFEOUBDA	Tambaga	Tambaga			363373	1304437	1,7	-	-	-	-	-	-	Groupe du mont Boumbouaka
OMES	TAMBAGA	Tambaga		Forage	363494	1304353	-	12	27	-	-	-	-	Groupe du mont Boumbouaka
OMES	TAMBAGA	Tambaga	Oui	Forage	363803	1304462	3,6	18	33	4,85	13,15	-	-	Groupe du mont Boumbouaka
TFEOUBDA	Tambaga	Palboa			364806	1317058	1,73	-	-	-	-	-	-	Groupe du mont Boumbouaka
OMES	TAMBAGA	Palboa	Oui	Forage	364807	1317058	1,73	-	43,25	-	-	-	-	Groupe du mont Boumbouaka
OMES	TAMBAGA	Pentinga-gourmantché		Puit	367050	1306983	-	10	32	-	-	-	-	Groupe du mont Boumbouaka
OMES	TAMBAGA	Pentinga-gourmantché	Non	Puit	367117	1306983	-	12	51	-	-	-	-	Groupe du mont Boumbouaka

RT1.2.3-02 – CARACTERISATION GEOLOGIQUE ET HYDROGEOLOGIQUE DU BASSIN SEDIMENTAIRE DE L'EST DU BURKINA FASO

OMES	TAMBAGA	Pentinga-gourmantché		Forage	367215	1307307	-	37	47	-	-	-	-	Groupe du mont Boumbouaka
OMES	TAMBAGA	Pentinga-gourmantché	Oui	Forage	367278	1307160	21,6	35	62	8,75	26,25	-	-	Groupe du mont Boumbouaka
TFEOUBDA	Tambaga	Pentinga-gourmantché			367282	1306835	21,6	35	62	-	-	-	-	Groupe du mont Boumbouaka
OMES	TAMBAGA	Pentinga-gourmantché		Forage	367374	1306966	0,9	15	37	6,38	8,62	-	-	Groupe du mont Boumbouaka
OMES	TAMBAGA	Pentinga-gourmantché		Forage	367434	1306969	-	25	47	-	-	-	-	Groupe du mont Boumbouaka
OMES	TAMBAGA	Pentinga-gourmantché	Oui	Puit	367435	1307024	3,7	35	43	5,8	29,2	-	-	Groupe du mont Boumbouaka
OMES	TAMBAGA	Tiakoagli		Forage	368033	1317861	-	23	31	-	-	-	-	Groupe du mont Boumbouaka
OMES	TAMBAGA	Tiakoagli		Forage	368109	1317952	-	20	50	-	-	-	-	Groupe du mont Boumbouaka
TFEOUBDA	Tambaga	Tiakoagli			368398	1317653	4,2	20	50	-	-	-	-	Groupe du mont Boumbouaka
TFEOUBDA	Tambaga	Diadori			368755	1310066	3,6	-	-	-	-	-	-	Groupe du mont Boumbouaka
OMES	TAMBAGA	Pentinga-gourmantché	Oui	Forage	369215	1307339	21	12	31	5,4	6,6	-	-	Groupe du mont Boumbouaka
OMES	TAMBAGA	Pentinga-gourmantché	Oui	Puit	369305	1307130	2,8	20	33	11,4	8,6	-	-	Groupe du mont Boumbouaka
OMES	TAMBAGA	Dianidi		Forage	370469	1312556	-	15	90	-	-	-	-	Groupe du mont Boumbouaka
OMES	TAMBAGA	Kpanfoani	Oui	Forage	371429	1307588	8,5	-	54,9	-	-	-	-	Groupe du mont Boumbouaka
TFEOUBDA	Tambaga	Kpanfoani			371438	1307591	8,5	-	-	-	-	-	-	Groupe du mont Boumbouaka
TFEOUBDA	Tansarga	Tansarga			374566	1312431	12	-	-	-	-	0,000228	0,625	Groupe du mont Boumbouaka
OMES	TANSARGA	Tansarga		Forage	374836	1313933	-	25	37	-	-	-	-	Groupe du mont Boumbouaka
OMES	TANSARGA	Nadamba pardjoari		Forage	375572	1311337	-	10	90	-	-	-	-	Groupe du mont Boumbouaka
TFEOUBDA	Tansarga	Tansarga			376351	1317625	2,3	-	-	-	-	0,000019	0,096	Groupe du mont Boumbouaka
OMES	TANSARGA	Tansarga	Oui	Forage	376385	1314058	12	-	55,3	-	-	0,000232	0,427	Groupe du mont Boumbouaka
TFEOUBDA	Tansarga	Tansarga			376406	1314065	12	-	-	-	-	-	-	Groupe du mont Boumbouaka
OMES	TANSARGA	Tansarga		Forage	376414	1313778	-	18	31	-	-	-	-	Groupe du mont Boumbouaka
TFEOUBDA	Tansarga	Tansarga			376684	1313169	8,8	18	31	-	-	-	-	Groupe du mont Boumbouaka
OMES	TANSARGA	Tansarga		Forage	376708	1313763	-	37	55	-	-	-	-	Groupe du mont Boumbouaka
OMES	TANSARGA	Tansarga		Forage	376748	1314024	-	25	36	-	-	-	-	Groupe du mont Boumbouaka
OMES	TANSARGA	Tansarga		Forage	376771	1312961	-	23	32	-	-	-	-	Groupe du mont Boumbouaka
OMES	TANSARGA	Boupiena	Oui	Forage	376808	1319682	5,2	35	43	12,6	22,4	-	-	Groupe du mont Boumbouaka
OMES	TANSARGA	Diafouanou		Forage	380395	1318743	-	33	43	-	-	0,000219	0,721	Groupe du mont Boumbouaka
TFEOUBDA	Tansarga	Diafouanou			381382	1319034	0,8	33	43	-	-	0,000741	2,514	Groupe du mont Boumbouaka
TFEOUBDA	Tansarga	Diafouanou			382176	1316942	4	-	-	-	-	0,000193	0,736	Groupe du mont Boumbouaka
OMES	TANSARGA	Katela	Oui	Puit	383110	1319992	5,2	45	53	15,2	29,8	-	-	Groupe du mont Boumbouaka
TFEOUBDA	Tansarga	Katela			384194	1320218	5,2	45	53	-	-	-	-	Groupe du mont Boumbouaka
TFEOUBDA	Tansarga	Kabougou			387903	1319609	5	-	-	-	-	0,000123	0,253	Groupe du mont Boumbouaka
OMES	TANSARGA	Kabougou	Oui	Forage	388454	1321139	12	-	61,25	-	-	-	-	Groupe du mont Boumbouaka
TFEOUBDA	Tansarga	Kabougou			388463	1321142	12	-	-	-	-	0,000123	0,547	Groupe du mont Boumbouaka
TFE OUBDA	Tansarga	Kombougou			392016	1285045	10,6	-	-	-	-	-	-	Niveaux inférieurs du Buem
OMES	TANSARGA	Kombougou		Forage	392677	1285080	-	17	27	-	-	-	-	Niveaux inférieurs du Buem
TFE OUBDA	Logobou	Kindi-kombou			392743	1284922	15,6	14	55	-	-	-	-	Niveaux inférieurs du Buem
OMES	TANSARGA	Kombougou	Oui	Forage	392830	1284744	1,5	20	44	7,15	12,85	-	-	Niveaux inférieurs du Buem
OMES	TANSARGA	Kombougou	Oui	Puit	392927	1284759	3	14	55	8,4	5,6	-	-	Niveaux inférieurs du Buem
OMES	TANSARGA	Kombougou	Non	Forage	392929	1285346	-	36	48	-	-	-	-	Niveaux inférieurs du Buem
OMES	BOTOU	Nombiti	Oui	Puit	405036	1393914	5	25	49	17,86	7,14	-	-	Continental Terminal
OMES	BOTOU	Nombiti		Forage	405063	1393815	0,4	26	56	-	-	-	-	Continental Terminal
OMES	BOTOU	Kankangou		Forage	405545	1397185	-	10	35	-	-	-	-	Continental Terminal
OMES	BOTOU	Kogori		Puit	409824	1384163	0,9	30	62	33,12	0	-	-	Continental Terminal
OMES	BOTOU	Kogori	Oui	Forage	410036	1384488	2,6	15	45	20,5	0	-	-	Continental Terminal
OMES	BOTOU	Kogori	Oui	Puit	410147	1384101	1,5	20	44	17,26	2,74	-	-	Continental Terminal
OMES	BOTOU	Kalayenou	Oui	Forage	410798	1394681	1,7	25	47	3,76	21,24	-	-	Continental Terminal

Annexe 2 : Liste des travaux antérieurs dans la zone

AUTEUR	ANNEE	TYPE	DESCRIPTION/THÈME
POUGNET R. et AICARD P.	1956		observations géologiques nouvelles sur la région du Parc National du W du Niger
AICARD P.	1959	Notice	notice explicative sur la feuille Kandi-Ouest
LE STRANGUENNEC J.	1967	Rapport	rapport de fin de campagne dans le degré carré d'Arly
VYAIN R.	1967	Carte	carte de Diapaga –Kirtachi
VYAIN R.	1967	Notice	notice explicative Diapaga –Kirtachi
BOS P.	1967	Carte	carte de Fada N'Gourma
BOS P.	1967	Notice	notice explicative
FRANCISQUE J.	1968	Levé	levé géologique du centre-sud du degré carré d'Arly
FRANCISQUE J.	1968	Prospection	prospection géochimique des massifs basiques de Namounou, Partiaga et Tansarga
DGM	1968	Prospection	étude les massifs basiques de la région d'Arly
LEPRUN J. C. et TROMPETTE R.	1969	Etude	subdivision du voltaïen du massif de Gobnangou (République de Haute-Volta)
PASCAL M.	1972	Etude	réinterprétation de la géologie et examen des possibilités minières de l'ensemble voltaïen – Buem - Atacorien au Togo, Dahomey, Haute-Volta et Niger ;
BARTHELET D.	1975	Rapport	rapport de fin de mission sur les portions voltaïques des degrés carrés de Kandi et Kirtachi qui porte sur l'étude préliminaire du gisement d'Aloub Djouana
OUEDRAOGO Z. R.	1982	Thèse	thèse portant sur la contribution à l'étude des gisements de phosphates d'âge précambrien du Sud-Est voltaïque. Géologie - valorisation
AFFATON P.	1987	Thèse	thèse d'État sur le bassin des Volta (Afrique de l'Ouest) : une marge passive, d'âge protérozoïque supérieur, tectonisée au panafricain (600 ± 50 Ma)
OUEDRAOGO O. F.	2003	Carte Notice	carte géologique de la feuille de Pama, avec sa notice explicative (projet SYSMIN).
B. E. KABORE et I. OUEDRAOGO	2006	Carte Notice	Carte géologique à 1/200 000 et notice explicative feuilles Arly et Kandi, BUMIGEB

Annexe 3 : Recueil des cartes