

GROUPEMENT D'INTERET PUBLIC

AGENCE DE L'EAU DU LIPTAKO

COMITE DE BASSIN

CONSEIL D'ADMINISTRATION

DIRECTION GÉNÉRALE



BURKINA FASO

UNITÉ – PROGRÈS - JUSTICE

Etude de faisabilité en vue du curage du barrage de Koulfo



Rapport Final

SOMMAIRE

| | |
|--|----|
| LISTE DES TABLEAUX | 4 |
| LISTE DES FIGURES | 4 |
| LISTE DES PHOTOS | 4 |
| SIGLES ET ABREVIATIONS..... | 5 |
| 1. INTRODUCTION..... | 6 |
| 1.1. Contexte..... | 6 |
| 1.2. Contenu du rapport | 7 |
| 1.3. Méthodologie..... | 8 |
| 1.4. Présentation du site | 8 |
| 2. PROCESSUS D'ÉROSION ET DE SEDIMENTATION DANS LE BARRAGE DE KOULFO | 10 |
| 2.1.1. Facteurs anthropiques | 10 |
| 2.1.2. Facteurs climatiques | 12 |
| 2.1.3. Facteurs géologiques et géomorphologiques..... | 13 |
| 2.2. Les apports solides..... | 15 |
| 2.2.1. Formule de Gottschalk..... | 16 |
| 2.2.2. Formule de Grésillon..... | 16 |
| 3. ESTIMATION DU VOLUME DE DEPOTS..... | 18 |
| 3.1. Etablissement du profil du sol | 18 |
| 3.2. Volume des dépôts | 24 |
| 3.2.1. Estimation du volume des dépôts..... | 24 |
| 3.2.1. Durée de vie de l'ouvrage | 27 |
| 4. METHODE DE CURAGE DES BARRAGES | 28 |
| 4.1. Méthodes de curage | 28 |
| 4.1.1. Le siphonnement | 28 |
| 4.1.2. Le dragage | 28 |
| 4.1.3. Les chasses | 29 |
| 4.1.4. Le décapage | 29 |
| 4.2. Méthode retenue..... | 29 |
| 4.2.1. Présentation..... | 29 |
| 4.2.2. Coûts associés au décapage | 29 |
| 4.2.3. Risques liés au décapage..... | 31 |

| | |
|---|----|
| 5. RECYCLAGE DES VOLUMES CURES..... | 33 |
| 6. PROTECTION DE LA RETENUE | 34 |
| 6.1. Perception de la population..... | 34 |
| 6.2. Aspects juridico-institutionnel | 35 |
| 6.3. Solutions techniques..... | 36 |
| 6.3.1. Piégeage de sédiments | 36 |
| 6.3.2. La protection des berges..... | 36 |
| 6.3.3. La protection du bassin versant..... | 37 |
| 6.3.4. Coûts estimatifs | 37 |
| 7. CONCLUSION..... | 40 |
| BIBLIOGRAPHIE | 41 |
| ANNEXE 1 : Analyses granulométrique et sédimentologique | 42 |
| ANNEXE 2 : Photos des carottes des échantillons prélevés à la tarière | 59 |

LISTE DES TABLEAUX

| | |
|---|----|
| Tableau 1 : Evolution de la croissance de la population dans le bassin versant du barrage.. | 12 |
| Tableau 2 : Epaisseur des couches par carottes..... | 19 |
| Tableau 3 : Estimation du volume de la retenue et du volume des déblais..... | 26 |
| Tableau 4 : Devis estimatif des travaux | 30 |

LISTE DES FIGURES

| | |
|---|------------------------------|
| Figure 1 : Carte de situation du barrage de Koulofo..... | 9 |
| Figure 2 : Carte d'érosivité de l'Afrique de l'Ouest (Roose, 1977)..... | 13 |
| Figure 3 : Carte géologique dans le bassin versant de Koulofo..... | 14 |
| Figure 4 : Carte d'état des surfaces (Source : BDOT 2012) | Error! Bookmark not defined. |
| Figure 5 : Transect de l'amont en aval du bassin versant de la retenue de Koulofo | 15 |
| : Figure 6 : Topographie de la cuvette..... | 25 |

LISTE DES PHOTOS

| | |
|---|----|
| Photo 1 : Localisation des points de prélèvement d'échantillons à partir de l'image. Google Earth du 10 novembre 2011 | 18 |
| Photo 2 : Profil du sol au point P4 | 20 |
| Photo 3 : Profil du sol au point P5..... | 21 |
| Photo 4 : Profil du sol au point P6 | 22 |
| Photo 5 : Profil du sol au point P8..... | 23 |
| Photo 6 : Localisation des sites de dépôt à partir d'image Google Earth..... | 33 |

SIGLES ET ABREVIATIONS

| | |
|---------|--|
| AEL | : Agence l'Eau du Liptako |
| BDOT | : Base de données d'Occupation des Terres |
| CES | : Conservation des Eaux et des Sols |
| CLE | : Comité Local de l'Eau |
| CRS | : Conservation et Récupération des Sols |
| DRS | : Défense et Restauration des Sols |
| FICOD | : Fond d'Investissement des Collectivités Décentralisées |
| OMD | : Objectifs du Millénaire pour le Développement |
| ONEA | : Office National de l'Eau et de l'Assainissement |
| SONABEL | : Société National Burkinabè d'Electricité |

1. INTRODUCTION

1.1. Contexte

Le Burkina Faso a entamé depuis les indépendances une politique de l'eau tournée vers la mobilisation des ressources en eau de surface par le biais des petits barrages. Le nombre de barrages construits est estimé à plus de 1200 ouvrages repartis sur toute l'étendue du territoire. Les petits barrages offrent de nombreux avantages socio-économiques, tels que la culture de contre-saison, l'irrigation d'appoint durant la saison pluvieuse, l'approvisionnement en eau du cheptel, et la pêche entre autres. De même, le barrage permet la présence d'un microclimat dans les alentours de la retenue, ainsi que l'existence d'un écosystème spécifique qui permet le développement d'une biodiversité à la fois faunique et végétale. Toutefois, de nombreuses études ont fait ressortir la problématique de l'ensablement des petits barrages, qui diminue la durée de vie de ces ouvrages.

Les solutions pour remédier à l'ensablement des barrages sont réduites au rehaussement du déversoir et au curage de la cuvette du barrage. Le rehaussement constitue la solution la plus répandue au Burkina Faso du fait des faibles coûts de réalisation et de la technologie maîtrisée. Cependant, les impacts socioéconomiques dus à l'augmentation de la surface du plan d'eau peuvent être importants et le rehaussement ne peut pas être reconduit indéfiniment, ce qui en fait une solution non durable. Le curage est quant à lui rarement envisagé, car il requiert des matériels spécifiques qui peuvent engendrer des coûts importants.

Le contexte de la gestion des ressources en eau a évolué au Burkina Faso ces récentes années avec l'émergence des agences de l'eau. L'Agence de l'Eau du Liptako (AEL) a été créée le 31 janvier 2011¹, pour la gestion des ressources en eau dans l'espace de gestion du Liptako, qui occupe une portion du bassin du Niger. L'ensablement des retenues touche l'ensemble des petits barrages de l'espace de gestion du Liptako, du

¹ *Convention Constitutive Du Groupement d'Intérêt Public / Agence de l'Eau Du Liptako (Burkina Faso, 2011).*

fait de la forte érosion hydrique, des mauvaises pratiques et de la faible densité de la végétation pour la protection des sols.

Le présent rapport est le fruit d'une initiative de l'Agence de l'Eau du Liptako pour étudier la faisabilité du curage du barrage de Koulfo. Le site a été choisi pour sa faible taille qui est représentative de la majorité des barrages au Burkina avec un volume de moins de un million de m³, et aussi pour son importance socioéconomique dans la localité et son niveau avancé d'ensablement.

1.2. Contenu du rapport

La faisabilité d'un curage s'articule généralement autour de la connaissance des volumes à prélever, de la méthode appropriée de curage, du recyclage des boues curées, et de la protection de la retenue.

Le présent rapport comporte les volets suivants :

- L'analyse du processus de sédimentation : la compréhension des processus d'érosion et de sédimentation est nécessaire à l'échelle du bassin versant du barrage de Koulfo.
- L'estimation du volume de dépôts : sur la base d'études bathymétriques et géotechniques, le volume des sédiments a été interpolé pour l'ensemble de la cuvette du barrage.
- L'identification des méthodes de curage : sur la base des études déjà faites dans le domaine sur le plan national et international, les différentes technologies appropriées ont été identifiées et proposées.
- Le recyclage des volumes curés : Une analyse socioéconomique a été faite dans le village pour identifier l'utilité des boues de vidange et aussi pour identifier différents sites de dépôt.
- Les mesures de protection : l'organisation juridico-institutionnelle autour de la gestion de la maintenance des ouvrages a été abordée et un plan de protection de la retenue a été élaboré impliquant les parties prenantes à la gestion locale de la ressource.

1.3. Méthodologie

La méthodologie de l'étude est organisée autour d'études techniques. Les études techniques ont concerné principalement quatre volets à savoir la topographie, la géotechnique, l'hydrologie, et l'environnement.

L'étude topographique/bathymétrique a permis de reconstituer le volume de la cuvette et d'élaborer la courbe hauteur – volume – surface de la retenue. Elle a été effectuée dans la cuvette de la retenue, au pas d'échelle de 25 m.

L'étude géotechnique a permis d'approximer le volume de dépôts des sédiments à travers des carottages et des puits à ciel ouvert pour le tracé du profil du sol. Les carottes ont été prélevées suivant un maillage de la retenue au pas de 105 m.

L'étude hydrologique a fait l'analyse des apports de sédiments à partir de formules empiriques.

L'étude environnementale a fait ressortir à travers un diagnostic participatif des acteurs, et des entretiens avec les services techniques décentralisés et déconcentrés, les questions de mauvaises pratiques dans le bassin versant de l'ouvrage, l'utilisation des boues de vidange et l'identification de zones de dépôt.

1.4. Présentation du site

Le barrage de Koulo est situé dans la commune de Manni, dans la province de la Gnagna, dans la région de l'Est. Les coordonnées de la retenue sont : latitude ($13^{\circ}14'10.56''N$) et longitude ($0^{\circ}0'4.85''O$). Le barrage a été construit dans le village de Koulo en 1973 par des moines, et réhabilité en 2000 par le projet FICOD.

Le barrage se trouve sur le cours d'eau de la Faga, qui est un affluent du fleuve Niger. Le bassin versant du barrage de Koulo a une superficie d'environ 90 km². La superficie du plan d'eau estimé à partir de levés topographiques est d'environ 16.8 hectares.

Le barrage comporte une digue en terre, un évacuateur de crues en béton armé et un bassin de dissipation en perré maçonné. Le talus de la digue est jonché d'arbustes et

d'herbes qui entraînent un mauvais état de la digue et des brèches réparées artisanalement par les usagers.

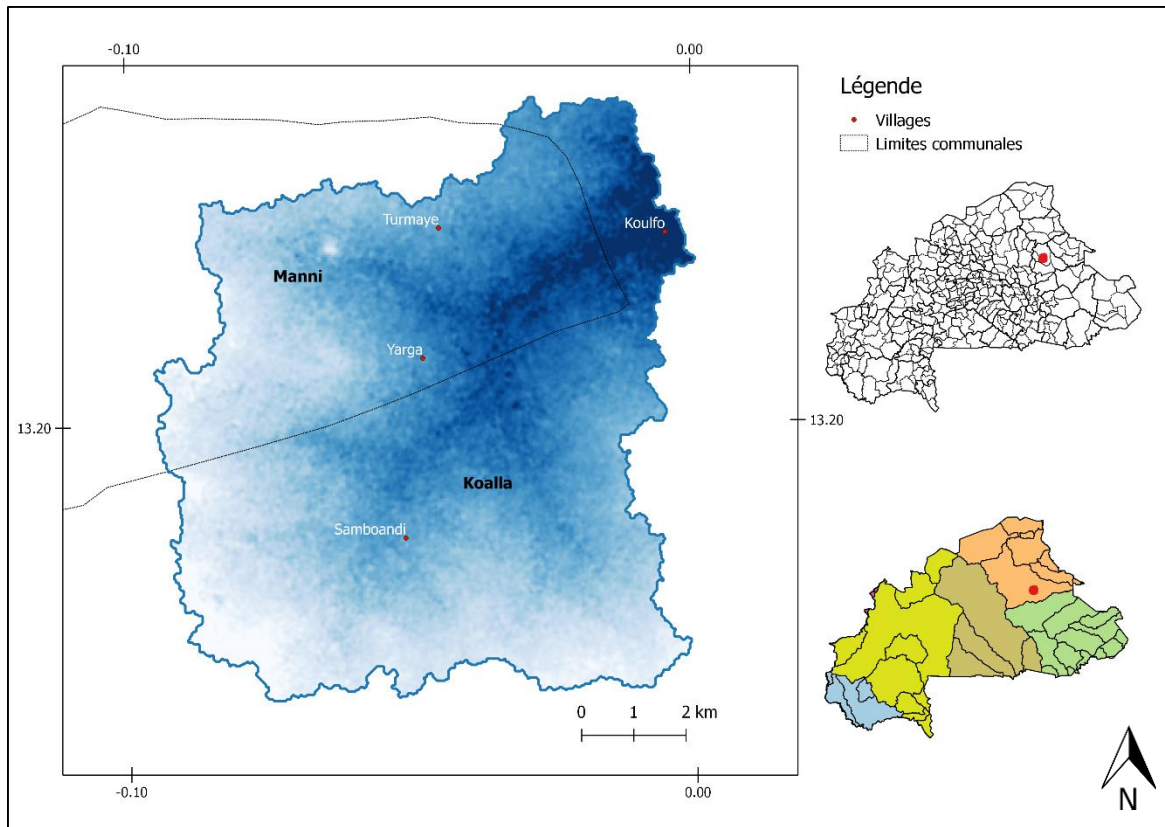


Figure 1 : Carte de situation du barrage de Koulofo



Photo 1 : Talus du barrage de Koulofo envahi d'arbustes



Photo 2 : Travaux de réparation en gris réalisés sur la digue par les usagers du périmètre

2. PROCESSUS D'ÉROSION ET DE SEDIMENTATION DANS LE BARRAGE DE KOULFO

Au processus de sédimentation dans la cuvette du barrage sont associés plusieurs facteurs érosifs en cause, d'origine anthropiques, climatiques et géomorphologiques.

2.1.1. Facteurs anthropiques

Le village de Koulo signifie en langue locale « lieu de repos », et proviendrait de la construction d'un puits approvisionnant en eau de manière pérenne durant les années sèches et procurant du repos à ceux qui cherchaient de l'eau. La population est composée de migrants venant des villages et provinces alentours, attirés par la disponibilité des ressources en eau souterraines. On a principalement les Gourmatchés venus de Koalla, de Bilanga, de Thion et de Gabia, les Peuls de Tougouri, et les Mossis de Pouytenga et de Boulsa.

Les activités menées dans les abords immédiats de la cuvette du barrage et tendant à fragiliser le sol, sont responsables en partie de son ensablement. Il a été identifié des exploitations maraichères sur la rive droite de la retenue. Ces exploitations de taille modeste, moins de trois hectares, ont comme spéculations principalement la tomate et les oignons. De même, l'abreuvement du bétail directement dans la retenue, constitue une source d'érosion des berges. L'élevage pratiqué dans la commune de Manni est à l'instar de la Région du Centre-Nord et même sur le plan national, principalement de type extensif. Il se caractérise par la transhumance durant la saison sèche, vers les points d'eau et à la recherche de pâturage pour le bétail. Le bétail se compose principalement de bovins, d'ovins et de caprins (voir Tableau 1). L'absence de délimitation d'un périmètre de protection de la retenue et d'une piste d'accès pour le bétail constitue une porte d'entrée pour la fragilisation des berges et la sédimentation accélérée de la retenue.

Tableau 1: Cheptel de la commune de Manni (source PCD²)

| Espèces | Bovins | Ovins | Caprins | Asins | Equins | Porcins | Volaille |
|---------|--------|--------|---------|-------|--------|---------|----------|
| Nombre | 74 612 | 52 015 | 90 686 | 4 238 | 108 | 3 459 | 130 246 |

² Burkina Faso, *Plan Communal de Développement de Manni*, 2015.

A l'échelle du bassin versant, les états de surface émanant de la Base de Données d'Occupation des Terres (BDOT) permettent d'analyser l'état de la dégradation des terres. La Figure 2 montre des sols nus situés le long des cours d'eau. Ces sols sont caractéristiques des sols dégradés et interpellent sur l'état des berges des cours d'eau alimentant le barrage de Koulfo. Le bassin versant se caractérise aussi par une forte proportion de superficies agricoles (environ 50%) réparties sur l'ensemble du bassin versant de la retenue de Koulfo. Les sols agricoles sont généralement de grands contributeurs en sédiments aux retenues d'eau en aval. En cause, les pratiques culturales inadaptées qui contribuent à fragiliser et à lessiver les sols.

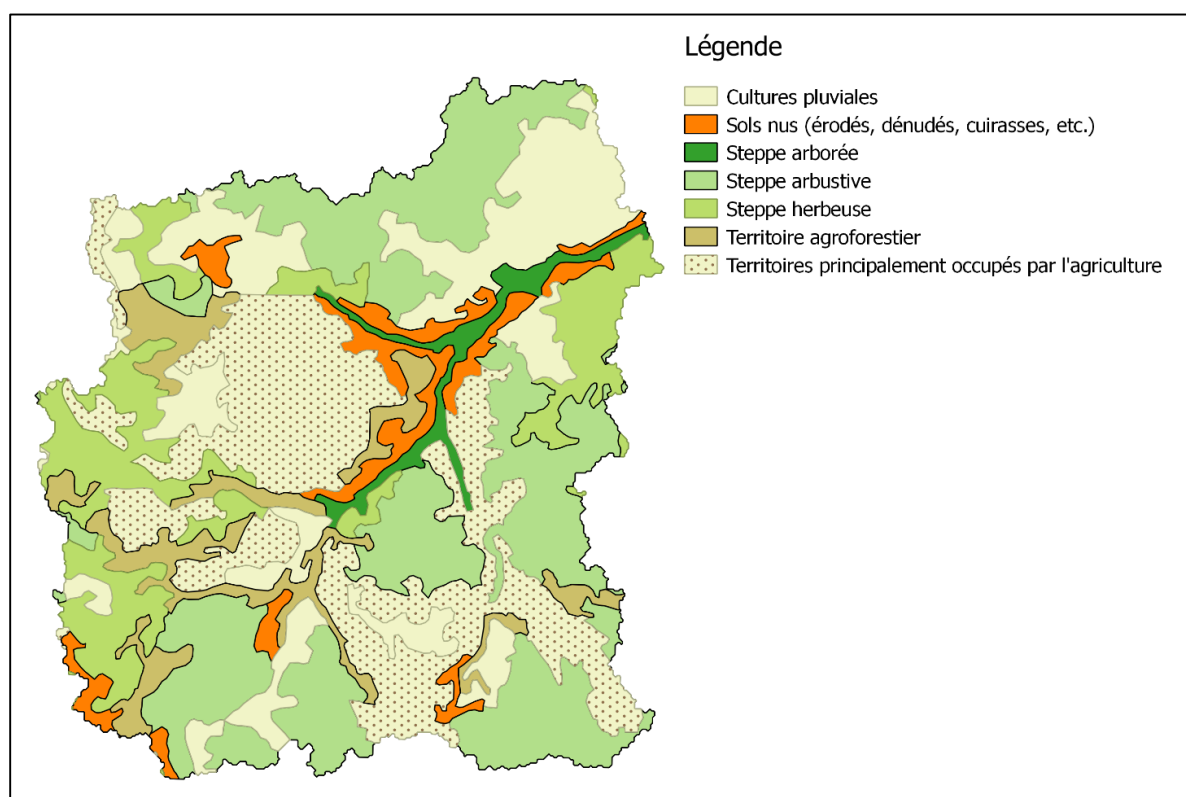


Figure 2 : Carte des états de surface du bassin versant du barrage de Koulfo (Source : BDOT-2002)

Par ailleurs, la pression sur les ressources naturelles d'une localité est l'une des causes à la source de la dégradation environnementale, et elle est corrélée avec la densité de la population. Les villages identifiés dans le bassin versant du barrage ont de fort taux de croissance, tels que résumés dans le Tableau 2. La population du bassin

versant est passée de près de 4900 habitants en 2006 à près de 6400 habitants en 2018, soit un accroissement de 30%.

Tableau 2 : Croissance de la population dans le bassin versant du barrage (Source : PCD Manni)

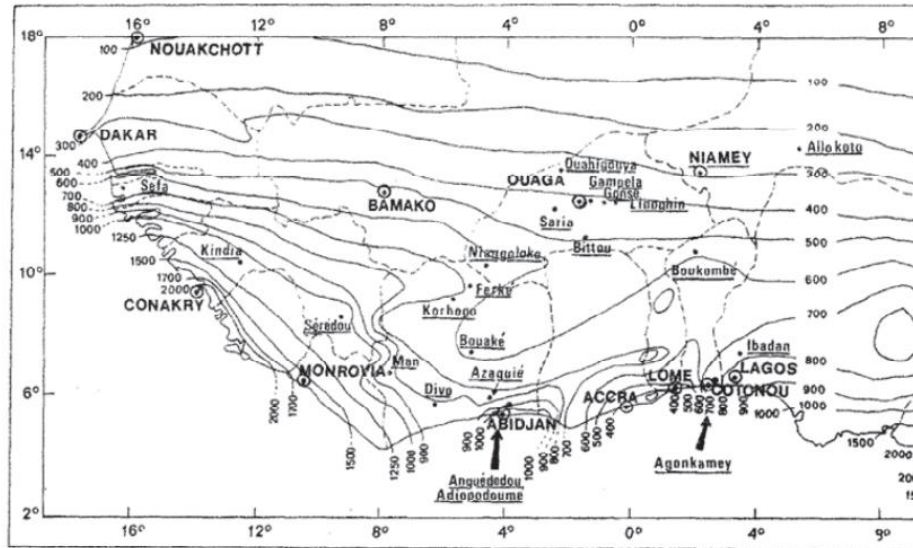
| Nom du village | Population en 2006 | Taux de croissance annuelle | Population en 2015 | Population 2020 |
|----------------|--------------------|-----------------------------|--------------------|-----------------|
| Koulfo | 1618 | 2,34% | 1992 | 2136 |
| Samboandi | 715 | 2,34% | 880 | 944 |
| Tourmaye | 1300 | 2,34% | 1601 | 1716 |
| Yarga | 1259 | 1,81% | 1480 | 1561 |

2.1.2. Facteurs climatiques

Le contexte sahélien est marqué par une pluviométrie de forte intensité et qui se révèle agressive pour les sols. En effet, comparativement au climat méditerranéen, la ville de Ouagadougou reçoit en cinq mois de mai à septembre, 661 mm en environ 65 jours de pluie selon la moyenne 1981 – 2010³, soit plus de quantités de précipitation que la ville de Paris en une année qui récolte 637 mm en 111 jours de pluie pour la même période⁴. Les premières recherches en Afrique ont noté le caractère dominant de l'érosion par la pluviométrie sur les autres facteurs, aboutissant à un indice d'érosivité pour l'Afrique de l'Ouest (voir Fig. 3), fonction de l'énergie cinétique et de l'intensité maximale pour une pluie de 30 mn de durée.

³ Ernest Ouédraogo, 'Variabilité Climatique Au Burkina Faso' (Ouagadougou).

⁴ 'Le Changement Climatique À Paris' (Météo-France, 2015).



D'après les données pluviométriques rassemblées par le Service Hydrologique de l'ORSTOM et arrêtées en 1975

Dressée par Roose (E.J.)

Figure 3 : Carte d'érosivité de l'Afrique de l'Ouest (Roose, 1977)

La période la plus érosive de l'année est le début de l'hivernage, du fait de l'absence de végétation pour la protection des sols.

2.1.3. Facteurs géologiques et géomorphologiques

A l'échelle du bassin versant, la géologie, le type de sol, et la pente sont des facteurs déterminants de l'érosion des sols.

La carte géologique de Koulfo (voir Fig. 4) révèle un environnement dominé par des migmatites et granites indifférenciés du Précambrien Antébirimien.

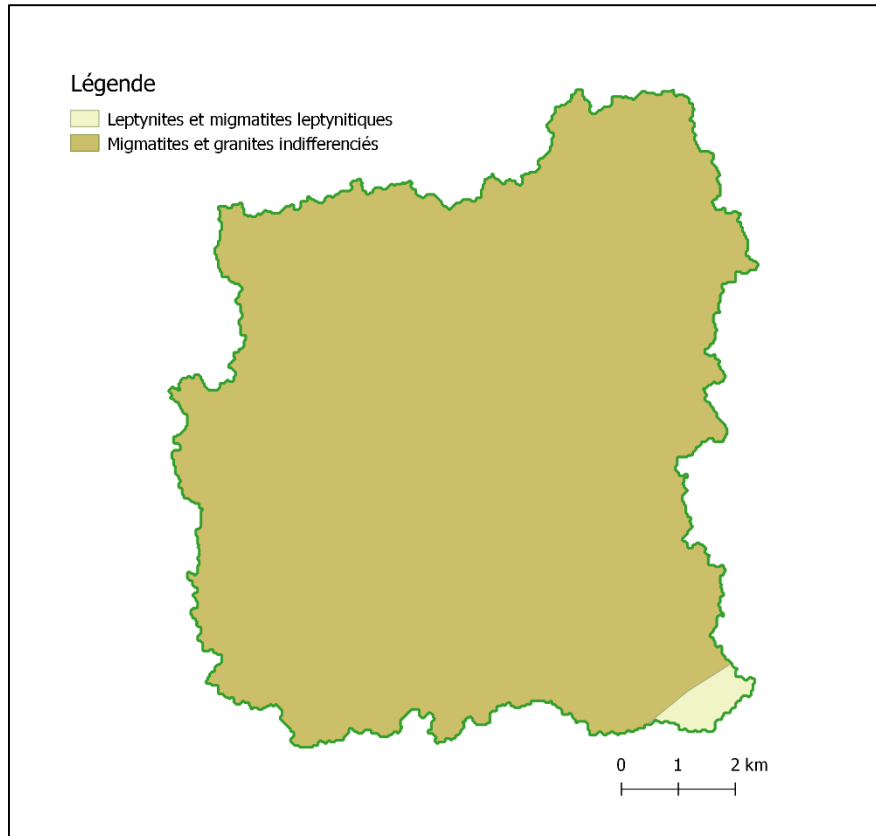


Figure 4 : Carte géologique dans le bassin versant de Koulfo⁵

Les sols sont dans l'ensemble du bassin des sols peu évolués constitués de matériaux gravillonnaires et associés à des lithosols sur cuirasse ferrugineuse. Les sols peu évolués sont des sols à faible profondeur dont le profil est peu altéré. Ces sols sont caractéristiques des zones subissant fortement l'érosion hydrique.

Le transect du bassin versant (Fig. 5) révèle un profil peu pentu, 0,4% dans l'ensemble, et des pentes maximales de 13% pour des distances plus courtes. Les pentes sont prononcées aux abords du cours d'eau, ce qui en complément de la carte des états de surface, confirme la fragilité de ces zones à l'érosion.

⁵ G Hottin and O. F. Ouédraogo, 'Carte Géologique Du Burkina', 1992.

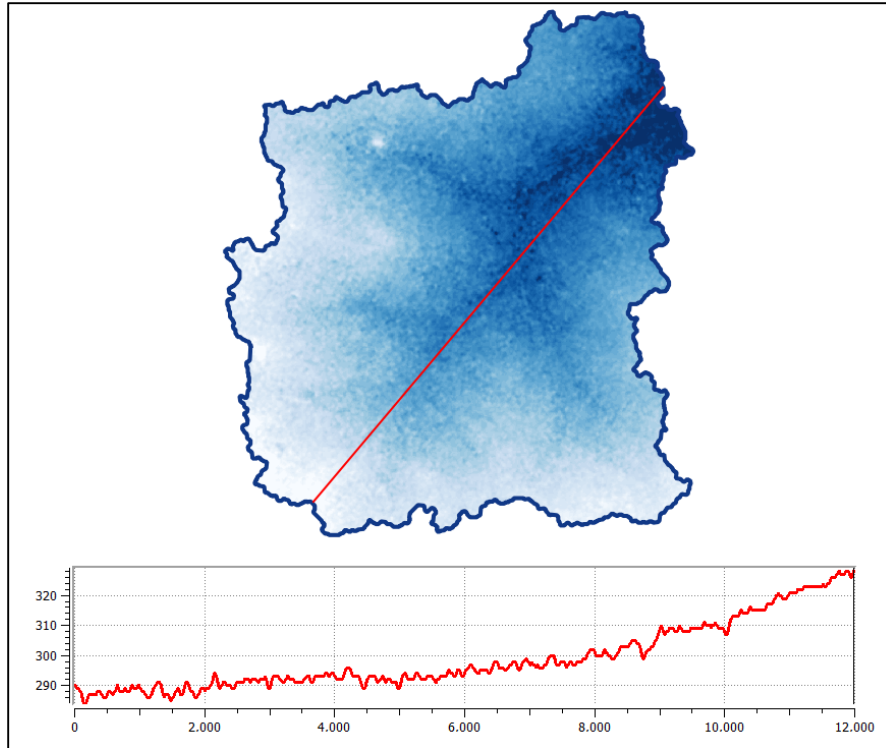


Figure 5 : Transect de l'amont en aval du bassin versant de la retenue de Koulofo

2.2. Les apports solides

La sédimentation est un phénomène naturel qui touche l'ensemble des retenues d'eau dans le monde, mais à des degrés différents. Au Burkina Faso, des études ont porté sur l'estimation des apports solides dans différentes régions. Karambiri⁶ a évalué dans le Sahel à Katchari, des apports solides de l'ordre de 4 à 8 t/ha/an. Lamachère⁷ a trouvé pour un bassin de 44 km² dans le Yatenga des apports solides à hauteur de 0.4 t/ha/an. Des recherches menées autour de trois retenues dans la province du Ioba par Schmengler⁸ ont révélé des pertes annuelles de l'ordre de 0.3 à 4.4 t/ha/an, ce qui correspond à une perte en volume annuel de ces retenues de 0.2 à 0.4%.

⁶ H. Karambiri and others, 'Importance of Soil Surface Characteristics on Water Erosion in a Small Grazed Sahelian Catchment', 2003.

⁷ Jean-Marie Lamachère, 'Transports Solides À L'exutoire D'un Bassin Versant Sahélien (Région de Bidi, Burkina Faso)', 2000.

⁸ Almut C. Schmengler, 'Modeling Soil Erosion and Reservoir Sedimentation at Hillslope and Catchment Scale in Semi-Arid Burkina Faso', 2011.

De nombreuses formules empiriques permettent d'estimer les apports solides dans une cuvette, à partir des caractéristiques géomorphologiques du bassin versant, et des facteurs climatiques. Les modèles de Gottschalk et de Grésillon sont les plus utilisées au Burkina Faso⁹.

2.2.1. Formule de Gottschalk

Le modèle simple de Gottschalk estime la dégradation uniquement à partir de la superficie du bassin. Elle est basée sur des observations dans des bassins en Amérique et est l'une des formules les plus utilisées au Burkina.

La dégradation spécifique annuelle est :

$$D = 260 \cdot S^{-0.1}$$

Appliqué au bassin versant de Koulfo, on trouve une valeur de 166 m³/km²/an. Le modèle simple de Gottschalk est approximatif car n'intégrant pas des paramètres de sol, de pluviosité et d'état de surface entre autres.

2.2.2. Formule de Grésillon

Le modèle de Grésillon ou modèle du CIEH-EIER utilise deux paramètres qui sont la pluviométrie et la superficie du bassin. Le modèle a été formulé après des mesures expérimentales dans trois bassins versants du Burkina Faso, et paraît approprié pour le site de Koulfo. Toutefois, l'absence de facteurs sur la géomorphologie et l'état des surfaces limite la précision du modèle.

La dégradation spécifique annuelle s'écrit :

$$D = 700 \cdot (P / 500)^{-2.2} \cdot S^{-0.1}$$

Avec P la pluviométrie annuelle et S la superficie du bassin versant.

On s'aperçoit que la dégradation augmente de manière inversée avec la pluviométrie et la superficie du bassin. Pour la donnée de pluie, le site de Koulfo se situe au milieu des deux stations de Ouaga et de Dori avec des valeurs respectives de pluviométrie annuelle de 788 mm et de 485 mm (source : FAO, Climwat). La dégradation spécifique

⁹ Harouna Karambiri, 'Etude de l'Envasement Des Barrages Au Burkina Faso : Etude de Cas' (EIER, 1998).

est alors comprise entre 164 et 477 m³/km²/an. Cette valeur peut être prise comme indicative et un premier pas dans l'estimation des apports solides.

3. ESTIMATION DU VOLUME DE DEPOTS

3.1. Etablissement du profil du sol

En l'absence de données initiales de topographie de la cuvette, le volume de dépôt est estimé à partir de sondage d'échantillons du sol. Treize points de prélèvement ont été identifiés dans la cuvette sur la base d'images satellitaires suivant un maillage de 105 m (voir Fig. 6). Une tarière a été utilisée pour l'ensemble des points, complétée par des fosses à ciel ouvert pour les points GP4, GP5, GP6 et GP8.

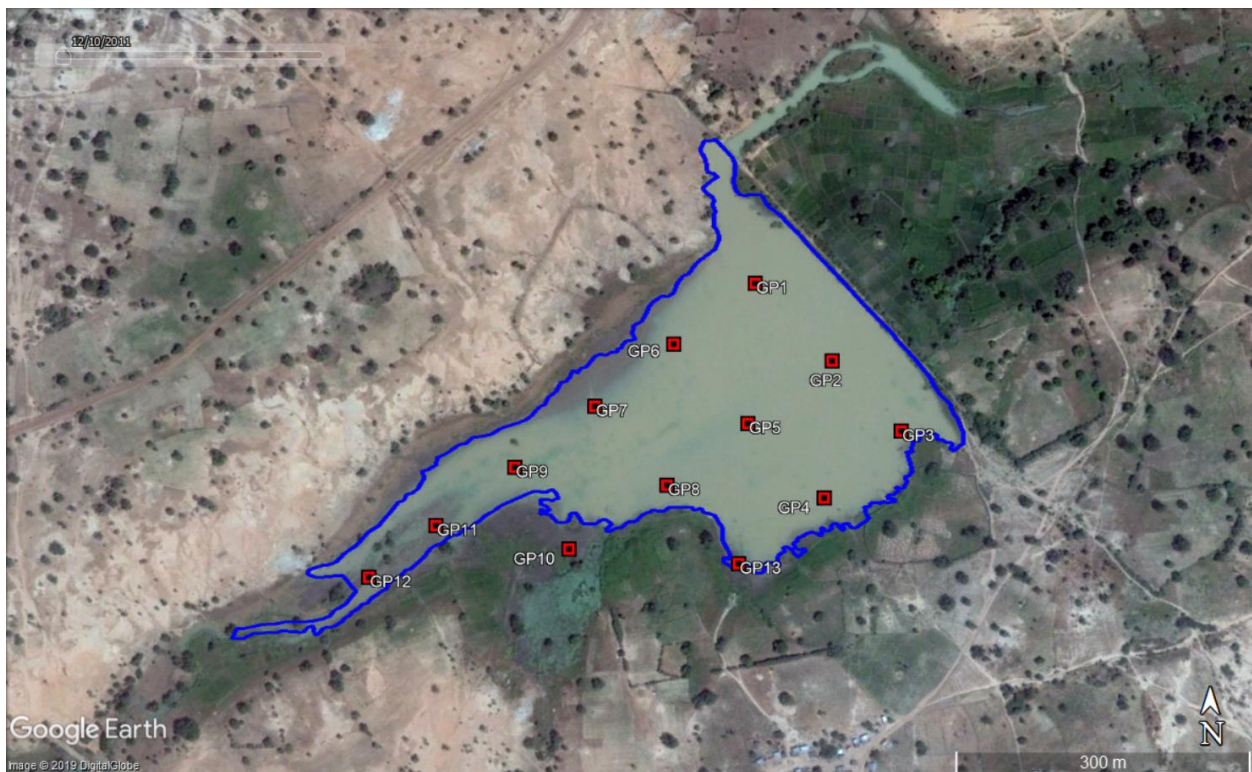


Photo 3 : Localisation des points de prélèvement d'échantillons à partir de l'image Google Earth du 10 novembre 2011

Le profil du sol a été établi pour chacun des points de sondage. Les échantillons de sol correspondant au transect GP2 – GP5 – GP8 – GP10, en plus des points latéraux GP4 et GP7, ont fait l'objet d'analyse en laboratoire pour la détermination de la texture du sol (voir Tableau 4). Cette analyse révèle des sols principalement argilo-sableux et limono-argileux.

Tableau 3 : Epaisseur des couches par carottes (en cm)

| | GP1 | GP2 | GP3 | GP4 | GP5 | GP6 | GP7 | GP8 | GP9 | GP10 | GP11 | GP12 | GP13 |
|----------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|------|------|
| Couche 1 | 30 | 25 | 10 | 35 | 20 | 50 | 10 | 40 | 50 | 20 | 45 | 35 | 50 |
| Couche 2 | 35 | 75 | 90 | 20 | 30 | 50 | 40 | 60 | 50 | 40 | 55 | 65 | 20 |
| Couche 3 | 35 | | | 25 | 50 | | 50 | | | 40 | | | 30 |
| Couche 4 | | | | 20 | | | | | | | | | |

Tableau 4 : Analyse de la texture du sol

| N° SONDAGE | COUCHES | NATURE | Analyse granulométrique (passants %) | | | |
|---------------|---------|------------------|--------------------------------------|--------|--------|---------|
| | | | 5 mm | 1.6 mm | 0.4 mm | 0.08 mm |
| GP2 | 0/25 | Argile sableuse | 99,09 | 95,29 | 72,24 | 50,23 |
| GP2 | 25/100 | Argile limoneuse | 75,08 | 62,00 | 51,70 | 42,59 |
| GP4 | 0/35 | Argile limoneuse | 84,76 | 63,05 | 48,22 | 35,89 |
| GP4 | 35/55 | Limon Argileux | 96,80 | 89,30 | 70,40 | 55,20 |
| GP4 | 55/80 | Argile sableuse | 98,97 | 93,99 | 74,17 | 51,59 |
| GP4 | 80/100 | Argile limoneuse | 82,35 | 61,84 | 48,57 | 38,25 |
| GP5 | 0/20 | Limon Argileux | 75,76 | 56,26 | 43,13 | 35,24 |
| GP5 | 20/70 | Argile sableuse | 93,76 | 83,22 | 65,24 | 51,65 |
| GP5 | 70/100 | Argile sableuse | 74,31 | 56,25 | 39,09 | 28,63 |
| GP7 | 0/10 | Sable limoneux | 98,58 | 91,93 | 71,49 | 55,11 |
| GP7 | 10/50 | Argile sableuse | 67,04 | 45,74 | 33,13 | 25,71 |
| GP7 | 50/100 | Argile sableuse | 95,98 | 86,41 | 65,16 | 48,97 |
| GP8 | 0/40 | Limon Argileux | 97,67 | 80,12 | 50,19 | 34,92 |
| GP8 | 40/100 | Argile sableuse | 97,37 | 83,54 | 51,44 | 40,04 |
| GP10 | 0/20 | Argile limoneuse | 96,89 | 81,72 | 54,84 | 46,49 |
| GP10 | 20/60 | Argile sableuse | 91,13 | 76,83 | 52,38 | 42,07 |
| GP10 | 60/100 | Argile sableuse | 98,39 | 79,90 | 57,87 | 48,88 |

Quatre sols caractéristiques ont été observés :

- Des sols de couleur grise représentant les premières couches des différentes carottes. Ces sols sont identifiés comme les sols de dépôt. L'analyse de la texture du sol révèle des sols argilo-limoneux, limono-argileux et argilo-sableux.
- Des sols latéritiques de couleur orange et représentant la deuxième couche de sol principalement aux points en aval dans la retenue (P1 à P6).

- Des sols oxydés tachetés et légèrement indurés, représentant la deuxième couche pour les points en amont de la retenue.
- Des lithomarge ou saprolithe fine contenant des proportions importantes en matériau gravillonnaire et caractéristiques de la proximité de la roche mère. Leur présence dans les dernières couches de certains échantillons est synonyme de sols peu profonds.



Photo 4 - Profil du sol au point P4 - de 0 à environ 35 cm : argile grise ; de 35 à 80 cm : correspond à la zone à argile tachetée d'un profil d'altération classique ; zone

légèrement indurée ; de 80 à 100 cm : lithomarge ou saprollithe fine avec de petits fragments de la roche mère en bas de profil.



Photo 5 - Profil du sol au point P5 - de 0 à 20 cm : concrétions argilo-limoneuses dans une matrice d'argile grise ; de 20 cm en bas de profil : zone légèrement indurée correspondant à la zone à argile tachetée.

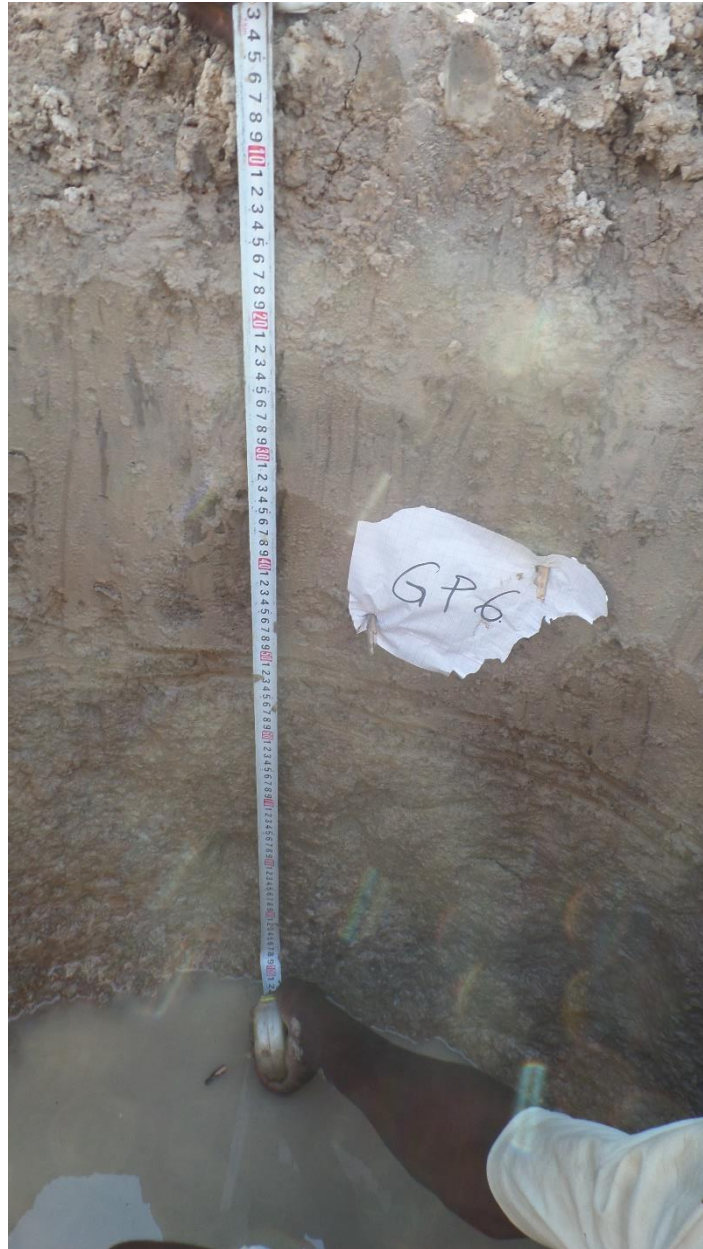


Photo 6 - Profil du sol au point P6 - de 0 à environ 33 cm : argile grise ; de 20 à environ 50 cm : zone à argile tachetée légèrement indurée ; 50-100 cm : lithomarge ou saprolithe fine avec de petits fragments de la roche mère en bas de profil



Photo 7 - Profil du sol au point P8 : de 0 à 50 cm : argile grise (sombre) ; de 50 cm à 100cm : zone à argile tachetée légèrement indurée.

Le type de sol sur l'ensemble du bassin versant de la retenue de Koufou et la nature des altérations présentes dans les différentes couches des différents échantillons prélevés, font de ces premières couches identifiées dans la cuvette des dépôts sédimentaires récents comparativement aux couches sous-jacentes. La hauteur des sédiments déposés varie donc de 10 cm à 50 cm, soit une épaisseur moyenne de 31 cm.

3.2. Volume des dépôts

3.2.1. Estimation du volume des dépôts

Une étude topographique a été menée à l'assec du barrage pour élaborer la courbe Hauteur-Volume-Surface (Fig. 7), et calculer le volume de la retenue. Le Tableau 5 fait l'ébauche des calculs menés pour estimer le volume de la retenue, estimé à environ 70 000 m³. Le volume des sédiments est estimé à environ 52 000 m³.

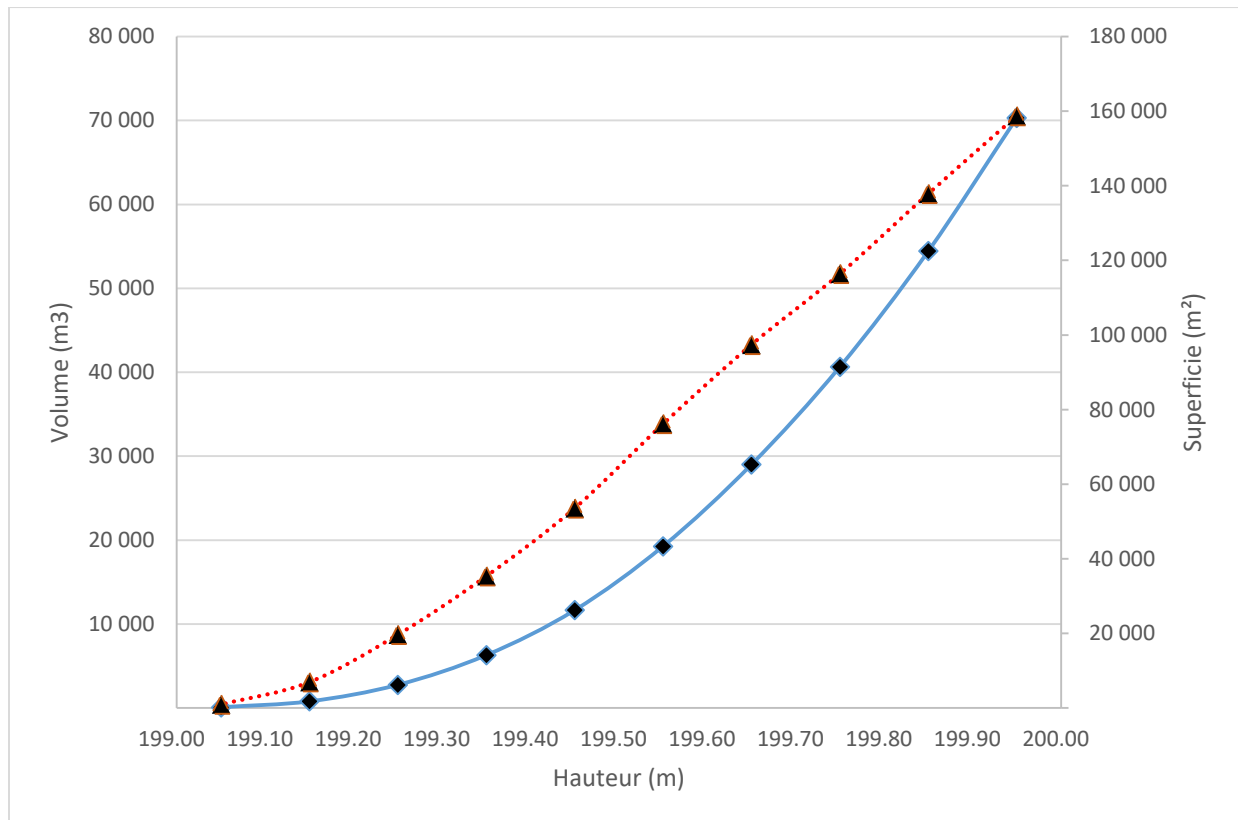


Figure 6 : Courbe Hauteur – Volume – Surface avec en bleu en ligne continue la courbe des volumes, et en rouge en ligne discontinue les superficies.

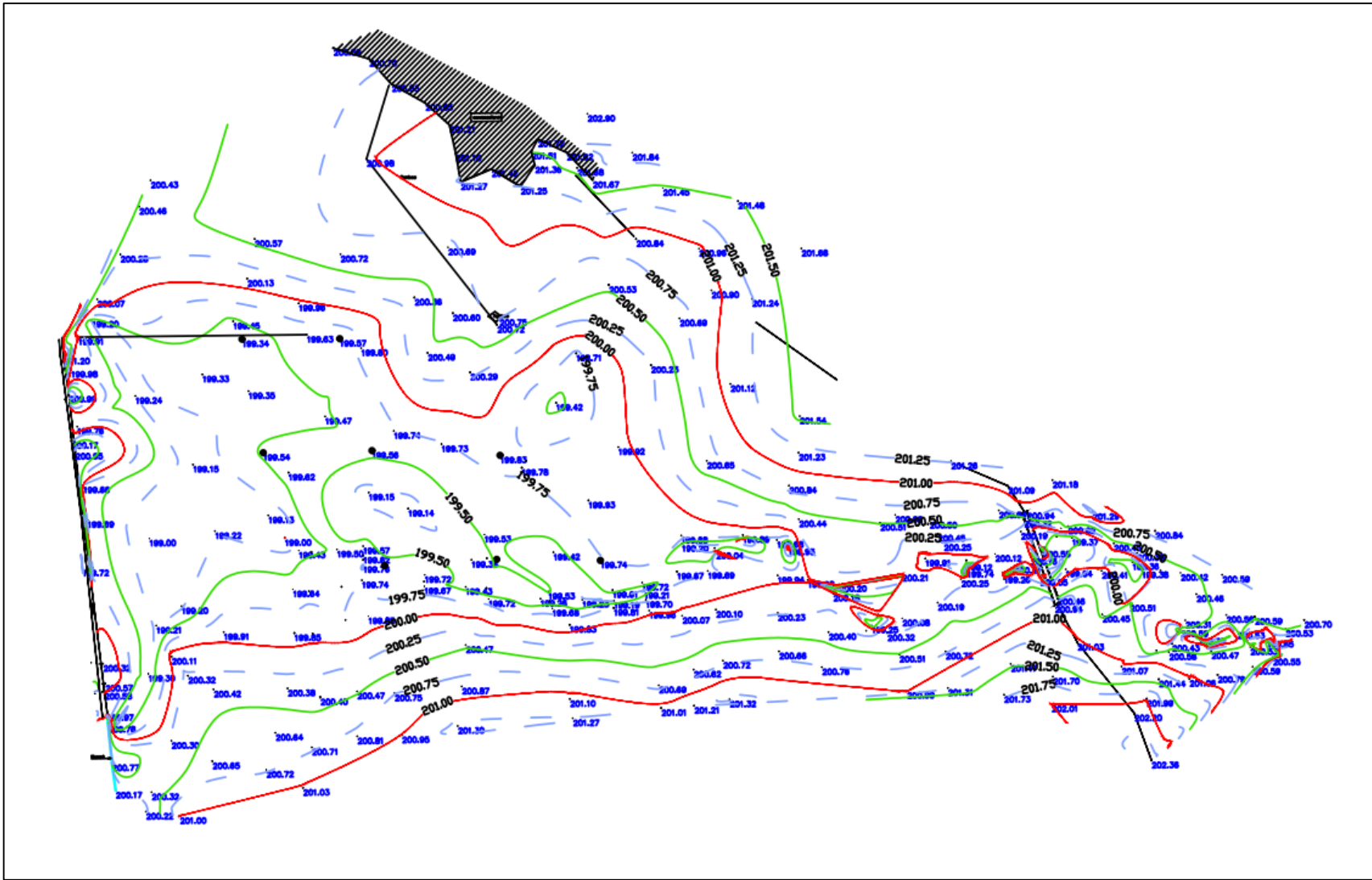


Figure 7 : Topographie de la cuvette du barrage de Koulo

Tableau 5 : Estimation du volume de la retenue et du volume des déblais

| N° courbes de niveau | Cote (Ci) m | Dénivelé [Di = Ci-1-Ci] m | Hauteur à curer Hi m | Superficie (Si) m ² | Superficie moyenne [Smi = (Si + Si+1)/2] m ² | Volume [Vi = (Smi x Di)] m ³ | Volume à déblayer [Vdi = Hi x (Si - Si-1)] m ³ |
|----------------------|-------------|---------------------------|----------------------|--------------------------------|---|---|---|
| 1 | 200.00 | | 0.31 | 168 374 | | | |
| 2 | 199.90 | 0.10 | 0.31 | 149 127 | 158 751 | 15 875 | 5 967 |
| 3 | 199.80 | 0.10 | 0.31 | 126 658 | 137 892 | 13 789 | 6 966 |
| 4 | 199.70 | 0.10 | 0.31 | 106 169 | 116 414 | 11 641 | 6 351 |
| 5 | 199.60 | 0.10 | 0.31 | 88 666 | 97 418 | 9 742 | 5 426 |
| 6 | 199.50 | 0.10 | 0.31 | 63 717 | 76 191 | 7 619 | 7 734 |
| 7 | 199.40 | 0.10 | 0.31 | 43 459 | 53 588 | 5 359 | 6 280 |
| 8 | 199.30 | 0.10 | 0.31 | 27 290 | 35 374 | 3 537 | 5 012 |
| 9 | 199.20 | 0.10 | 0.31 | 12 100 | 19 695 | 1 970 | 4 709 |
| 10 | 199.10 | 0.10 | 0.31 | 1 873 | 6 987 | 699 | 3 170 |
| 11 | 199.00 | 0.10 | 0.31 | 72 | 973 | 97 | 558 |
| Total | | | | | | 70 328 | 52 174 |

3.2.1. Durée de vie de l'ouvrage

La durée de vie de l'ouvrage est fonction des apports solides et du volume de la retenue. Avec un volume au plan d'eau normal estimé à 70 000 m³, et un volume à curer de 52 000 m³, le volume initial de la retenue peut être estimé à environ 122 000 m³, valeur qui est proche des 150 000 m³ trouvée dans la littérature¹⁰. En considérant les dépôts comme uniformément repartis dans le temps, on a un apport annuel de 1159 m³/an, soit une perte de 1% du volume de la retenue chaque année. La configuration du site entraîne une perte de la moitié de la capacité de la retenue de Koulfo en 50 ans.

¹⁰ Fanta Mara, 'Développement et Analyse Des Critères de Vulnérabilité Des Populations Sahéliennes Face À La Variabilité Du Climat: Le Cas de La Ressource En Eau Dans La Vallée de La Sirba Au Burkina Faso', 2010.

4. METHODE DE CURAGE DES BARRAGES

Au Burkina Faso, le curage des retenues n'est pas courant du fait des équipements spécifiques qui ne sont pas disponibles sur le marché local. Aussi, les impacts sur le comportement de la retenue tels que l'augmentation des infiltrations les premières années après le curage, de même que la problématique autour de la gestion des boues déblayées sont des facteurs qui pèsent pour la recherche de solutions alternatives. Le rehaussement de la digue est plus d'usage pour prolonger la durée de vie d'un ouvrage de retenue d'eau, même si cette méthode entraîne la submersion de nouvelles terres aux bords immédiats de la retenue.

4.1. Méthodes de curage

Les méthodes de curage de retenues présentes dans la littérature concernent le siphonnement, le dragage, les chasses, et le décapage.

4.1.1. Le siphonnement

Le siphonnement consiste à faire passer un tuyau dans les eaux profondes d'une retenue, par-dessus ou en dessous de la digue, pour aspirer les boues de dépôt qui sont rejetées en aval. La différence de charge entraîne la circulation de l'eau et donc des boues de la retenue vers l'aval. Les distances couvertes dépendent de la longueur du tuyau qui peut atteindre 2 km et qui est déplacé à l'aide de flotteurs.

4.1.2. Le dragage

Le dragage consiste à prélever les matériaux sédimentés avec des moyens mécaniques ou par aspiration, par le biais d'engins flottants. C'est une technique qui retrouve sa trace dans les anciennes civilisations telles qu'en Egypte et en Inde. Les dragages mécaniques sont constitués de bateaux disposant d'excavateurs ou de bennes pour le prélèvement mécanique des sédiments. Le système de dragage hydraulique est constitué d'engins qui désagrègent les sédiments par des jets d'eau haute pression, pour ensuite aspiration et rejets dans les points de stockage. Une autre méthode d'origine américaine, consiste à remuer la zone de dépôt pour

permettre au courant de transporter les sédiments à l'aval. Cette dernière est adaptée pour les cours d'eau à fort courant.

4.1.3. Les chasses

Les grandes retenues d'eau sont généralement équipées de pertuis de chasse pour évacuer régulièrement les sédiments déposés au fond de la retenue. La chasse peut être à vide (vidange complète du réservoir) ou par soutirage (chasse temporaire), cette méthode ne touche cependant que les abords immédiats de la chasse.

4.1.4. Le décapage

Le décapage consiste à prélever les sédiments à l'assec du barrage. Le décapage est généralement réalisé à l'aide d'engins de terrassement. Une alternative à l'utilisation des engins de terrassement est l'utilisation de la main d'œuvre locale pour le déblai des dépôts de sédiments. Cela nécessite toutefois la dotation en équipements, la restauration des participants, et le transport des déblais vers les zones de dépôt.

4.2. Méthode retenue

4.2.1. Présentation

Parmi les méthodes de curage mis en pratique, le décapage apparaît comme la méthode la plus convenable pour les petits barrages au Burkina. En effet, ces petits barrages ont des profondeurs souvent inférieures à 2 m et sont majoritairement secs une partie de l'année, ce qui constitue un atout pour les travaux de déblais. Le décapage a aussi pour atout la disponibilité de la technologie, tout en étant réalisable avec la main d'œuvre locale.

4.2.2. Coûts associés au décapage

Les travaux de déblais des couches de sédiments demandent l'utilisation d'engins lourds, au vu de l'importance des volumes à évacuer. Les coûts sont affichés dans le Tableau 6.

Tableau 6 : Devis estimatif des travaux (utilisation d'engins de terrassement)

| N° | DESIGNATION | UNITE | QTITE | PRIX UNITAIRE | PRIX TOTAL |
|---------------------------------|---|----------------|--------|---------------|--------------------|
| I | PRIX GENERAUX | | | | |
| 1.1 | Déplacement, amené du matériel, installation de chantier et repli du matériel | FF | 1,00 | 1 800 000 | 1 800 000 |
| 1.2 | Levé topographique et élaboration du plan de recollement | FF | 1,00 | 1 000 000 | 1 000 000 |
| Sous total prix généraux | | | | | 2 800 000 |
| II | TERRASSEMENT | | | | |
| 2.1 | Déblai grande masse aux engins mécaniques | m ³ | 52 174 | 2 500 | 130 435 000 |
| Sous total terrassement | | | | | 130 435 000 |
| TOTAL GENERAL HTVA | | | | | 133 235 000 |
| TVA (18 %) | | | | | 23 982 300 |
| TOTAL TTC | | | | | 157 217 300 |

Le Tableau 7 fait l'ébauche d'un décapage en Haute Intensité de Main d'œuvre (HIMO), en considérant qu'en moyenne 100 personnes peuvent évacuer un volume journalier de 50 m³, soit un volume mensuel de 1 000 m³ à raison de 20 jours de travail par mois. Le volume à déblayer correspond à 52 mois de travail, toutefois le tableau a été adapté pour un volume de travail de 100 jours par an, soit l'équivalent de 5 mois pour le déblai de 5 000 m³.

Tableau 7 : Devis estimatif des travaux en HIMO

| N° Prix | DESIGNATION | UNITE | QTITE | PRIX UNITAIRE | PRIX TOTAL |
|------------|--|-------|-------|---------------|------------|
| I | PETITS MATERIELS POUR 100 PERSONNES | | | | |
| 1.1 | Pioche | | 100 | 3 500 | 350 000 |

| | | | | | |
|------------------------------------|--|--|---------------|---------|-------------------|
| 1.2 | Pelle | | 100 | 2 000 | 200 000 |
| 1.3 | Brouette | | 40 | 50 000 | 2 000 000 |
| 1.4 | Gant | | 200 | 1 500 | 300 000 |
| 1.5 | Cache nez | | 200 | 750 | 150 000 |
| 1.6 | Charrettes | | 05 | 200 000 | 1 000 000 |
| Sous Total Petits matériels | | | | | 4 000 000 |
| II | RESTAURATION DE 100 PERSONNES X 100 JOURS | | | | |
| 2.1 | Eau | | 4 x 100 x 100 | 50 | 2 000 000 |
| 2.2 | Repas | | 100 x 100 | 1000 | 10 000 000 |
| Sous Total Restauration | | | | | 12 000 000 |
| TOTAL GENERAL | | | | | 16 000 000 |

La comparaison de ces deux solutions fait ressortir la question de coûts et de durée d'exécution. L'utilisation d'engins lourds présente l'avantage de la rapidité dans l'exécution, pour des coûts légèrement moins élevés (3013 FCFA/m³ contre 3200 FCFA/m³). Toutefois, la mobilisation de la main d'œuvre locale permet dans le long terme d'opérationnaliser la gestion locale de la ressource à travers l'appropriation par les acteurs des activités de curage. Le coût pourrait être ainsi réduit à la conduite de l'activité les premières années pour une impulsion opérationnelle.

4.2.3. Risques liés au décapage

La mise en œuvre de travaux de décapage comporte principalement le risque de changement de comportement de la retenue les premières années qui suivent le curage. En effet, les particules sédimentées ont un effet de réduction de l'infiltration au

fil du temps, et leur déblai pourrait entraîner des problèmes de disponibilité de la ressource du fait de la vidange plus rapide de la retenue.

Dans le cas de la retenue de Koulfo, ce risque est réduit du fait de la nature des sols rencontrés dans la cuvette, qui sont généralement peu profonds et ont de fortes proportions d'argiles.

5. RECYCLAGE DES VOLUMES CURES

Les habitants de Koulo ont accueilli favorablement la faisabilité d'un curage de leur retenue lors du focus groupe. Quant à l'utilisation des boues de déblais, les habitants ont identifié la fabrication des briques, le crépissage des concessions, et le remblai des zones d'emprunt. Les services techniques de la commune et des départements de l'eau, de l'agriculture et de l'environnement ont identifié le remblai des zones d'emprunt, l'utilisation des boues pour la fertilisation des champs et des forêts, et la confection de diguettes.

Trois sites ont été proposés par les habitants comme zones de dépôt :

- La Mission catholique : latitude 13°13'49.34"N, longitude 0° 0'44.18"E.
- Le premier site dans le quartier Dabérie : latitude 13°15'37.75"N, longitude 0° 0'16.66"W.
- Le deuxième site dans le quartier Dabérie : latitude 13°15'36.76"N, longitude 0° 0'25.81"W.



Photo 8 : Localisation des sites de dépôt à partir d'image Google Earth

6. PROTECTION DE LA RETENUE

Le processus de sédimentation dans les retenues d'eau est comme mentionné plus haut un phénomène naturel, dépendant des caractéristiques édaphiques et géomorphologiques du bassin versant. Les zones d'érosion ou zones de prélèvements peuvent être considérés comme la source des sédiments et doivent être protégés.

Les zones aux alentours immédiats des retenues sont généralement les plus en vue comme cause de l'ensablement. Toutefois, des recherches menées à la parcelle par l'IRD/ORSTOM¹¹ font ressortir des pertes de 20 ton/ha/an pour des champs de coton en culture mécanisée contre 1 ton/ha/an pour des champs traditionnels, et 0.3 ton/ha/an pour des parcelles non cultivées. Les apports du bassin versant peuvent donc dépasser largement les cultures aux abords de la retenue, toutefois les solutions émanant de la gestion des berges sont faciles à identifier et à mettre en œuvre. La protection d'une retenue d'eau contre l'envasement doit être intégrée dans une approche plus généralisée de gestion de la retenue, et cela à travers des instruments juridiques et institutionnels, ainsi que l'utilisation de techniques efficaces et adaptées.

6.1. Perception de la population

Les habitants de Koulo reconnaissent la situation de dégradation du barrage du fait de l'ensablement, et voient en cause la déforestation, le défrichage autour de la retenue, et l'utilisation des berges des cours d'eau. Comme mesures de protection, les habitants ont recensé les actions de reboisement, de réalisation de diguettes, et de protection des berges des cours d'eau qui alimentent le barrage. Toutefois, en dépit de l'identification des problèmes causant l'ensablement et des solutions proposées, la responsabilité des actions à mener n'est pas bien située.

¹¹ Jacques De Boissezon, *Erosion Des Aménagements Amont et Envasement Des Petites Retenues Au Burkina Faso*, 2000.

6.2. Aspects juridico-institutionnel

La gestion des ouvrages hydrauliques au Burkina Faso est généralement du ressort du maître d'ouvrage¹². La majorité des ouvrages ont pour paternité l'Etat, ou les organismes délégués tels que la SONABEL pour les barrages de la Kompienga et de Bagré, et l'ONEA avec le barrage de Ziga entre autres. Parmi les opérateurs privés, on identifie les organismes à caractère religieux, les ONG, et les opérateurs miniers. Dans le cas des petits barrages, la gestion des périmètres irrigués est généralement confiée aux utilisateurs de la ressource regroupés en comités d'irrigants. Cette gestion est limitée ne s'étend pas à la cuvette de la retenue, ni à son bassin versant. La création des Agences de l'Eau avec pour démembrement à l'échelle locale les Comités Locaux de l'Eau, permet de couvrir à la fois les différentes échelles telles que l'ouvrage, le bassin versant et aussi l'aval. Une couverture qui reste à opérationnaliser.

Ailleurs en France, la gestion de l'ouvrage est définie par la loi sur l'eau et les milieux aquatiques¹³. Le propriétaire est responsable de son ouvrage et en a la charge de sa maintenance. Le propriétaire peut confier à un exploitant le suivi et l'entretien de l'ouvrage qui consiste à vérifier périodiquement le bon fonctionnement des dispositifs et des organes hydrauliques, l'entretien courant du barrage, les mesures périodiques des instruments d'auscultation, et la rédaction de rapport annuel. La police de l'eau est le service de contrôle et s'assure que les différentes dispositions pour la maintenance et le suivi de l'ouvrage sont mis en œuvre. Toutefois, les barrages de faible hauteur ne sont pas classés selon la réglementation du fait qu'ils n'ont généralement pas des dispositifs d'auscultation et ne disposent pas d'historique de leur disposition constructive et de leur évolution.

¹² *Recueil de Textes Juridiques d'Application de La Loi d'Orientation Relative À La Gestion de l'Eau*, 2005.

¹³ *Loi N° 2006-1772 Du 30 Décembre 2006 Sur L'eau et Les Milieux Aquatiques*, 2006.

6.3. Solutions techniques

Les solutions techniques à la problématique d'envasement des retenues sont nombreuses et complémentaires.

6.3.1. Piégeage de sédiments

Le piégeage des sédiments est une solution mise en œuvre généralement à la conception de l'ouvrage et consiste à recueillir les sédiments en un endroit spécifique pour une vidange éventuelle. On distingue :

- Le piégeage en amont de la retenue à l'aide d'infrastructures telles que les barrages de décantation. C'est une solution coûteuse qui peut se révéler inadaptée pour les petits ouvrages.
- Le piégeage à l'intérieur de la retenue se fait à l'aide d'une tranche morte pour contenir les dépôts solides. L'ouvrage est alors surdimensionné volontairement pour à la fois répondre aux besoins et tenir compte de l'envasement de la retenue.

En termes de mise en œuvre, le piégeage de sédiments pourrait se faire sous forme de travaux HIMO. Les coûts unitaires estimés pour le curage de la retenue sont utilisés comme référence pour l'estimation du coût des travaux.

6.3.2. La protection des berges

La protection des berges est dans le contexte national la solution la plus récurrente à la problématique d'envasement. En effet, de nombreux projets dans le domaine de l'eau et de l'environnement, ont dans leur programme d'activités la protection des berges.

Parmi les actions de protection, on distingue :

- La délimitation de la bande de servitude.
- La plantation d'espèces herbacées pour la rétention des particules.
- La construction de canaux en béton pour freiner l'érosion
- Etc.

6.3.3. La protection du bassin versant.

La protection à l'échelle du bassin versant n'est généralement pas liée à la problématique d'envasement des retenues, mais plutôt à la protection des terres agricoles et à l'amélioration de leur fertilité. Les techniques de conservation des eaux et des sols et de défense et restauration des sols (CRS/DRS) visent à limiter les pertes en matières solides des terres au niveau des champs, contribuant ainsi à la réduction des apports solides dans les barrages en aval. Parmi les techniques de CES, les plus appliquées au Burkina sont :

- Les cordons pierreux
- Les diguettes filtrantes
- Les tranchées

Dans un contexte plus général, les changements des états de surface au Burkina, se caractérisent par le remplacement des zones de forêts par des zones de culture extensive. Ces changements sont accompagnés par la dégradation des sols qui ne sont plus protégés par les racines des arbres et des plantes, plus particulièrement en début de saison pluvieuse. Les actions appropriées à cette dégradation sont de l'ordre de la sensibilisation et de la promotion d'une agriculture plus en appropriation avec le contexte sahélien avec des pluies à caractère orageux et des ruissellements torrentiels. La promotion de l'agroforesterie constitue une alternative à l'agriculture de subsistance, et pourrait renverser la tendance à la dégradation constatée sur l'ensemble du territoire national.

6.3.4. Coûts estimatifs

Le tableau suivant donne une estimation des coûts des différentes actions de protection de la retenue. Les coûts ont été estimés sur la base des expériences diverses dans le contexte national, mais ne sauraient se substituer à des études approfondies de faisabilité de ces actions.

Tableau 8 : Actions de protection de la retenue et coûts associés

| Actions de protection | Activité | Cibles / Résultats | Parties prenantes (en plus de l'AEL) | Coûts |
|---|--|--|---|--------------|
| TRAPPE A SEDIMENTS | | | | |
| Piégeage de sédiments en amont de la retenue ou dans la cuvette | Dotation en équipements HIMO | 100 personnes sont dotées en équipement | Usagers de la ressource | 4 000 000 |
| | Creusage en HIMO | 500 m ³ de terres sont déblayés | Usagers de la ressource | 1 200 000 |
| PROTECTION DES BERGES | | | | |
| Délimitation d'une bande de servitude | Etude de délimitation | Une étude déterminant les contours, les points d'ancrage et les couloirs d'accès à la retenue est réalisée | Consultant | 1 000 000 |
| | Réalisation et pose de bornes | Les bornes de délimitation sont réalisées et posées autour de la retenue | Entreprise | 2 500 000 |
| | Aménagement de corridor d'accès pour le bétail | Un corridor d'accès à la retenue est réalisé | Services techniques des ressources animales Eleveurs | 200 000 |
| Plantation d'espèces herbacées | Achat et épandage des semences | La bande de servitude des zones d'apport de crue est protégée par des espèces herbacées | Usagers de la ressource | 600 000 |
| PROTECTION DU BASSIN VERSANT | | | | |
| Réalisation de cordons pierreux | Collecte de moellons | Les moellons de diamètre minimum de 30 cm sont collectés pour 100 ha | Entreprise | 15 000 000 |
| | Identification des courbes de niveau | Les courbes de niveau sont identifiées pour l'emplacement des cordons pour 100 ha | Consultant | 500 000 |
| | Pose de moellons en HIMO | 100 ha de champs sont aménagés de cordons sur les terrains à forte pente | Populations bénéficiaires | 500 000 |

| | | | | |
|---|--|--|---|------------|
| Réalisation de diguettes filtrantes | Etudes | Une étude déterminant la faisabilité et précisant les emplacements des diguettes est réalisée | Consultant | 5 000 000 |
| | Réalisation | 10 ha sont aménagés de diguettes filtrantes | Entreprise | 20 000 000 |
| Réalisation de tranchées | Etudes | Une étude déterminant les contours, les points d'ancrage et les couloirs d'accès à la retenue est réalisée | Consultant | 1 000 000 |
| | Dotation en équipements HIMO pour 100 personnes | 100 personnes sont dotées en équipement | Usagers de la ressource | 4 000 000 |
| | Creusage en HIMO | 500 m ³ de terres sont déblayés | Usagers de la ressource | 1 200 000 |
| Plantation d'arbres | Achat de pépinières | 1000 plants d'arbres sont acquis auprès des services des semences forestières | Services techniques de l'environnement | 500 000 |
| | Plantation des pépinières en HIMO | plantation des plants avec l'aide des populations bénéficiaires | Services techniques de l'environnement Populations bénéficiaires | 200 000 |
| Information / Sensibilisation des usagers | Tenue de rencontres d'information et de sensibilisation sur les bonnes pratiques culturelles | Les techniques de CRS/DRS sont promues lors de 04 rencontres d'information et de sensibilisation | ZAT Population bénéficiaires | 200 000 |
| SUIVI DE LA SEDIMENTATION | | | | |
| Suivi des dépôts de sédiments | Fourniture et pose d'échelles limnimétriques | 03 échelles limnimétriques sont posées dans la cuvette du barrage | Usagers de la ressource | 200 000 |
| | Suivi de la sédimentation | Un suivi saisonnier des dépôts des sédiments est effectué dans la cuvette de la retenue | Usagers de la ressource | - |

7. CONCLUSION

L'envasement des retenues est une problématique qui remet en question la pertinence des petits barrages dans le contexte sahélien. Dans le cas du barrage de Koulfo, les investigations donnent une valeur moyenne de 31 cm, qui correspond à un dépôt annuel de 1.5 cm. La perte associée peut être évaluée à environ 1% de la capacité initiale de la retenue par an. A ces pertes en volumes sont associées les pertes importantes par évaporation qui sont fonction de la hauteur de l'eau dans la retenue.

La faisabilité du curage de la retenue est de plusieurs ordres. Les coûts associés s'élèvent à près de 150 millions de FCFA. Ces coûts rendent plus intéressante la solution de rehaussement de la hauteur du déversoir. La faisabilité du curage fait ressortir la question de la gestion des ouvrages, et plus particulièrement la responsabilité pour une pérennité de l'ouvrage. Le nouveau cadre organisationnel autour de la gestion des ressources en eau, avec l'émergence des Agences de l'Eau, permet de répondre à ce besoin par la disposition des Comités Locaux de l'Eau (CLE) qui permettent de rassembler aussi bien les acteurs autour de l'ouvrage, que ceux en amont dans le bassin versant.

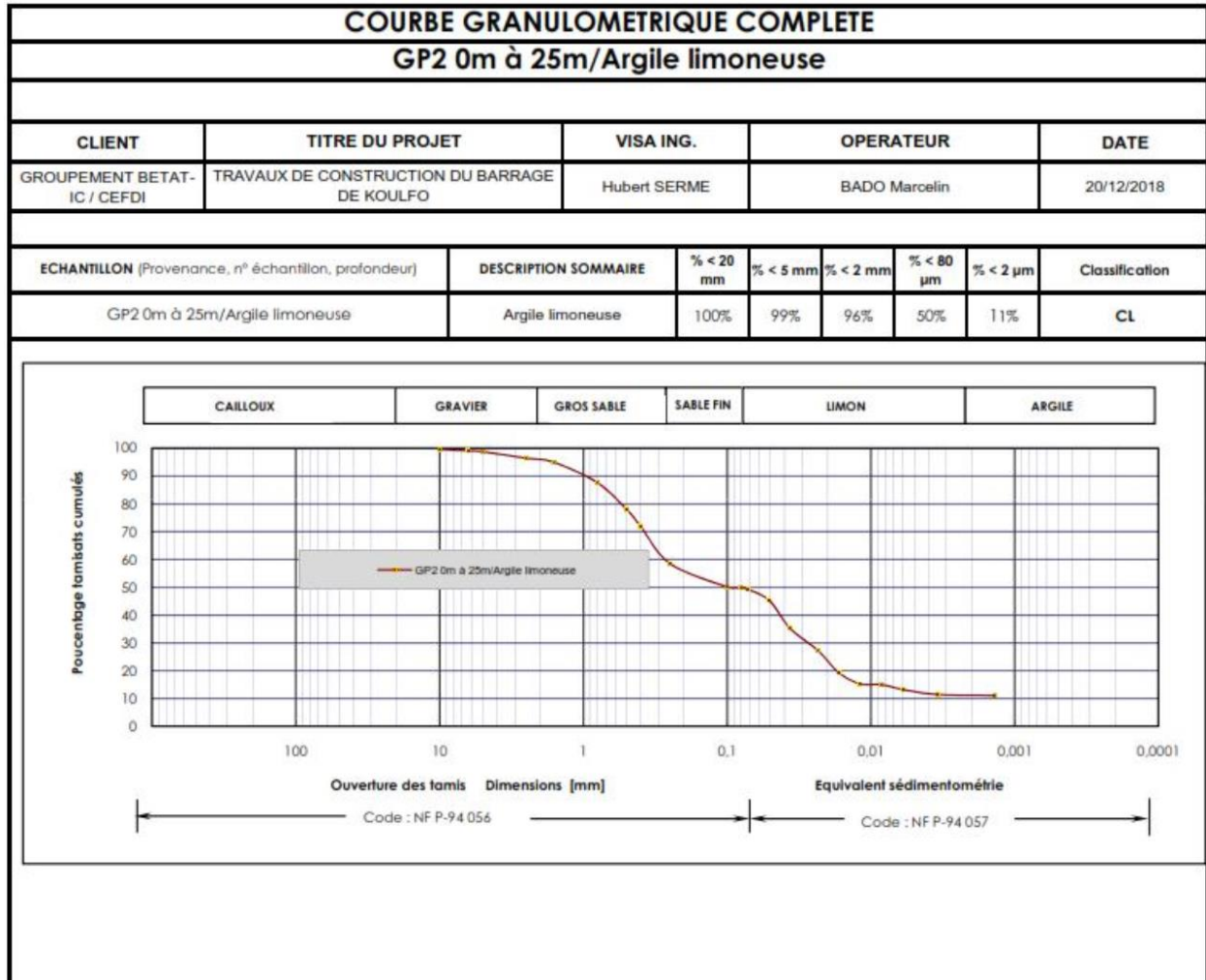
Comme recommandations pour une bonne gestion des ouvrages hydraulique, il est conseillé de :

- Mettre en place une cellule de concertation pour la gestion de l'ouvrage et rassemblant les acteurs du périmètre, les services techniques, les autorités communales, ainsi que les propriétaires terriens en amont. Cette cellule pourra dans le futur être transformée en CLE.
- Mettre en place un mécanisme financier pour la gestion de l'ouvrage qui permettra de financer le curage sur plusieurs années.
- Contribuer à améliorer la recherche sur la sédimentation de l'ouvrage en équipant la retenue d'un dispositif de suivi.

BIBLIOGRAPHIE

- De Boissezon, Jacques, *Erosion Des Aménagements Amont et Envasement Des Petites Retenues Au Burkina Faso*, 2000
- Convention Constitutive Du Groupement d'Intérêt Public / Agence de l'Eau Du Liptako* (Burkina Faso, 2011)
- Faso, Burkina, *Plan Communal de Développement de Manni*, 2015
- Hottin, G, and O. F. Ouédraogo, 'Carte Géologique Du Burkina', 1992
- Karambiri, H., O. Ribolzi, J. P. Delhoume, J. Ducloux, A. Coudrain-Ribstein, and A. Casenave, 'Importance of Soil Surface Characteristics on Water Erosion in a Small Grazed Sahelian Catchment', *Hydrological Processes*, 17 (2003), 1495–1507
<<https://doi.org/10.1002/hyp.1195>>
- Karambiri, Harouna, 'Etude de l'Envasement Des Barrages Au Burkina Faso : Etude de Cas' (EIER, 1998)
- Lamachère, Jean-Marie, 'Transports Solides À L'exutoire D'un Bassin Versant Sahélien (Région de Bidi, Burkina Faso)', *Bulletin - Réseau Erosion*, 20 (2000), 112–26
<<http://www.documentation.ird.fr/hor/fdi:010027657>> [accessed 16 February 2019]
- 'Le Changement Climatique À Paris' (Météo-France, 2015)
- Loi N° 2006-1772 Du 30 Décembre 2006 Sur L'eau et Les Milieux Aquatiques*, 2006
<<https://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?cidTexte=JORFTEXT000000649171>> [accessed 5 January 2019]
- Mara, Fanta, 'Développement et Analyse Des Critères de Vulnérabilité Des Populations Sahéliennes Face À La Variabilité Du Climat: Le Cas de La Ressource En Eau Dans La Vallée de La Sirba Au Burkina Faso' (Université du Québec à Montréal, 2010)
- Ouédraogo, Ernest, 'Variabilité Climatique Au Burkina Faso' (Ouagadougou)
- Recueil de Textes Juridiques d'Application de La Loi d'Orientation Relative À La Gestion de l'Eau* (Burkina Faso, 2005)
- Schmengler, Almut C., 'Modeling Soil Erosion and Reservoir Sedimentation at Hillslope and Catchment Scale in Semi-Arid Burkina Faso', *Ecology and Development Series*, 2011, 236

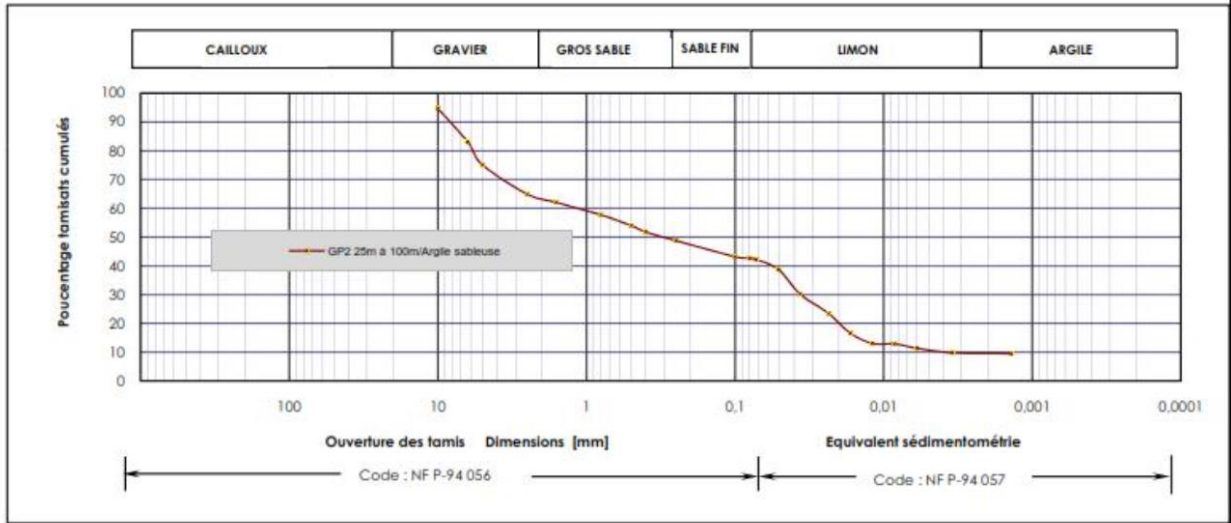
ANNEXE 1 : Analyses granulométrique et sédimentologique



COURBE GRANULOMETRIQUE COMPLETE

GP2 25m à 100m/Argile sableuse

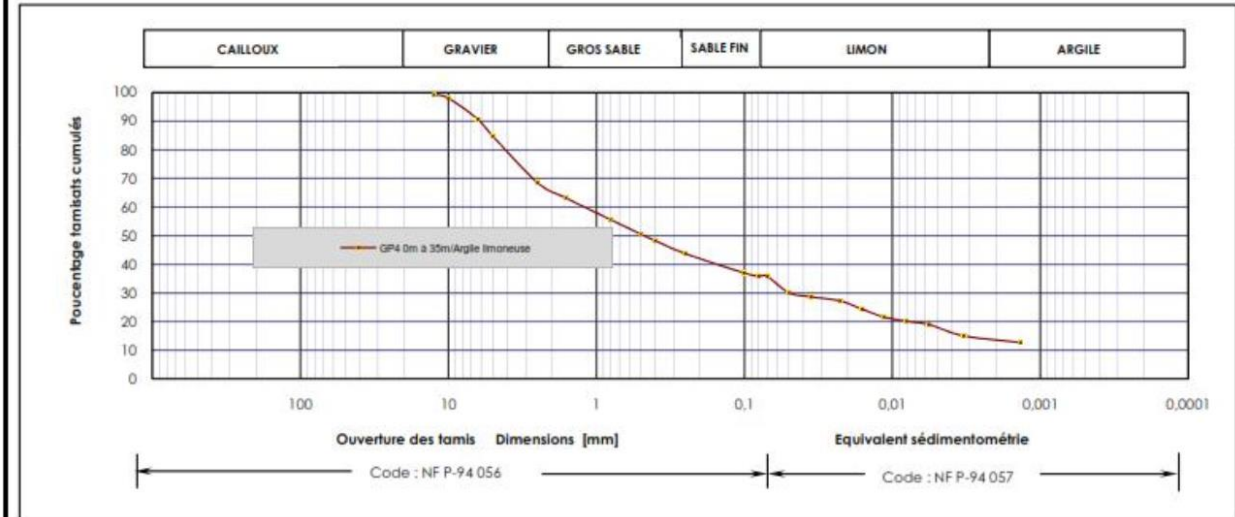
| CLIENT | TITRE DU PROJET | VISA ING. | OPERATEUR | DATE | | | | |
|--|--|----------------------|---------------|------------|----------|-----------|----------|----------------|
| GROUPEMENT BETAT-IC / CEFDI | TRAVAUX DE CONSTRUCTION DU BARRAGE DE KOULFO | Hubert SERME | BADO Marcelin | 25/12/2018 | | | | |
| ECHANTILLON (Provenance, n° échantillon, profondeur) | | DESCRIPTION SOMMAIRE | % < 20 mm | % < 5 mm | % < 2 mm | % < 80 µm | % < 2 µm | Classification |
| GP2 25m à 100m/Argile sableuse | | Argile limoneuse | 100% | 75% | 65% | 43% | 10% | CL |



COURBE GRANULOMETRIQUE COMPLETE

GP4 0m à 35m/Argile limoneuse

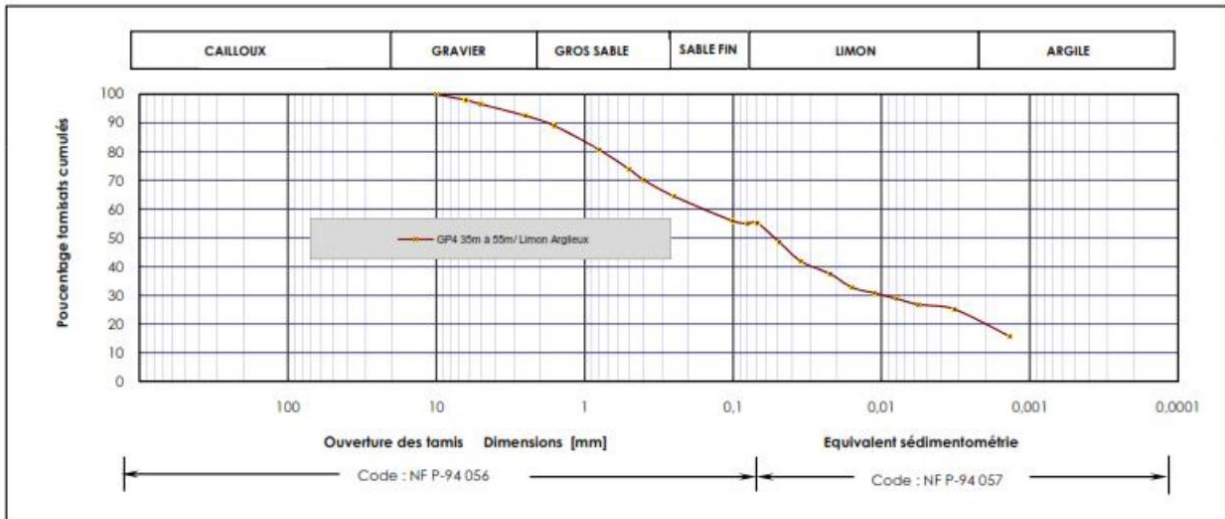
| CLIENT | TITRE DU PROJET | VISA ING. | OPERATEUR | DATE | | | | |
|--|--|----------------------|---------------|------------|----------|-----------|----------|----------------|
| GROUPEMENT BETAT-IC / CEFDI | TRAVAUX DE CONSTRUCTION DU BARRAGE DE KOULFO | Hubert SERME | BADO Marcelin | 20/12/2018 | | | | |
| ECHANTILLON (Provenance, n° échantillon, profondeur) | | DESCRIPTION SOMMAIRE | % < 20 mm | % < 5 mm | % < 2 mm | % < 80 µm | % < 2 µm | Classification |
| GP4 0m à 35m/Argile limoneuse | | Limon argileux | 100% | 85% | 69% | 36% | 12% | CL |



COURBE GRANULOMETRIQUE COMPLETE

GP4 35m à 55m/ Limon Argileux

| CLIENT | TITRE DU PROJET | VISA ING. | OPERATEUR | DATE | | | | |
|--|--|----------------------|---------------|------------|----------|-----------|----------|----------------|
| GROUPEMENT BETAT-IC / CEFDI | TRAVAUX DE CONSTRUCTION DU BARRAGE DE KOULFO | Hubbert SERME | BADO Marcelin | 24/12/2018 | | | | |
| ECHANTILLON (Provenance, n° échantillon, profondeur) | | DESCRIPTION SOMMAIRE | % < 20 mm | % < 5 mm | % < 2 mm | % < 80 µm | % < 2 µm | Classification |
| GP4 35m à 55m/ Limon Argileux | | Limon argileux | 100% | 97% | 92% | 55% | 17% | CL |

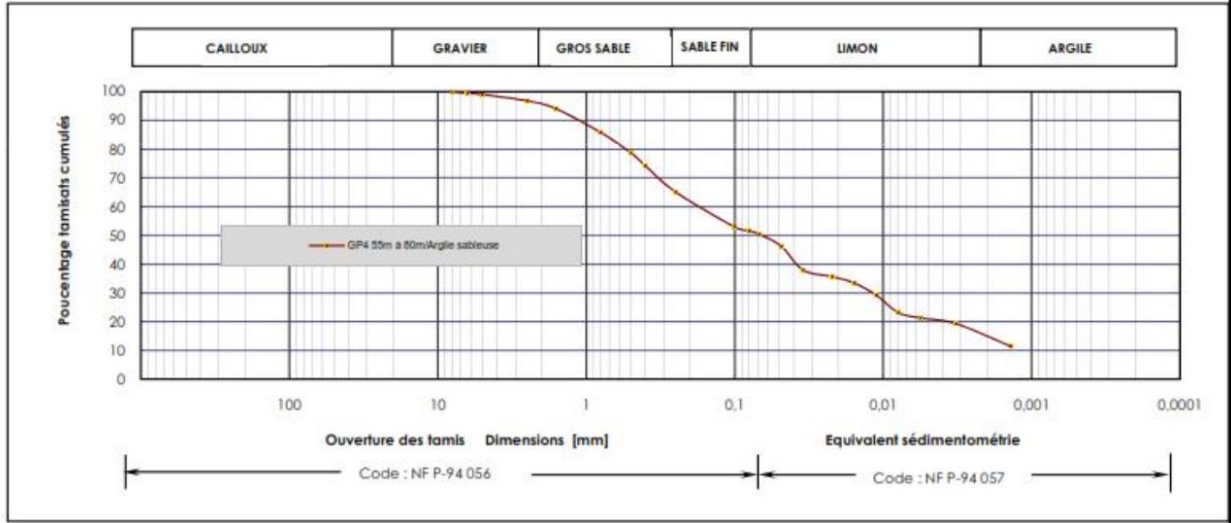


COURBE GRANULOMETRIQUE COMPLETE

GP4 55m à 80m/Argile sableuse

| CLIENT | TITRE DU PROJET | VISA ING. | OPERATEUR | DATE |
|-----------------------------|--|--------------|---------------|------------|
| GROUPEMENT BETAT-IC / CEFDI | TRAVAUX DE CONSTRUCTION DU BARRAGE DE KOULFO | Hubert SERME | BADO Marcelin | 25/12/2018 |

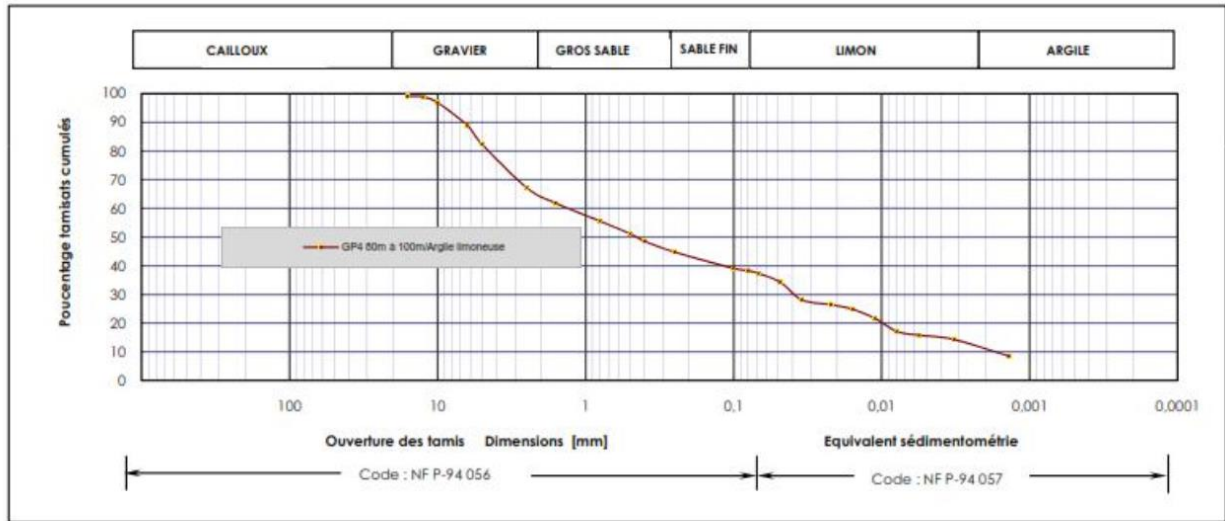
| ECHANTILLON (Provenance, n° échantillon, profondeur) | DESCRIPTION SOMMAIRE | % < 20 mm | % < 5 mm | % < 2 mm | % < 80 µm | % < 2 µm | Classification |
|--|----------------------|-----------|----------|----------|-----------|----------|----------------|
| GP4 55m à 80m/Argile sableuse | Limon argileux | 100% | 99% | 97% | 52% | 11% | CL |



COURBE GRANULOMETRIQUE COMPLETE

GP4 80m à 100m/Argile limoneuse

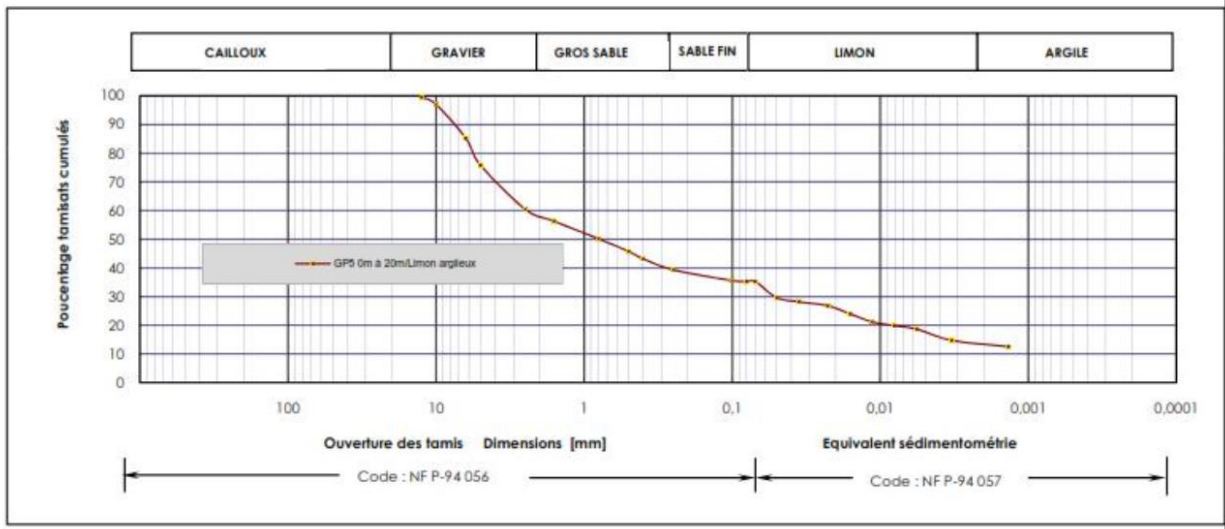
| CLIENT | TITRE DU PROJET | VISA ING. | OPERATEUR | DATE | | | | |
|--|--|----------------------|---------------|------------|----------|-----------|----------|----------------|
| GROUPEMENT BETAT-IC / CEFDI | TRAVAUX DE CONSTRUCTION DU BARRAGE DE KOULFO | Hubert SERME | BADO Marcelin | 20/12/2018 | | | | |
| ECHANTILLON (Provenance, n° échantillon, profondeur) | | DESCRIPTION SOMMAIRE | % < 20 mm | % < 5 mm | % < 2 mm | % < 80 µm | % < 2 µm | Classification |
| GP4 80m à 100m/Argile limoneuse | | Limon argileux | 100% | 82% | 67% | 38% | 9% | CL |



COURBE GRANULOMETRIQUE COMPLETE

GP5 0m à 20m/Limon argileux

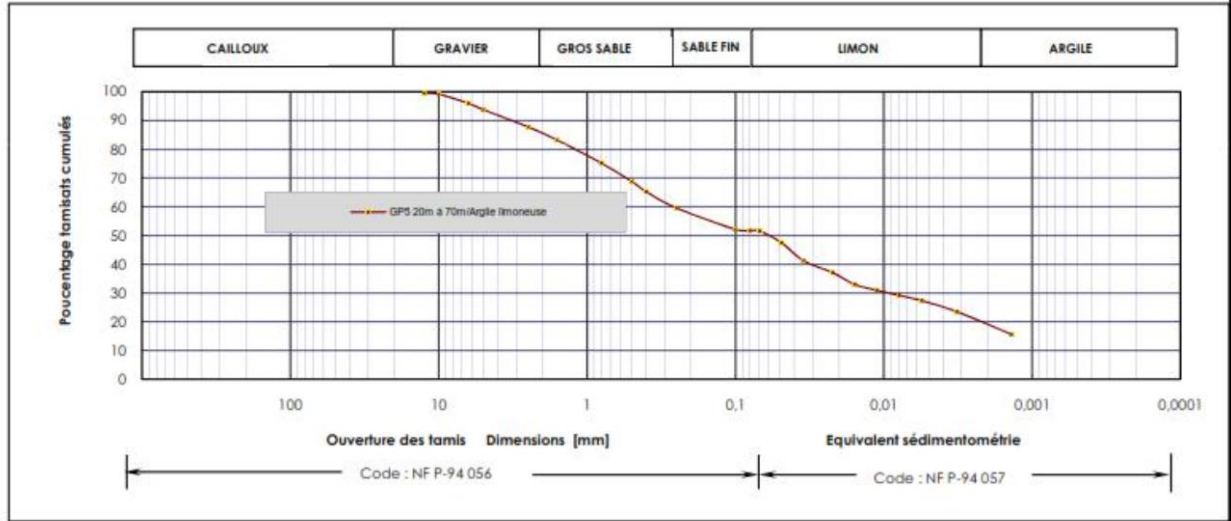
| CLIENT | TITRE DU PROJET | VISA ING. | OPERATEUR | DATE | | | | |
|--|--|----------------------|---------------|------------|----------|-----------|----------|----------------|
| GROUPEMENT BETAT-IC / CEFDI | TRAVAUX DE CONSTRUCTION DU BARRAGE DE KOULFO | Hubert SERME | BADO Marcelin | 26/12/2018 | | | | |
| ECHANTILLON (Provenance, n° échantillon, profondeur) | | DESCRIPTION SOMMAIRE | % < 20 mm | % < 5 mm | % < 2 mm | % < 80 µm | % < 2 µm | Classification |
| GP5 0m à 20m/Limon argileux | | Limon argileux | 100% | 76% | 60% | 35% | 13% | CL |



COURBE GRANULOMETRIQUE COMPLETE

GP5 20m à 70m/Argile limoneuse

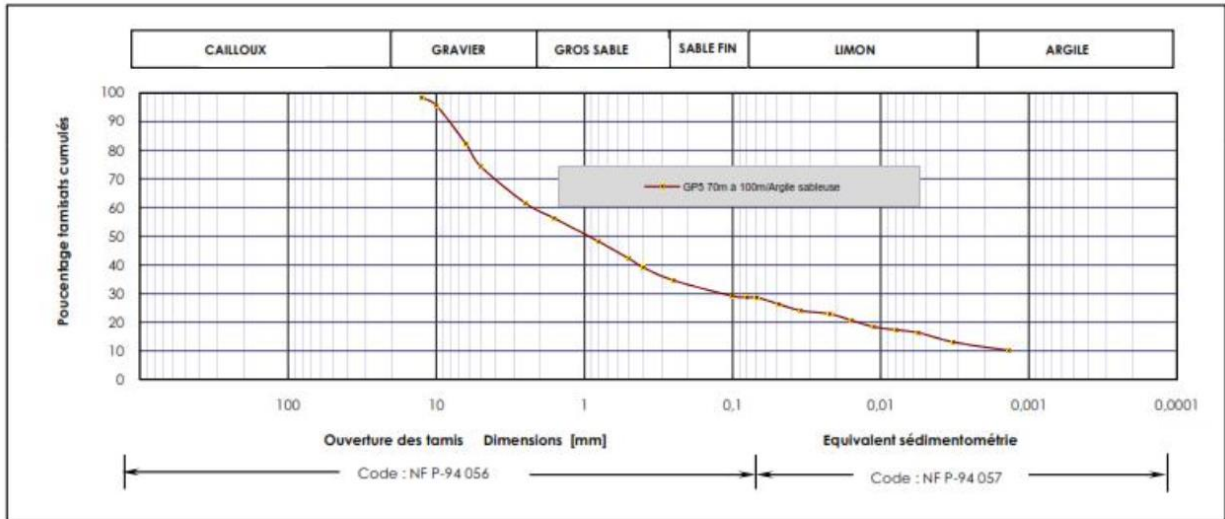
| CLIENT | TITRE DU PROJET | VISA ING. | OPERATEUR | DATE | | | | |
|--|--|----------------------|---------------|------------|----------|-----------|----------|----------------|
| GROUPEMENT BETAT-IC / CEFDI | TRAVAUX DE CONSTRUCTION DU BARRAGE DE KOULFO | Hubert SERME | BADO Marcelin | 22/12/2018 | | | | |
| ECHANTILLON (Provenance, n° échantillon, profondeur) | | DESCRIPTION SOMMAIRE | % < 20 mm | % < 5 mm | % < 2 mm | % < 80 µm | % < 2 µm | Classification |
| GP5 20m à 70m/Argile limoneuse | | Argile limoneuse | 100% | 94% | 88% | 52% | 15% | CL |



COURBE GRANULOMETRIQUE COMPLETE

GP5 70m à 100m/Argile sableuse

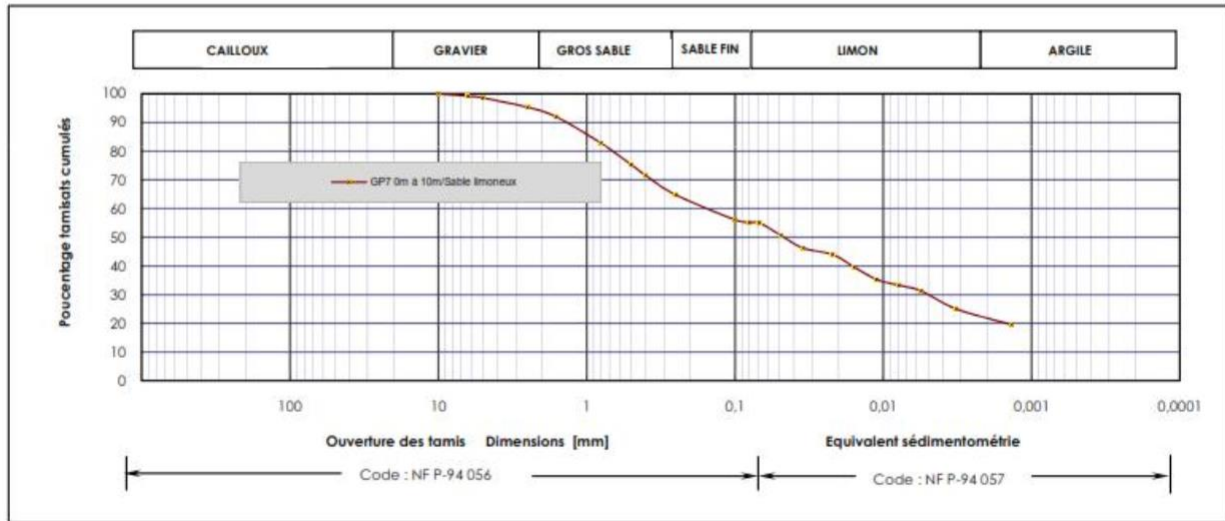
| CLIENT | TITRE DU PROJET | VISA ING. | OPERATEUR | DATE | | | | |
|--|--|----------------------|---------------|------------|----------|-----------|----------|----------------|
| GROUPEMENT BETAT-IC / CEFDI | TRAVAUX DE CONSTRUCTION DU BARRAGE DE KOULFO | Hubert SERME | BADO Marcelin | 21/12/2018 | | | | |
| ECHANTILLON (Provenance, n° échantillon, profondeur) | | DESCRIPTION SOMMAIRE | % < 20 mm | % < 5 mm | % < 2 mm | % < 80 µm | % < 2 µm | Classification |
| GP5 70m à 100m/Argile sableuse | | Argile Sableuse | 100% | 74% | 62% | 29% | 10% | CL |



COURBE GRANULOMETRIQUE COMPLETE

GP7 0m à 10m/Sable limoneux

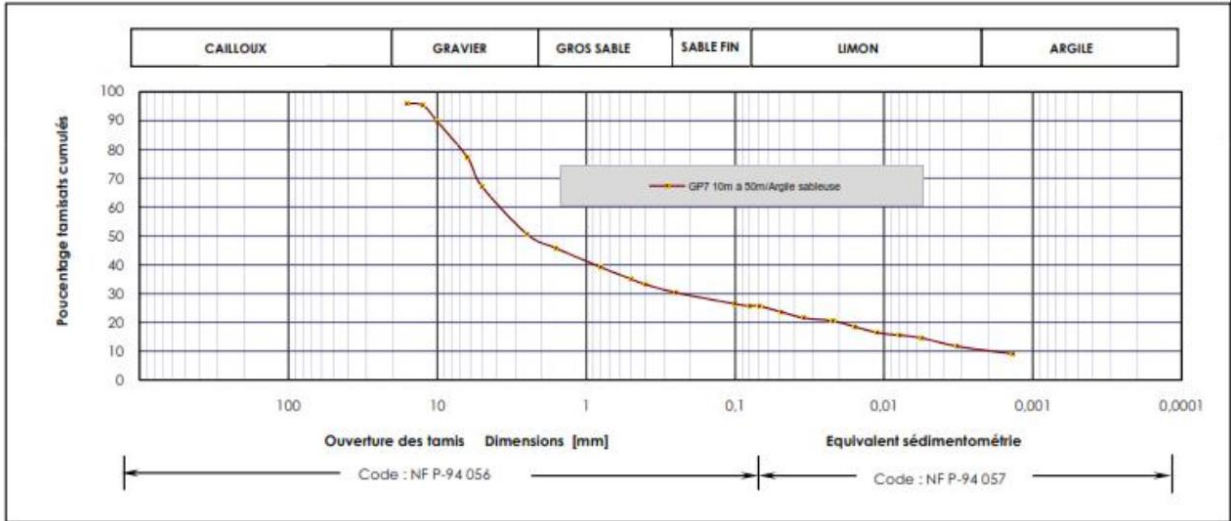
| CLIENT | TITRE DU PROJET | VISA ING. | OPERATEUR | DATE | | | | |
|--|--|----------------------|---------------|------------|----------|-----------|----------|----------------|
| GROUPEMENT BETAT-IC / CEFDI | TRAVAUX DE CONSTRUCTION DU BARRAGE DE KOULFO | Hubert SERME | BADO Marcelin | 23/12/2018 | | | | |
| ECHANTILLON (Provenance, n° échantillon, profondeur) | | DESCRIPTION SOMMAIRE | % < 20 mm | % < 5 mm | % < 2 mm | % < 80 µm | % < 2 µm | Classification |
| GP7 0m à 10m/Sable limoneux | | Limon argileux | 100% | 99% | 95% | 55% | 20% | CL |



COURBE GRANULOMETRIQUE COMPLETE

GP7 10m à 50m/Argile sableuse

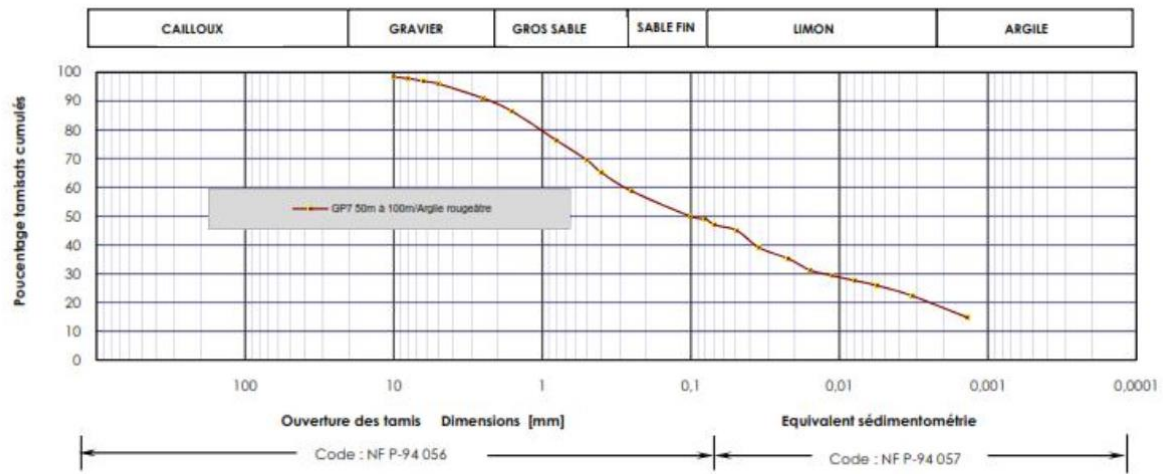
| CLIENT | TITRE DU PROJET | VISA ING. | OPERATEUR | DATE | | | | |
|--|--|----------------------|---------------|------------|----------|-----------|----------|----------------|
| GROUPEMENT BETAT-IC / CEFDI | TRAVAUX DE CONSTRUCTION DU BARRAGE DE KOULFO | Hubert SERME | BADO Marcelin | 21/12/2018 | | | | |
| ECHANTILLON (Provenance, n° échantillon, profondeur) | | DESCRIPTION SOMMAIRE | % < 20 mm | % < 5 mm | % < 2 mm | % < 80 µm | % < 2 µm | Classification |
| GP7 10m à 50m/Argile sableuse | | Argile sableuse | 100% | 67% | 51% | 26% | 10% | CL |



COURBE GRANULOMETRIQUE COMPLETE

GP7 50m à 100m/Argile rougeâtre

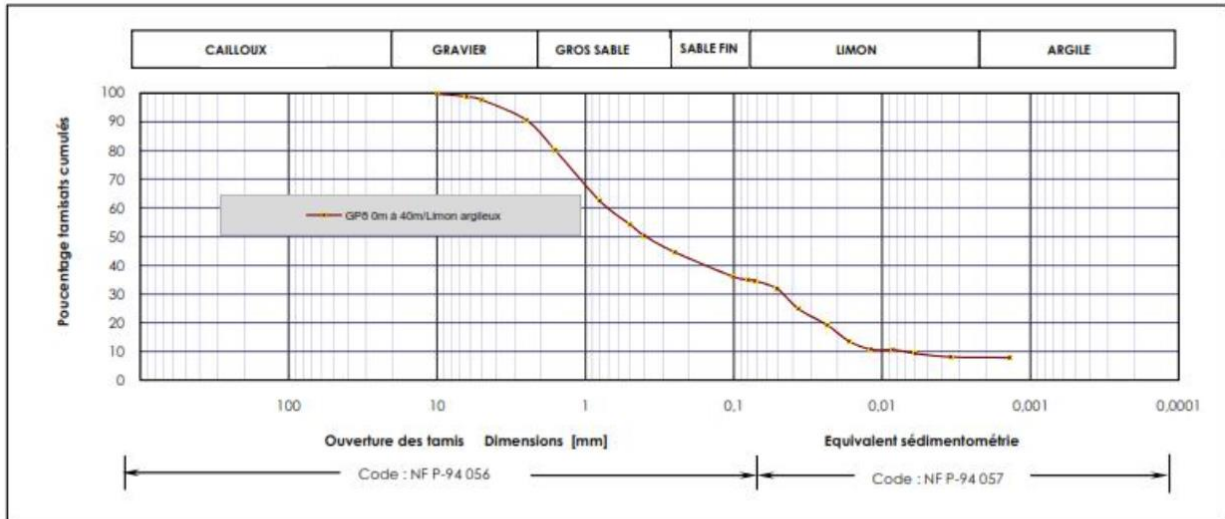
| CLIENT | TITRE DU PROJET | VISA ING. | OPERATEUR | DATE | | | | |
|--|--|----------------------|---------------|------------|----------|-----------|----------|----------------|
| GROUPEMENT BETAT-IC / CEFDI | TRAVAUX DE CONSTRUCTION DU BARRAGE DE KOULFO | Hubert SERME | BADO Marcelin | 27/12/2018 | | | | |
| ECHANTILLON (Provenance, n° échantillon, profondeur) | | DESCRIPTION SOMMAIRE | % < 20 mm | % < 5 mm | % < 2 mm | % < 80 µm | % < 2 µm | Classification |
| GP7 50m à 100m/Argile rougeâtre | | Argile sableuse | 100% | 96% | 91% | 49% | 14% | CL |



COURBE GRANULOMETRIQUE COMPLETE

GP8 0m à 40m/Limon argileux

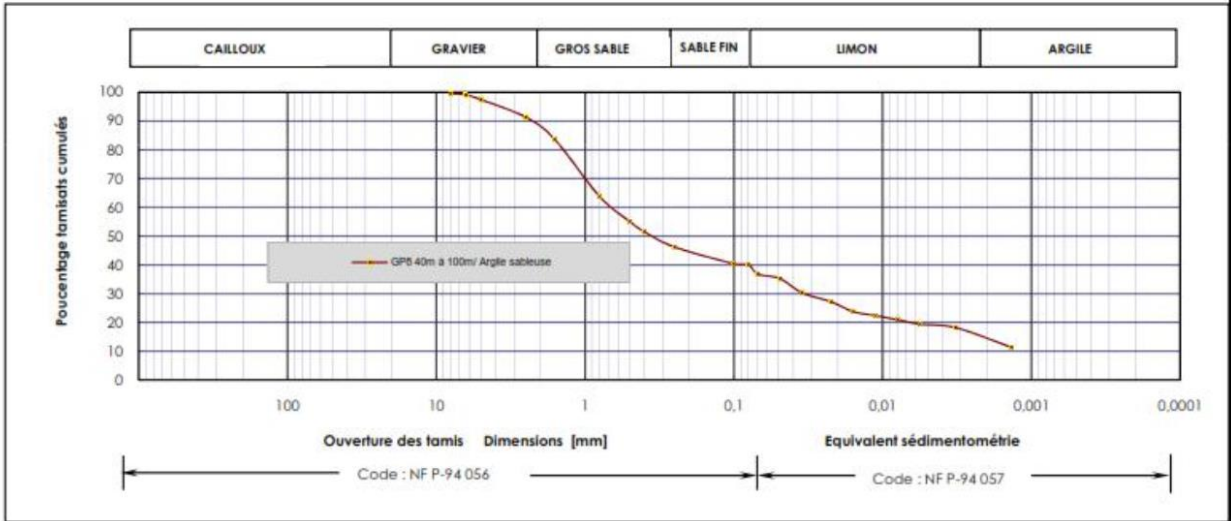
| CLIENT | TITRE DU PROJET | VISA ING. | OPERATEUR | DATE | | | | |
|--|--|----------------------|---------------|------------|----------|-----------|----------|----------------|
| GROUPEMENT BETAT-IC / CEFDI | TRAVAUX DE CONSTRUCTION DU BARRAGE DE KOULFO | Hubert SERME | BADO Marcelin | 22/12/2018 | | | | |
| ECHANTILLON (Provenance, n° échantillon, profondeur) | | DESCRIPTION SOMMAIRE | % < 20 mm | % < 5 mm | % < 2 mm | % < 80 µm | % < 2 µm | Classification |
| GP8 0m à 40m/Limon argileux | | Limon argileux | 100% | 98% | 91% | 35% | 8% | CL |



COURBE GRANULOMETRIQUE COMPLETE

GP8 40m à 100m/ Argile sableuse

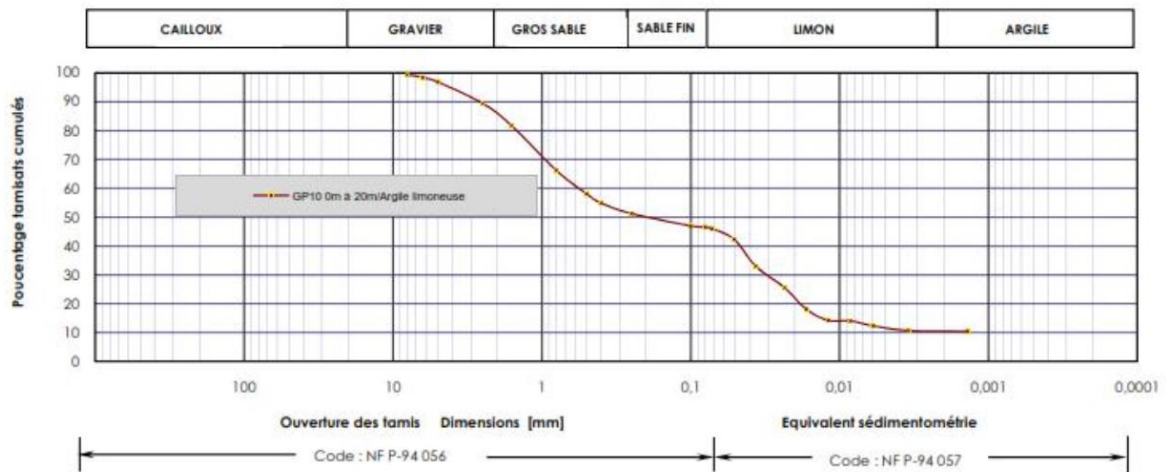
| CLIENT | TITRE DU PROJET | VISA ING. | OPERATEUR | DATE | | | | |
|--|--|----------------------|---------------|------------|----------|-----------|----------|----------------|
| GROUPEMENT BETAT-IC / CEFDI | TRAVAUX DE CONSTRUCTION DU BARRAGE DE KOULFO | Hubbert SERME | BADO Marcelin | 26/12/2018 | | | | |
| ECHANTILLON (Provenance, n° échantillon, profondeur) | | DESCRIPTION SOMMAIRE | % < 20 mm | % < 5 mm | % < 2 mm | % < 80 µm | % < 2 µm | Classification |
| GP8 40m à 100m/ Argile sableuse | | Argile sableuse | 100% | 97% | 91% | 40% | 15% | CL |



COURBE GRANULOMETRIQUE COMPLETE

GP10 0m à 20m/Argile limoneuse

| CLIENT | TITRE DU PROJET | VISA ING. | OPERATEUR | DATE | | | | |
|--|--|----------------------|---------------|------------|----------|-----------|----------|----------------|
| GROUPEMENT BETAT-IC / CEFDI | TRAVAUX DE CONSTRUCTION DU BARRAGE DE KOULFO | Hubert SERME | BADO Marcelin | 20/12/2018 | | | | |
| ECHANTILLON (Provenance, n° échantillon, profondeur) | | DESCRIPTION SOMMAIRE | % < 20 mm | % < 5 mm | % < 2 mm | % < 80 µm | % < 2 µm | Classification |
| GP10 0m à 20m/Argile limoneuse | | Argile limoneuse | 100% | 97% | 89% | 46% | 10% | CL |

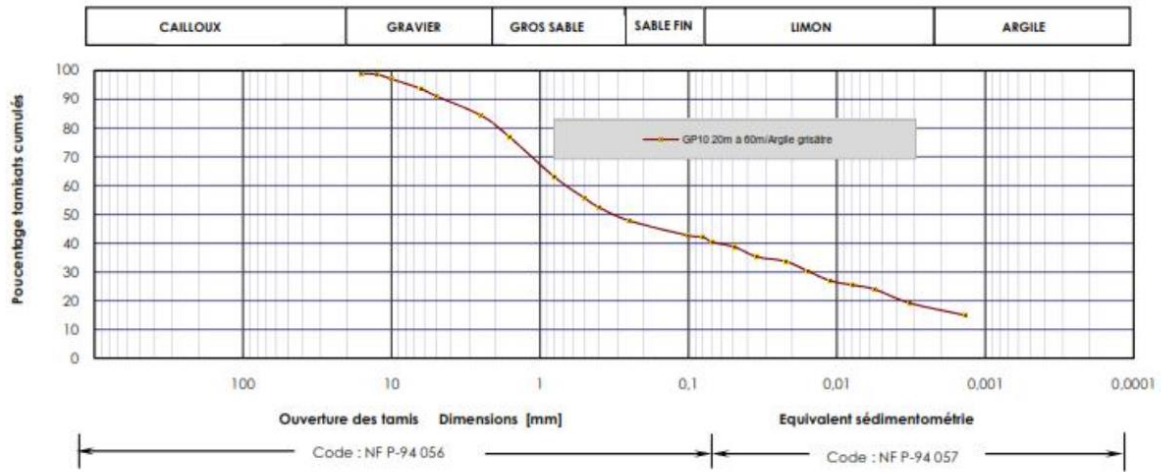


COURBE GRANULOMETRIQUE COMPLETE

GP10 20m à 60m/Argile grisâtre

| CLIENT | TITRE DU PROJET | VISA ING. | OPERATEUR | DATE |
|-----------------------------|--|--------------|---------------|------------|
| GROUPEMENT BETAT-IC / CEFDI | TRAVAUX DE CONSTRUCTION DU BARRAGE DE KOULFO | Hubert SERME | BADO Marcelin | 20/12/2018 |

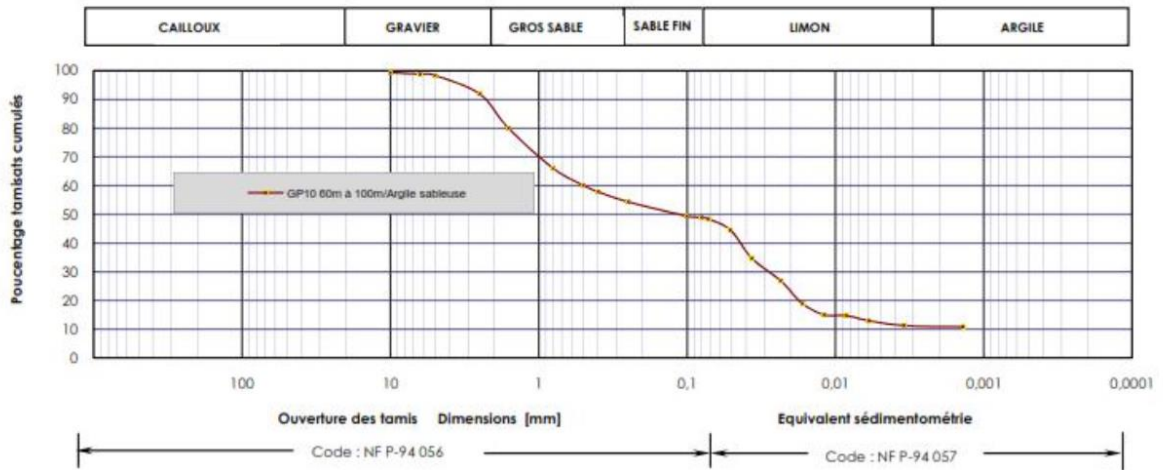
| ECHANTILLON (Provenance, n° échantillon, profondeur) | DESCRIPTION SOMMAIRE | % < 20 mm | % < 5 mm | % < 2 mm | % < 80 µm | % < 2 µm | Classification |
|--|----------------------|-----------|----------|----------|-----------|----------|----------------|
| GP10 20m à 60m/Argile grisâtre | Argile grisâtre | 100% | 91% | 84% | 42% | 18% | CL |



COURBE GRANULOMETRIQUE COMPLETE

GP10 60m à 100m/Argile sableuse

| CLIENT | TITRE DU PROJET | VISA ING. | OPERATEUR | DATE | | | | |
|--|--|----------------------|---------------|------------|----------|-----------|----------|----------------|
| GROUPEMENT BETAT-IC / CEFDI | TRAVAUX DE CONSTRUCTION DU BARRAGE DE KOULFO | Hubert SERME | BADO Marcelin | 22/12/2018 | | | | |
| ECHANTILLON (Provenance, n° échantillon, profondeur) | | DESCRIPTION SOMMAIRE | % < 20 mm | % < 5 mm | % < 2 mm | % < 80 µm | % < 2 µm | Classification |
| GP10 60m à 100m/Argile sableuse | | Limon argileux | 100% | 98% | 92% | 49% | 10% | CL |



ANNEXE 2 : Photos des carottes des échantillons prélevés à la tarière

GP1



GP2



GP3



GP4



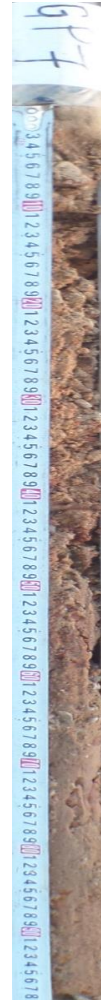
GP5



GP6



GP7



GP8



GP9



GP10



GP11



GP12



GP13

