



PROPOSITION D'AMENAGEMENT DE QUELQUES BAS-FONDS DANS LA REGION DU PLATEAU CENTRAL AU BURKINA FASO : CAS DU BAS-FOND DE NABITENGA DANS LA PROVINCE D'OUBRITENGA

MEMOIRE POUR L'OBTENTION DU DIPLOME DU MASTER EN
INFRASTRUCTURES ET RESEAUX HYDRAULIQUES

OPTION : EAU AGRICOLE

Présenté et soutenu publiquement le **14 juillet 2015 à 16h 30** par

Alfassassi AROUNA

Mémoire dirigé par : **M. da SILVEIRA Koffi Sewa**, Enseignant à 2iE

Jury d'évaluation:

Président : **Dr Amadou KEITA**

Membres et correcteurs :

M. Bassirou BOUBE

M. Foe TAZIN

Promotion [2014/2015]

REMERCIEMENTS

Le présent travail n'aurait pu être réalisé sans une forte implication de plusieurs personnes nommément cités ou non, que je tiens à remercier ici.

Je remercie très sincèrement Monsieur da SILVEIRA Koffi Sewa qui a eu la volonté de m'encadrer et de me transmettre sans aucune réserve son savoir-faire dans le domaine des aménagements hydro agricoles.

Mes remerciements vont également à Monsieur PITAUD Georges, le Chargé de mission de l'AGIRabcd pour m'avoir donné l'opportunité d'effectuer ce stage sur le bas-fond de Nabitenga et aussi pour sa précieuse collaboration.

A Monsieur Flavien ADOUABOU et son collaborateur WAHABOU de l'Entreprise ENGINEERING SERVICE S.A.L., je leur dis merci pour leur disponibilité et les données mises à ma portée.

A tous les membres du Comité Villageois de Développement de Nabitenga, je leur adresse ma profonde gratitude pour leur implication et la facilitation dans la collecte des informations.

Mes remerciements vont aussi aux Responsables de 2iE pour la qualité de la formation et l'accompagnement dans les démarches de l'obtention des stages.

Je dis infiniment merci à la Direction de l'ESA/UL pour ses encouragements et son implication dans cette formation, ainsi que Pr AZOUMA Yaovi Ouezou, Enseignant-Chercheur et Chef de Département Génie Rural et Mécanisation Agricole à l'ESA/UL pour son soutien et la confiance qu'il a eu en moi.

Toute ma gratitude à la coordination du PPAAO/Projet Togo pour sa disponibilité et son accompagnement tout le long de cette formation.

A mes parents, je les remercie infiniment pour leur soutien sans lequel je ne pourrais pas m'en sortir.

Enfin, toute ma gratitude à tous ceux qui de loin ou de près ont contribué à ma réussite et à l'effectivité de ce travail.

Résumé

La vallée de Nabitenga, située entre la retenue de Nakamtenga en amont et celle de Nabitenga en aval, connaît une érosion excessive entraînant les ravinements et les indurations accélérant par conséquent l'envasement de la retenue de Nabitenga. Suite à ce constat, l'Association Générale des Intervenants Retraités (AGIR), décide d'apporter son aide à cette communauté rurale pour l'aménagement hydro agricole par les seuils d'épandage en amont d'un micro-barrage.

L'objectif du présent travail est de proposer les différents types d'aménagement capables d'apporter des solutions aux problèmes diagnostiqués afin de freiner l'érosion, accroître la capacité hydrique des sols, favoriser la remontée de la nappe, améliorer la production et la productivité agricole, etc.

Pour ce faire, l'analyse des images « Google Earth » de la vallée, une enquête rapide auprès d'un échantillon à choix raisonné et un travail de terrain ont permis de faire le diagnostic de la vallée de Nabitenga et de déterminer ses caractéristiques morphométriques et hydrologiques.

Suite au diagnostic, les types d'aménagement convenables sont une série de six (06) seuils d'épandage de crue, une série de quatre (04) digues filtrantes d'épandage de crue et une combinaison de quatre (04) seuils d'épandage et deux (02) digues filtrantes d'épandage implantées entre 800 et 1300 m de l'amont vers l'aval et où l'écoulement est torrentiel.

Le type « seuils d'épandage » a fait l'objet d'une étude détaillée et leurs longueurs varient entre 180 à 420 m. La partie centrale de tous ces seuils d'épandage mesure 10 m de long, mais des hauteurs variant entre 1,5 et 2,5 m. Dotée d'un bassin de dissipation de 5 m de long et 0,5 m de profondeur, chaque partie centrale des seuils est renforcée par trois raidisseurs. Les contreforts ont tous une longueur de 20 m, soit 10 m de part et d'autre du cours d'eau et une hauteur de 40 cm au-dessus du TN. Ces contreforts et les ailes qui ont une hauteur de 30 cm au-dessus du TN sont dotés d'un bassin de dissipation de 1,5 m de long et 0,2 m de profondeur.

Par ailleurs, les seuils ne sont adaptés qu'à des sols lourds et des pentes ne dépassant pas 2%. A cet effet, lorsque les conditions ne s'y prêtent pas, il serait mieux de combiner les seuils aux digues filtrantes d'épandage pour les quelques vallées identifiées. Aussi, faudrait-il aménager les versants et l'amont des seuils pour les rendre plus efficaces et plus durables.

Mots clés : seuil d'épandage, digue filtrante d'épandage, aménagement de bas-fond, diagnostic de bas-fond, Nabitenga/Burkina Faso.

Abstract

Nabitenga valley which is between the dam of Nakamtenga upstream and the downstream dam of Nabitenga, is subject to excessive erosion gullies and indurations therefore accelerating the sedimentation of Nabitenga dam. Further to this report, the General Association of the Participants (Speakers) Retired people (AGIR), decides to bring its assistant to this rural community for the hydro agricultural arrangement (development) by the stone-weirs of manuring upstream to a micro-dam (micro-roadblock).

The objective of this work is to propose different types of development that can provide solutions to problems identified in order to curb erosion, increase water capacity of soil, promote reassembled of the sheet, improve production and agricultural productivity, etc. To do this, the analysis "Google Earth" image of the valley, a quick survey of a sample purposive and field work helped to make the diagnosis of Nabitenga valley and determine its morphometric and hydrological characteristic.

Following the diagnosis, the suitable types are planning a series of six (06) Stone-weirs of spreading, a series of four (04) filtering dams and a combination of four (04) Stone-weirs of spreading and two (02) filtering dams spreading located between 800 and 1300 m from upstream to downstream, where the flow is torrential.

The type "Stone-weirs" was detailed in this study and their lengths vary between 180-420 m. The central part of all these weirs is 10 m long, but heights varying between 1,5 and 2,5 m. With a 5 m long stilling basin and 0,5 m deep, each center portion of the thresholds is reinforced by three stiffeners. The foothills all have a length of 20 m, 10 m on either side of the river and a height of 40 cm above the TN. These buttresses and wings with a height of 30 cm above the TN feature a 1,5 m long stilling basin and 0,2 m deep.

Furthermore, the stone-weirs of spreading are only suitable for heavy soils and slopes of not more than 2%. Therefore, when conditions do not permit, it would be better to combine the stone-weirs of spreading and the filtering dams spreading for some identified valleys. Also, should we arrange the downstream and the upstream of stone-weirs to make them more effective and sustainable.

Keywords: stone-weirs of spreading, filtering dam of spreading, installation of hollow, diagnosis of hollow, Nabitenga/Burkina Faso.

LISTE DES ABREVIATIONS

AGIRabcd : Association Générale des Intervenants Retraités Actions des Bénévoles pour la Coopération et le Développement

BM/SP-CPSA : Banque Mondiale, Secrétariat Permanent pour la Coordination des Politiques Sectorielles Agricoles

BOAD : Banque Ouest Africaine pour le Développement

CPCS : Commission de Pédologie et de Cartographie des Sols

CGAAER : Conseil Général de l'Alimentation, de l'Agriculture et des Espaces Ruraux

DREAHA/PC : Direction Région de l'Eau, des Aménagements Hydrauliques et de l'Assainissement du Plateau Central

EICVM : Enquête Intégrale sur les conditions de vie des ménages

FAO : Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture

GIZ : Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit

PATECORE: Projet d'Aménagement des Terroirs et de Conservation des Ressources

PNUD : Programme des Nations Unies pour le Développement

SP/CONEDD : Secrétariat Permanent du Conseil National pour l'environnement et de le développement durable

MAH/DGAEUE : Ministère de l'Agriculture et de l'Hydraulique/ Direction Générale de l'Assainissement des Eaux Usées et Excréta

MED : Ministère de l'Economie et du Développement

MEF : Ministère de l'Economie et des Finances

MAH : Ministère de l'Agriculture et de l'Hydraulique

MEDD : Ministère de l'Environnement et du Développement Durable

MRA : Ministère des Ressources Animales

ONEFP : Observatoire National de l'Emploi et de la Formation Professionnelle

ONGs : Organisations Non Gouvernementales

RGPH : Recensement Général de la Population et de l'Habitation

Sommaire

REMERCIEMENTS	i
Résumé	ii
Abstract	iii
LISTE DES ABREVIATIONS	iv
Sommaire	vi
LISTE DES TABLEAUX	viii
LISTE DES FIGURES	viii
I- INTRODUCTION GENERALE	1
1-1- Introduction	1
1-2- Problématique.....	2
1-3- Objectifs	3
II- SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE	4
III- MATERIEL ET METHODES.....	7
3-1- Zone d'étude	7
3-2- Matériel.....	11
3-3- Méthodes	11
3-3-1- Collecte de données.....	11
3-3-2- Traitement de données collectées.....	12
3-3-3- Prédétermination des crues de fréquence décennale dans les régions sahéliennes : Méthode ORSTOM ou Méthode Rodier	15
3-3-4- Méthode de proposition de types d'aménagement.	18
3-3-5- Méthode de détermination des sites d'implantation des ouvrages.	18
3-3-6- Méthode de dimensionnement des seuils d'épandage	19
3-3-6- Méthode de dimensionnement des digues filtrantes d'épandage	19
3-3-7- Etude de la stabilité des seuils d'épandage.....	20
IV- RESULTATS ET ANALYSE	22
4-1- Diagnostic du bas-fond de Nabitenga.....	22
4-1-1- Caractéristiques physiques	22
4-1-2- Situation socio-économique	29
4-2- Paramètres morphométriques et hydrologiques du bassin versant	31
4-2- 1- Paramètres morphométriques du bassin versant.....	31
4-2-2- Paramètres hydrologiques et prédétermination de crue décennale.....	32
4-3- Types d'aménagement adaptés au bas-fond de Nabitenga	32

4-3-1- Proposition.....	32
4-3-2- Schéma d'aménagement pour chaque type	32
4-3-3- Choix d'un type d'aménagement.....	36
4-4- Etude détaillée des seuils d'épandage.....	37
4-4-1- Dimensionnement des seuils d'épandage.....	37
4-4-2- Dimensionnement des bassins de dissipation.....	37
4-4-3- Etude de la stabilité des ouvrages proposés.....	38
4-4-4- Coût estimatif de l'aménagement complet du bas-fond	39
V- DISCUSSION	40
VI- CONCLUSION ET PERSPECTIVES.....	42
6-1- Conclusion.....	42
6-2- Perspectives	42
VII- REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	43
VIII- ANNEXES	I
Table des matières.....	XIV

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1: Paramètre n en fonction de la longueur du cours d'eau principal	14
Tableau 2: Paramètres physiques du bassin versant	31
Tableau 3: Les paramètres hydrologique du bassin versant.....	32
Tableau 4: Les longueurs minimales des différents ouvrages.....	36
Tableau 5: Les dimensions minimales des seuils d'épandage proposés	37
Tableau 6: Récapitulatif sur le calcul de la règle de LANE	38
Tableau 7: Coefficient de sécurité au glissement des déversoirs centraux	39
Tableau 8: Coefficient de sécurité au renversement des déversoirs centraux.....	39
Tableau 9: Coût d'exécution par seuil d'épandage	39

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Localisation de Nabitenga.....	8
Figure 2: Délimitation du bas-fond de Nabitenga dans le bassin versant.....	9
Figure 3: Profil en long du lit du bas-fond de Nabitenga	10
Figure 4: Les cheminements possibles d'eau dans le seuil en sa partie centrale	20
Figure 5: Les forces auxquelles est soumis le seuil.....	21
Figure 6: Répartition des sols dans la vallée de Nabitenga	23
Figure 7: L'état de dégradation de la vallée de Nabitenga.....	24
Figure 8: Transects de la vallée de Nabitenga à différents niveaux	27
Figure 9: Répartition de cultures dans la vallée de Nabitenga	30
Figure 10: Schéma d'aménagement par les seuils d'épandage de crues	33
Figure 11: Schéma d'aménagement par les digues filtrantes d'épandage	34
Figure 12: Schéma d'aménagement par l'association des seuils d'épandage aux digues filtrantes d'épandage.....	35
Figure 13: Coupe d'un déversoir central	38

I- INTRODUCTION GENERALE

1-1- Introduction

La maîtrise de l'eau pour l'agriculture est un des préalables fondamentaux au développement rural durable en Afrique sub-saharienne (FAO, 1994). C'est dans cette logique que le Burkina a entrepris de grands investissements pour l'aménagement de grands périmètres irrigués et celui des bas-fonds afin de lutter contre la pauvreté et l'insécurité alimentaire. Ainsi, jusqu'en 2011, une superficie totale de 54 275 ha a été aménagée (avec maîtrise totale ou partielle de l'eau) dont 24 545 ha de bas-fonds (BM et SP/CPSA, 2012).

Malgré ces efforts, plusieurs défis restent à relever, puisque cette superficie de bas-fond mise en valeur actuellement ne constitue qu'environ 5% du potentiel de 500 000 ha de bas-fonds aménageables dont dispose le Burkina (MAH, 2011). Pourtant, le secteur agricole occupe environ 86% (RGPH, 2006), mais connaît un déficit céréalier estimé à 31 600 tonnes en 2012 (CILSS et al., 2012) un déficit brut du riz de 378 783 tonnes (Diallo et al., 2012). Les populations vulnérables à ce déficit céréalier étaient évaluées à 1 671 178 personnes dans tout le pays avec une situation plus dramatique dans le Plateau Central (CILSS et al., 2012).

Déjà en 2003, la région du Plateau Central était classée 4ème plus pauvre sur les treize (13) régions du Burkina Faso avec un taux de 57,64% d'habitants vivant en dessous du seuil de pauvreté fixé à 1,25 dollar par jour et par personne par la Banque Mondiale et estimé alors à 82 672 FCFA/an/personne, soit moins d'un dollar US/jour/personne (EICVM, 2003). Bien que ce taux par le temps soit diminué, il reste l'un des plus élevés, puisqu'il est estimé à 46,7% en 2009 par l'EICVM.

Fort de ce constat, l'Association Générale des Intervenants Retraités (AGIR) a voulu apporter sa contribution pour l'éradication de la pauvreté en zone rurale. Un des axes majeurs pour l'AGIR est l'aménagement de quelques bas-fonds de cette région afin de contribuer à l'augmentation des rendements, à l'amélioration de la production et la productivité, à la maîtrise des ressources en eau pour l'exploitation agricole.

Ce travail s'inscrit alors dans le cadre du projet de « Développement et valorisation des ressources en eau de Nabitenga et villages alentours » financé par AGIR pour restaurer la vallée de Nabitenga à travers un aménagement hydro-agricole villageois par une petite retenue d'eau combinée aux seuils d'épandage de crue en amont.

C'est un projet précurseur du futur « Programme Sahel » pour les aménagements hydro-agricoles villageois et qui sera étendu à 28 bas-fonds déjà identifiés dans cette région.

Le présent document, faisant office du mémoire, comporte les parties ci-après:

- Introduction générale;
- Synthèse bibliographique ;
- Matériel et méthodes ;
- Résultats et analyse ;
- Discussions ;
- Conclusion et suggestions.

1-2- Problématique

Le Burkina est un pays sahélien à économie essentiellement agricole dont plusieurs contraintes (dégradation des terres, conditions climatiques, etc.) font de ce secteur l'un des moins performants dans le continent (Belemvire et al., 2008). Selon Ouédraogo (2003), dans la région du Plateau Central, les conditions pédoclimatiques rendent la production agricole très vulnérable car celle-ci est fortement conditionnée par les facteurs physiques tels que la dégradation des ressources naturelles. En effet, en 2006, SP/CONEDD estimait qu'environ un tiers de la superficie des terres du Plateau Central est estimé très dégradé.

Dès lors, l'Association Générale des Intervenants Retraités a voulu contribuer à la valorisation des ressources en eau de vingt-huit (28) bas-fonds identifiés à travers le cas Nabitenga où un micro-barrage à l'échelle villageoise a été construit en 2011. Cependant, l'accélération du phénomène d'érosion en amont de cette retenue d'eau a entraîné les pertes des terres agricoles par les ravinements et l'encroûtement, l'envasement rapide de la cuvette, etc.

Face à ce phénomène, il devient urgent de récupérer les terres abandonnées par le comblement des ravins, améliorer la production et la productivité agricole, améliorer la capacité hydrique des sols, restaurer l'écosystème, favoriser la remontée de la nappe phréatique, freiner l'érosion et réduire l'envasement de la retenue.

Le type d'aménagement adopté par l'AGIR pour apporter solution aux problèmes suscités pour les 28 bas-fonds recensés dans cette région est l'aménagement par les seuils d'épandage en amont d'une retenue d'eau à l'échelle villageoise.

Cependant, est-ce le meilleur choix ? Existe-t-il d'autres solutions convenables en dehors du type « une retenue et les seuils d'épandage » que l'AGIR décide de dupliquer sur les vingt-huit (28) autres bas-fonds ?

1-3- Objectifs

Le présent travail a pour objectif global d'étudier les possibilités d'aménagement de bas-fond à travers un cas : celui de Nabitenga dans le but de proposer trois (3) types d'aménagement hydro agricole pour son exploitation appropriée. De façon spécifique, il s'agira de:

- ✓ diagnostiquer le bas-fond de Nabitenga afin de ressortir les problèmes rencontrés ;
- ✓ proposer trois types d'aménagement adaptés permettant d'apporter solutions aux problèmes diagnostiqués ;
- ✓ faire l'étude détaillée de l'aménagement par les seuils d'épandage.

II- SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

Plusieurs auteurs ont tenté de définir le bas-fond. Cependant, nous retenons deux définitions à savoir la définition du Consortium Bas-Fonds (CBF) et celle de RAUNET (1985).

Pour le Consortium Bas-Fonds (CBF), « les bas-fonds correspondent à la partie amont d'un réseau hydrographique et leur fonctionnement met en jeu le fond de vallée lui-même et ses petites plaines alluviales, ainsi que les franges hydromorphes, les versants et les plateaux, sur toute l'étendue qui contribue à l'alimentation hydrique du bas-fond, etc. ».

Selon RAUNET (1985), « les bas-fonds sont les fonds plats ou concaves des vallons et petites vallées dans les parties amont des réseaux de drainage. Ils représentent des unités de milieux spécifiques et essentielles au sein des paysages tropicaux. Ce sont les axes de convergence préférentielle des eaux de surface, des écoulements hypodermiques et des nappes. Ils reçoivent également les transports solides des versants ».

Les bas-fonds constituent des écosystèmes fragiles, facilement dégradables (Albergel et al., 1993) et connaissent de dégradations de plus en plus accélérées (Cazalais et al., 2008). Au Niger comme dans tout le sahel, les vallées sont caractérisées par une érosion régressive qui élargit le lit des cours d'eau et ensable les terres fertiles favorables aux cultures de contre saison (Ministère de l'Agriculture, 2011).

Les causes de la dégradation des ressources naturelles sont dues à la conjonction des facteurs climatiques et anthropiques (Da et al., 2008). En effet, l'accroissement des superficies agricoles, le surpâturage, l'insuffisance de petits ouvrages de conservation des eaux et des sols, et l'augmentation des événements climatiques extrêmes ont favorisé l'érosion des bassins versants (CGAAER, 2012 ; Cazalais et al., 2008).

Il s'avère alors nécessaire de préserver ces écosystèmes pour une production et un développement durable, d'où les mesures de conservation des eaux et des sols et de défense et restauration des sols (CES/DRS). En effet, ces mesures constituent un moyen efficace pour mieux gérer l'eau et réduire la dégradation des ressources naturelles et augmenter la production et la productivité agricole (GIZ, 2012).

L'utilisation de ces ouvrages dans un bas-fond pour la maîtrise des crues en vue d'une production agricole constitue « aménagement de bas-fond ».

Toutefois, ces ouvrages doivent être non seulement, techniquement fiables et gérables par les populations, mais aussi adaptés à l'environnement GIZ (2012). Ainsi, les technologies de conservation des eaux et des sols adaptées aux bas-fonds sont entre autres : les cordons pierreux, les digues filtrantes, les micro-barrages, les digues déversantes et les seuils d'épandage de crues.

Les cordons pierreux sont des barrières mécaniques d'arrêt ou de freinage des eaux de ruissellement placées le long des courbes de niveau, pour réduire l'érosion et augmenter l'humidité du sol. Les pierres sont disposées dans des tranchées de 10-15 cm de profondeur. La largeur d'un cordon est d'environ 15-20 cm ; sa longueur varie entre 10-30 m (Liniger et al., 2011; Ouedraogo et al., 2008). Toutefois, les cordons pierreux donnent de meilleurs résultats quand ils sont associés à des mesures biologiques (enherbement, haie vive, plantation d'arbres), à des apports de fumure organique et au mulching (GIZ, 2012). D'après ce même auteur, la durée de vie des cordons pierreux peut dépasser 20 ans lorsqu'ils sont rehaussés et que les pierres déplacées sont remises à leur place.

La digue filtrante d'épandage est un ouvrage, d'une hauteur de 0,50 à 3 m, construit dans des ravins au moyen de pierres lâches et parfois renforcée par des gabions. La partie de la digue située à l'intérieur du ravin est prolongée latéralement par des ailes servant à l'épandage des crues se déversant sur une superficie plus vaste à côté de la digue. Construit avec ou sans déversoir, la digue filtrante est utilisée pour la fermeture des ravins et le réglage du passage d'eau (GIZ, 2012).

Les micro-barrages sont des retenues réalisées en terre compactée avec comme but principal de laminer les eaux de ruissellement, en diminuant le débit maximum et en rallongeant le temps d'écoulement. Le volume de stockage est entre 100 et 200.000 m³ et le volume maximum d'eau peut atteindre 1.000.000 de m³. Pour retarder la sédimentation de ces retenues, des seuils en gabions devraient être réalisés en amont des barrages (Tricoli, 2001).

Les micro-barrages bien construits ont une durée de vie d'au moins 50 ans si un minimum d'entretien est assuré et selon les conditions naturelles du bassin versant, les micro-barrages demandent des mesures CES supplémentaires pour les protéger contre l'ensablement venant de l'amont (GIZ, 2012).

Les digues déversantes, selon GRDR (2011), l'objectif recherché est : une bonne infiltration de l'eau (recharge de la nappe et approvisionnement de la réserve utile du sol), la submersion de terres rizicoles, l'arrêt de l'érosion et la reconstitution des sols. Ces ouvrages qui permettent une rétention d'eau de quelques semaines à quelques mois, sont plus adaptés aux bas-fonds larges et plats à sols argilo-limoneux à la mise en valeur rizicole ou de décrue.

Ayant pour but de réduire l'érosion, les seuils sont dimensionnés pour permettre l'épandage des eaux de crue dans les champs. Cet épandage a le double effet d'irriguer les cultures pluviales et faciliter la recharge de nappes superficielles (Tricoli, 2001). En effet, les seuils d'épandage freinent les crues dans les vallées et répartissent l'eau sur une grande superficie où elle peut s'infiltrer. Les crues des cours d'eau sont ainsi régulées, ce qui diminue l'érosion et la perte de l'eau, améliore la fertilité des sols par les sédiments déposés et recharge la nappe phréatique (GIZ, 2012). Ils sont construits avec des matériaux locaux (les moellons, les pierres) et comprennent un déversoir au milieu, des contreforts à côté du déversoir, et des ailes pour épandre les eaux sur une large superficie. Ils contribuent à réhabilitation des terres dégradées et à la restauration du couvert végétal et l'eau s'écoulant des vallées est ainsi mise au profit de l'agriculture, de l'élevage et de la sylviculture. D'après les études réalisées, pour 90% des vallées de la zone sahélienne, les seuils d'épandages conviennent bien comme mesures d'aménagement (GIZ, 2012).

Les seuils d'épandage sont des mesures « logiques » pour réhabiliter les bas-fonds dégradés sans perturber tout le système hydrique en équilibre relatif antérieur à la dégradation (Abba, 2004). Néanmoins, ce type d'aménagement doit être accompagné par des mesures biologiques car c'est seulement de cette manière qu'une mise en valeur des eaux et des sols sera possible de manière durable (Bender et al., 2009).

III- MATERIEL ET METHODES

3-1- Zone d'étude

La zone du présent projet est le village de Nabitenga, une petite localité située à environ 5 km de la ville de Ziniaré entre 12°37'43'' Latitude Nord et 1°15'02'' Longitude Ouest sur la route nationale Ouagadougou- Kaya (RN 3). Administrativement, Nabitenga dépend de la région du Plateau Central et plus précisément de la commune de Ziniaré (figure 1).

La population est estimée à 526 habitants avec une majorité de femmes (54,56% de femmes), répartie dans 81 ménages (RGPH, 2006). Les activités génératrices de revenus sont par ordre d'importance l'agriculture et l'élevage. Le cheptel animal est composé principalement des bovins, des petits ruminants et de la volaille. La vente de ces animaux d'élevage permet aux éleveurs de faire face aux problèmes financiers (scolarité des enfants, maladies, grossesse, etc.), mais aussi, d'utiliser leurs fumiers comme engrais organique. Cependant, l'utilisation des pailles du mil et du sorgho comme fourrage en saison sèche expose les sols à l'érosion éolienne et hydrique. A cause de la pression foncière, les éleveurs ne disposent pas d'une aire de pâturage. Toutefois, un couloir leur est réservé pour accéder à la retenue d'eau. Ce couloir ne doit porter aucune culture afin d'éviter des conflits entre éleveur et agriculteur.

Le climat y est marqué par une longue saison sèche (octobre-mai) et une saison pluvieuse relativement plus courte (juin-septembre) avec une pluviométrie et une température moyennes annuelles comprises respectivement entre 600 et 900 mm et 13 et 43°C. Les valeurs de l'évaporation annuelle (bac classe A) sont comprises entre 2 600-2 900 mm (SP/CONEDD, 2007).

En ce qui concerne le bas-fond de Nabitenga, il est localisé dans un micro-bassin versant d'une superficie de 8,3 km² avec un périmètre de 20,6 km. Situé entre la retenue de Nakamtenga en amont et celle de Nabitenga en aval, le bas-fond de Nabitenga a une superficie estimée à environ 80 ha avec une largeur moyenne de 350 m et une longueur totale de 2,3 km. Le réseau hydrographique est composé d'un oued et les eaux de ruissellement (Figure 2). Son relief est relativement plat et les altitudes varient entre 300 m et 292 m avec une pente longitudinale de 0,35 % et les pentes transversales de 1,2 % pour la rive gauche et 0,85% pour la rive droite (Figure 3).

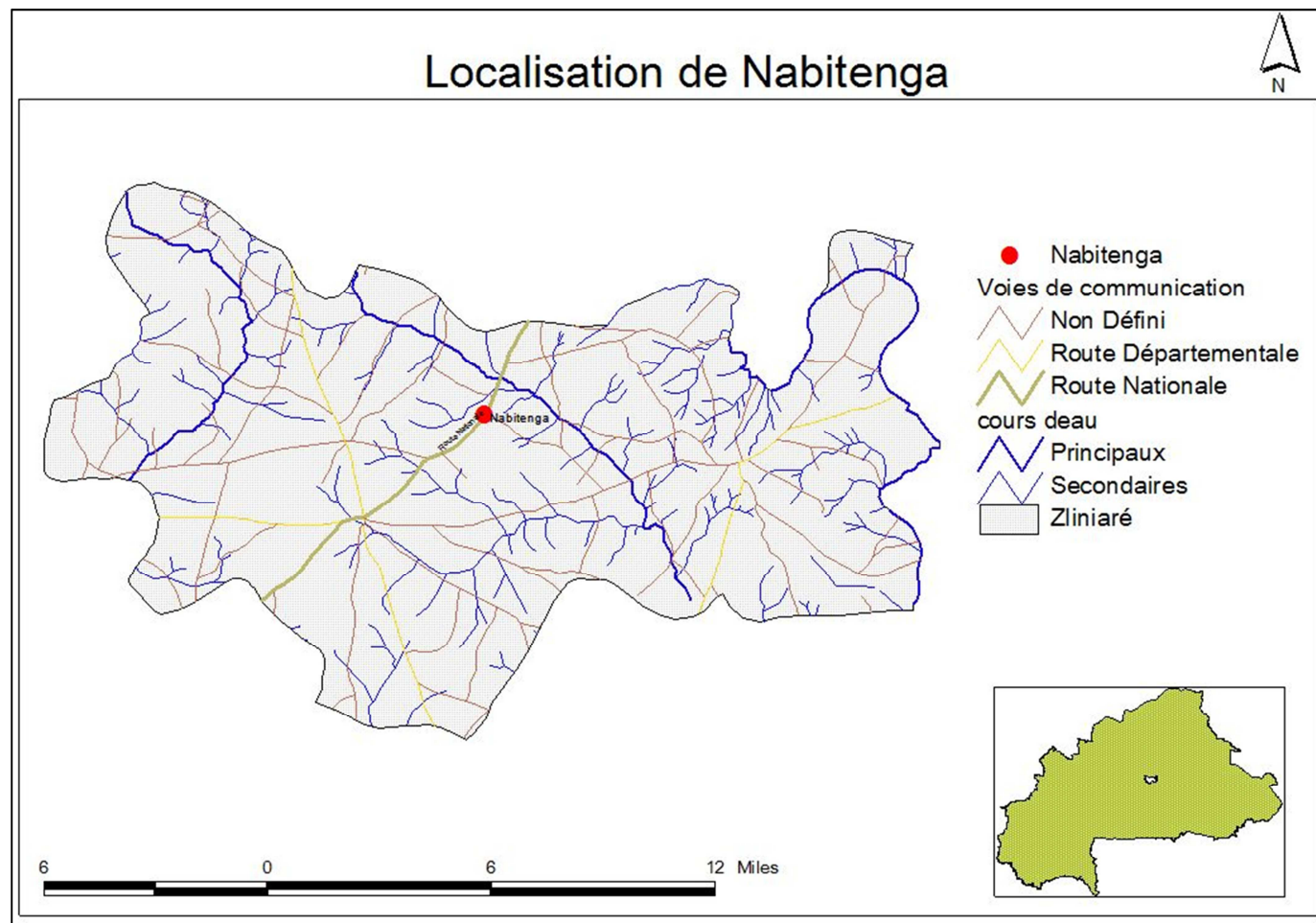


Figure 1 : Localisation de Nabitenga

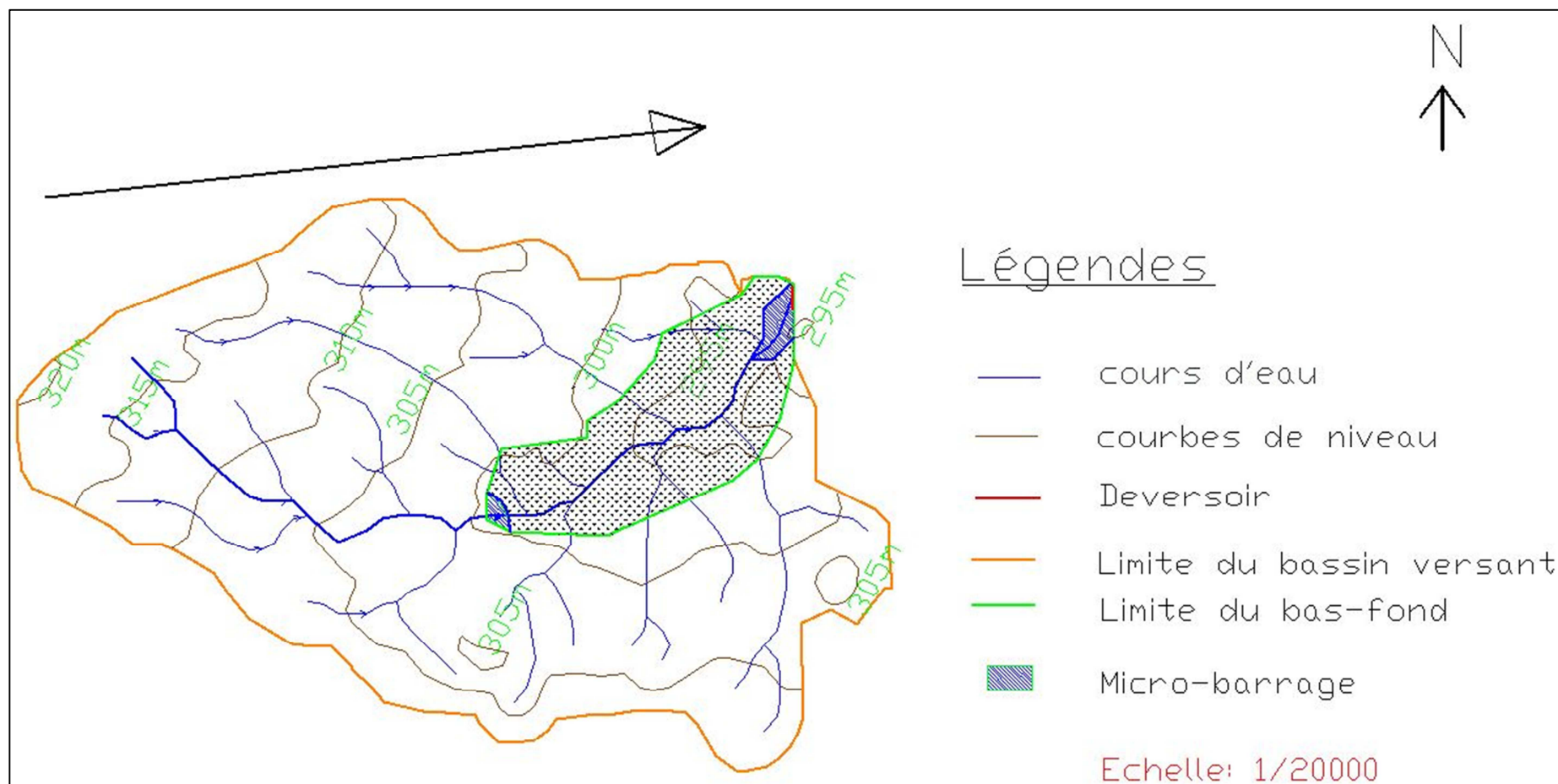


Figure 2: Délimitation du bas-fond de Nabitenga dans le bassin versant

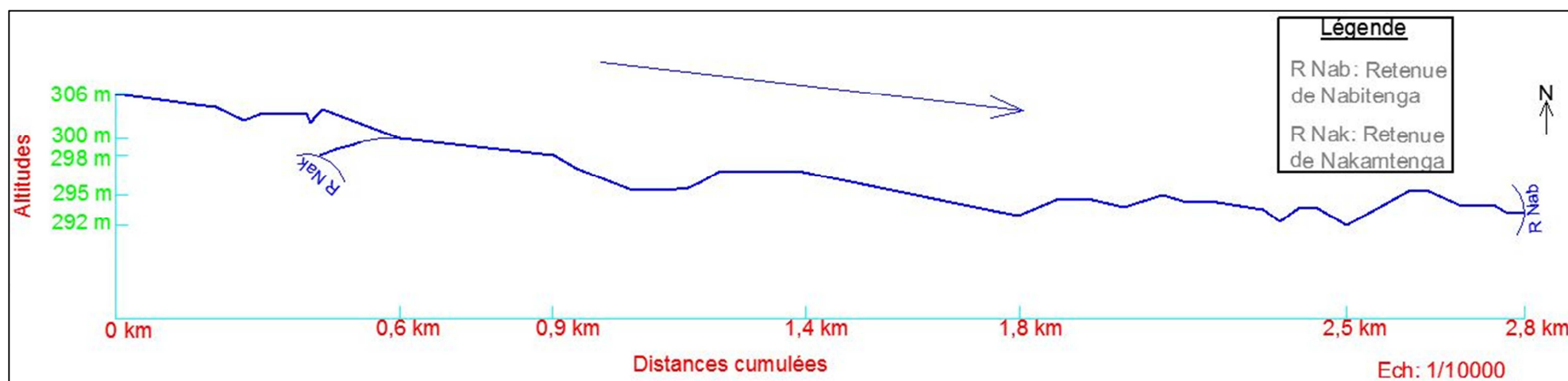


Figure 3: Profil en long du lit du bas-fond de Nabitenga

3-2- Matériel

Le matériel utilisé est composé de :

- un logiciel Google Earth pour visualiser les photos satellites de la zone et tracer le profil topographique;
- un logiciel Global Mapper v15.0.7 pour déterminer les caractéristiques dimensionnelles du bassin telles que la superficie, la longueur, le profil topographique, la pente et le sens des écoulements
- un outil de mensuration.

3-3- Méthodes

3-3-1- Collecte de données

a) Enquête et échantillonnage

Pour recueillir les informations relatives aux aspects socio-économiques du bas-fond de Nabitenga, une enquête rapide a été menée auprès d'un échantillon de six (06) personnes. Il s'agit des informateurs clés de la localité parmi lesquels on a des riverains du bas-fond et des membres du Comité Villageois de Développement de Nabitenga.

La méthode d'échantillonnage opté est l'échantillon à choix raisonné ou échantillonnage non aléatoire qui ne nécessite pas de base de sondage (Pires, 1997; Dépelteau, 2000). En conséquence, cette méthode n'étant basée sur aucune loi du calcul des probabilités, risque d'être moins représentatif de la population (Dufour et Larivière, 2015).

b) Visual Soil Assessment Methodology

Les données pédologiques ont été déterminées à partir de la méthode de diagnostic rapide de la qualité des sols appelée « Visual Soil Assessment Methodology » qui est une méthode d'analyse initiée par la FAO. Cette méthode diffère de la méthode classique de prospection des profils pédologiques.

En effet, la méthode « Visual Soil Assessment Methodology » n'analyse que le profil de l'épipédon (horizons supérieurs). Elle est moins coûteuse, simple, rapide et efficace. L'analyse comprend deux principales phases, le Visual Soil Quality Assessment et le Visual Soil Quality Measurement (Mueller et al., 2009 ; FAO, 2008).

La première partie traite les indicateurs visuels de la qualité des sols (activité biologique, Structure, Texture, Distribution des agrégats) et la seconde traite les indicateurs mesurables (PH, Carbone organique, Dispersion et Floculation, Conductivité hydraulique).

Toutefois, nous n'avons traité que de la première partie d'analyse faute du matériel d'analyse. Ainsi, nous avons parcouru tout le long du bas-fond et ouvrir de petits profils de 10 à 30 cm sur lesquels on a appliqué la méthode Visual Soil Assessment.

c) Données relatives aux images « Google Earth »

Les données relatives aux images « Google Earth » ont été collectées à l'aide du logiciel Google Earth. Ce logiciel fait appel aux méthodes d'autocorrélation spatiale pour la superposition d'images, l'extraction d'altitude ou la hauteur d'objets (Tanaka et Sugimura, 2001).

d) Données morphométriques

Les données morphométriques du bassin versant ont été obtenues à partir de sa surface et de son périmètre, lesquels sont extraits par le logiciel Global Mapper suite au traitement des images « Google Earth ».

e) Données hydrologiques

Les données hydrologiques ont été obtenues à partir des pluies journalières et annuelles de la zone, extraites des cartes d'isohyètes journalières et annuelles établies par CIEH en 1985.

3-3-2- Traitement de données collectées

a) Données de l'enquête

L'échantillonnage à choix raisonné est une méthode qui n'est basée sur aucune loi du calcul des probabilités, par conséquent les informations recueillies ont été traitées directement (Dufour et Larivière, 2015).

b) Images « Google Earth »

La technique de traitement d'image par Global Mapper combine les traitements ponctuels (l'information liée à l'intensité du rayonnement mesuré en ce point) et de morphologie mathématique pour la prise en compte de la forme et de la dimension des objets présents dans les images. Ainsi, elle élimine et réduit le bruit de l'image et/ou met en évidence certains éléments comme les frontières par exemple (Gastellu-Etchegorry, 2008).

Une telle analyse s'appuie sur les méthodes qui opèrent au moyen de transformations morphologiques des formes présentes sur les images (Ackermann et Mering, 2007).

c) Données pédologiques

A partir des données collectées, nous avons procédé à la classification des différents types de sols de la vallée sur la base du système français de classification des sols (CPCS 1967) où les paramètres considérés sont entre autres : la couleur, la texture, la structure, l'épaisseur, la roche-mère, l'état de l'évolution ou de dégradation, composition chimique etc.

d) Paramètres morphométriques du bassin versant de Nabitenga

Pour déterminer les paramètres morphométriques du micro bassin versant, nous avons eu recours aux formules extraites du document de FAO (1996) relatif à l'estimation des crues décennales des petits bassins versants.

➤ Indice de compacité ou coefficient de forme

$$I_{comp} = \frac{0,282.P}{\sqrt{S}} \quad \text{avec } P, \text{ le périmètre du bassin et } S, \text{ superficie du bassin, en } km^2$$

➤ Rectangle équivalent:

$$L = \sqrt{S} \cdot (I_{comp} / 1,128) \cdot (1 + \sqrt{1 - (1,128 \cdot I_{comp})^2})$$

où I_{comp} , indice de compacité, et S , superficie du bassin versant.

➤ **Indice global de pente (en m/km)**

$Ig = \frac{D}{L}$ avec D représentant la dénivelée, exprimée en mètres, séparant les altitudes ayant approximativement 5% et 95% (321 m et 293,5 m) de la surface du bassin au-dessus d'elles; ces altitudes sont déterminées sur la courbe hypsométrique (**Annexe 5**) et L est la longueur du rectangle équivalent, exprimée en km.

➤ **Dénivelé spécifique (Ds)**

$$Ds = Ig \cdot \sqrt{S} \quad \text{avec } Ig, \text{ l'indice global de pente et } S \text{ la superficie}$$

➤ **Densité de drainage (Dd)**

$$Dd = \frac{Lce}{S} \quad \text{où } Lce = \text{longueur totale des ruisseaux y compris le cours d'eau principal}$$

➤ **Indice de pente global corrigé (Igc_{cor})**

$$Igc_{cor} = \frac{((n-1) \cdot Ig + IT)}{n}$$

L : longueur du cours d'eau principal

IT : pente transversale moyenne du bassin-versant ($IT = 1,16\%$ ou $11,6 \text{ m/km}$) déterminée par le logiciel Global Mapper

n : paramètre en fonction de L

$L = 6,9 \text{ km} \longrightarrow n = 3$ (**Tableau 1**)

Tableau 1: Paramètre n en fonction de la longueur du cours d'eau principal

L	$L < 5 \text{ km}$	$5 \text{ km} < L < 25 \text{ km}$	$25 \text{ km} < L < 50 \text{ km}$	$L > 50 \text{ km}$
N	2	3	4	5

➤ **Infiltrabilité des sols**

L'infiltrabilité du bassin a été déterminé grâce à la classification adoptée par Rodier et qui comprend six (06) classes.

e) Paramètres hydrologiques du bassin versant de Nabitenga

Les caractéristiques hydrologiques du bassin ont été également déterminées à partir des formules extraites de FAO (1996).

➤ Estimation de la précipitation journalière décennale P_{10}

La hauteur d'averse décennale P_{10} est déterminée à partir de la carte d'isohyètes journalières (CIEH, 1985) par l'interpolation linéaire entre les valeurs journalières 100 mm et 90 mm, la zone du projet étant située entre celles-ci.

➤ Estimation de la précipitation annuelle décennale P_{an}

La hauteur de pluie annuelle a été estimée à partir de la carte d'isohyètes par l'interpolation linéaire entre les valeurs annuelles 900 mm et 600 mm.

➤ Coefficient d'abattement A

Le coefficient d'abattement a été déterminé à partir des droites de la figure de l'Annexe 6 par une interpolation entre $P_m = 500$ mm et $P_m = 850$ mm, la précipitation moyenne annuelle étant 750 mm.

➤ Estimation de la précipitation décennale moyenne sur le bassin P_{m10}

La précipitation décennale est estimée à partir de la pluie journalière moyenne P_{10} .

$$P_{m10} = A \cdot P_{10} \quad \text{avec } A, \text{ l'abattement et } P_{10}, \text{ la pluie décennale}$$

3-3-3- Prédétermination des crues de fréquence décennale dans les régions sahéliennes :

Méthode ORSTOM ou Méthode Rodier

Selon FAO (1996), lorsque la superficie est inférieure à 10 km^2 , il est préférable d'utiliser la méthode ORSTOM en employant les diagrammes spécifiques à cette gamme de superficie, en particulier les faisceaux de droites, pour déterminer T_b (temps de base) et T_m (temps de montée).

➤ Débit de pointe

Il est déterminé à partir de la relation suivante proposée par Rodier :

$$Qr_{10} = \frac{A.P_{10}.Kr_{10}.\alpha_{10}.S}{Tb}$$

avec

- A*: le coefficient d'abattement ;
- P₁₀*: la hauteur de pluie journalière décennale
- Kr₁₀*: le coefficient de ruissellement correspondant à la crue décennale
- α₁₀*: le coefficient de pointe correspondant à la crue décennale
- S* : la superficie du bassin versant
- Tb₁₀* : le temps de base correspondant à la crue décennale

➤ **Estimation du coefficient de ruissellement décennal *Kr₁₀***

La superficie du bassin étant inférieure à 10 km², la détermination de *Kr₇₀* et *Kr₁₀₀* a été faite à l'aide des courbes empiriques en fonction de la classe d'infiltrabilité (Relativement Imperméable : RI) et de l'indice global de pente *Igcor* (Annexe 7 ; Annexe 8). Le coefficient de ruissellement *Kr₁₀* a été estimé alors par interpolation linéaire entre les valeurs *Kr₇₀* et *Kr₁₀₀*.

➤ **Estimation du volume ruisselé décennal *Vr₁₀***

Le volume de ruissellement décennal est donné par la relation :

$$Vr_{10} = Pm_{10}.Kr_{10}.S$$

➤ **Estimation du temps de base *Tb₁₀***

Le temps de base a été estimée par interpolation linéaire entre les valeurs de *Igcor* 3 et *Igcor* 7 encadrant l'indice de pente du bassin versant (*Igcor* = 5,8 m/km) à partir de la figure de l'Annexe 10

➤ **Débit moyen de la crue (*Qm₁₀* en m³/s)**

Le débit moyen de la crue *Qm₁₀* est donné par l'expression :

$$Qm_{10} = \frac{Vr_{10}}{(Tb_{10} * 60)}$$

➤ **Débit maximum de crue (*Qr₁₀* en m³/s)**

Le débit maximum de la crue *Qr₁₀* est donné par l'expression :

$$Qr_{10} = \alpha_{10} * Qm_{10} \quad \text{avec } \alpha_{10} = 2,6$$

➤ Estimation du Débit décennal (Q_{10} en m^3/s)

Selon FAO (1996), la part d'écoulement retardé à ajouter est de 6 %, d'où :

$$Q_{10} = 1,06 * Q_{r10}$$

➤ Volume de la crue décennale (V_{10} en m^3)

Le volume V_{ret} dû à l'écoulement retardé étant égal à 6% $Q_{r10} * T_{b10}$, alors, le volume total ruisselé est :

$$V_{10} = V_{r10} + 6\% Q_{maxr10} * T_{b10}$$

➤ Estimation du temps de monté (T_{m10} en min)

Tout comme le temps de base, le temps de monté a été estimée par interpolation linéaire entre les valeurs de I_{gcor} 3 et I_{gcor} 7 encadrant l'indice de pente du bassin versant ($I_{gcor} = 5,8$ m/km) à partir de la figure de l'Annexe 12.

➤ Estimation de la crue centennale

La crue centennale est évaluée à partir de la crue décennale par l'expression ci-après :

$$Q_{100} = C.Q_{10} \quad \text{avec } C = 1 + [(P_{100}-P_{10})/P_{10}] \times [(T_b/24)^{0,12}/K_{r10}]$$

où, P_{10} : précipitation journalière correspondant à une période de retour de 10 ans
 P_{100} : Précipitation journalière correspondant à une période de retour de 100 ans
 T_b : temps de base en heures
 K_{r10} : coefficient de ruissellement de la crue décennale (exprimé en fraction et non en pourcentage)
 $(P_{100}-P_{10})/P_{10} = 0,45$ en zone sahélienne

➤ Estimation du Débit (Q_p en m^3/s)

D'après Rodier et Ribstein (1994), le choix de la fréquence décennale est raisonnable, car il est hasardeux de vouloir prédéterminer des crues de fréquence trop rare. De plus les coûts modérés des ouvrages projetés sur les petits bassins sahéliens conduisent souvent les hydrologues à adopter la fréquence décennale pour la crue à prédéterminer.

Par conséquent, $Q_p = Q_{10}$.

3-3-4- Méthode de proposition de types d'aménagement.

A l'issue du diagnostic, on a trouvé que les ouvrages adaptés pour l'aménagement de cette vallée doivent pouvoir :

- ❖ ralentir la vitesse des eaux de ruissèlement ;
- ❖ favoriser la sédimentation de matières charriées ;
- ❖ favoriser la rétention des eaux de petites pluies ;
- ❖ favoriser l'évacuation de grandes crues sans causer des dégâts ;
- ❖ permettre l'augmentation de l'infiltration ;
- ❖ permettre l'alimentation de la nappe phréatique ;
- ❖ favoriser l'arrêt de la progression de l'érosion vers l'amont ;
- ❖ favoriser le comblement des ravines ;

C'est ainsi que nous avons retenu une série de seuils d'épandage, une série de digues filtrantes d'épandage et une association des deux types d'ouvrages.

3-3-5- Méthode de détermination des sites d'implantation des ouvrages.

Pour déterminer alors les sites d'implantation des ouvrages, on s'est basé sur les différents transects et profil effectués dans la vallée, ainsi qu'à la distance qui doit séparer deux ouvrages. A cet effet, pour les seuils d'épandage, deux seuils d'épandage doivent être situés de 300 m l'un de l'autre (Bender et al., 2009). Concernant, les digues filtrantes d'épandage, d'après Krause (1988), l'écartement est déterminé selon la pente longitudinale du bas-fond et la hauteur en crête des digues par la relation :

$$D = \frac{H * 100}{P}$$

D = distance entre les digues (en mètres)

H = hauteur de la crête (en mètres)

P = pente longitudinal du talweg (en %)

Pour la troisième proposition où les seuils sont associés aux digues filtrantes d'épandage, nous avons proposé que ces dernières soient implantées aux points où l'écoulement est torrentiel.

3-3-6- Méthode de dimensionnement des seuils d'épandage

Le dimensionnement des seuils d'épandage a concerné essentiellement le dimensionnement du déversoir central et celui du bassin de dissipation, après avoir estimé la longueur minimale à partir des profils en travers du bas-fond.

a) Dimensionnement des déversoirs

Les seuils ont été dimensionnés à partir de la loi du débit sur le déversoir suivante :

$$Q = m.L.h^{3/2}\sqrt{2g} \quad \text{d'où} \quad h = [Q/(m.L.\sqrt{2g})]^{2/3}$$

- ❖ débit décennal Q
- ❖ coefficient $m=0,385$ pour un écoulement dénoyé,
- ❖ longueur de déversement L ,
- ❖ charge hydraulique sur le seuil h
- ❖ pesanteur $g=9,81\text{N/kg}$;

b) Dimensionnement du bassin de dissipation

Pour éviter l'effet du renard (érosion régressive) sous les seuils, les bassins de dissipation ont été dimensionnés tout le long de ces ouvrages. La formule de base utilisée est celle de Manning-Strickler dans laquelle on a déterminé y_n par la méthode informatique.

$$Q = K.S.R^{2/3}.I^{1/2}$$

Ensuite, on calcule les valeurs de h/H , allant de 0,05 à 0,7 et celles de y_n/H allant de 0,1 à 0,8, puis on détermine D à l'aide de l'abaque ([Annexe 14](#)). On calcule alors le nombre de Froude par la formule suivante : $F = V.(g.y)^{-1/2}$ et à partir de ses valeurs, on détermine les types de bassins à ressaut.

En fin, à l'aide de l'abaque ([Annexe 14](#)), on détermine les caractéristiques du ressaut en fonction du nombre de FROUDE.

3-3-6- Méthode de dimensionnement des digues filtrantes d'épandage

La longueur minimale de la digue est déterminée à partir de la formule de K.H. Schmitt/PA-

CILSS selon laquelle
$$L_{min} = \frac{Q_{10}}{c \cdot h^{1.5}}$$

- ❖ L_{min} = longueur minimale de la digue

- ❖ Q_{10} = débit de la crue décennale
- ❖ $c = 1,65$
- ❖ h = hauteur maximale de la lame d'eau déversant sur la crête (en mètres ; 0,2 m)

3-3-7- Etude de la stabilité des seuils d'épandage

a) Protection anti-renard

Pour vérifier si les ouvrages proposés ne sont pas exposés au phénomène d'affouillement, nous avons appliqué la règle de LANE selon laquelle à la partie centrale des seuils d'épandage (Figure 4).

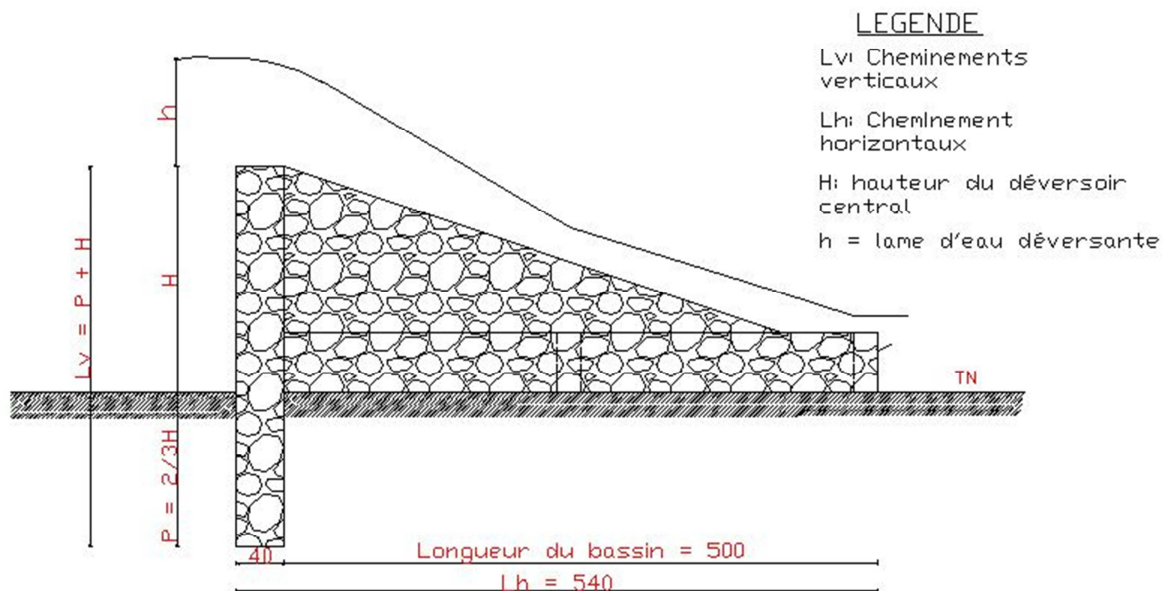


Figure 4: Les cheminements possibles d'eau dans le seuil en sa partie centrale

$$C * H \leq L_v + \frac{1}{3} L_h$$

- L_v : Longueur des cheminements verticaux
- L_h : Longueur des cheminements horizontaux
- H : Hauteur d'eau en amont du déversoir
- $C = 1,8$: Coefficient dépendant de la nature du sol (argile dure).

b) Stabilité au glissement

L'étude de la stabilité au glissement a été réalisée à partir de la méthode de Fellenius par le calcul de coefficient de glissement F_G de la formule ci-après conformément à la Figure 5:

$$F_G = \frac{\Sigma(W - U) * \tan\phi}{\Sigma(P)}$$

- $F_G \geq 1$, coefficient de sécurité au glissement
- S = surface de glissement
- ΣP = Forces horizontales, telles que la poussée de l'eau et des terres, qui s'exercent sur le barrage tendent à le déplacer vers l'aval
- W = forces verticales dues au poids du barrage
- U = forces de sous-pressions
- $\tan\phi$ = coefficient de frottement

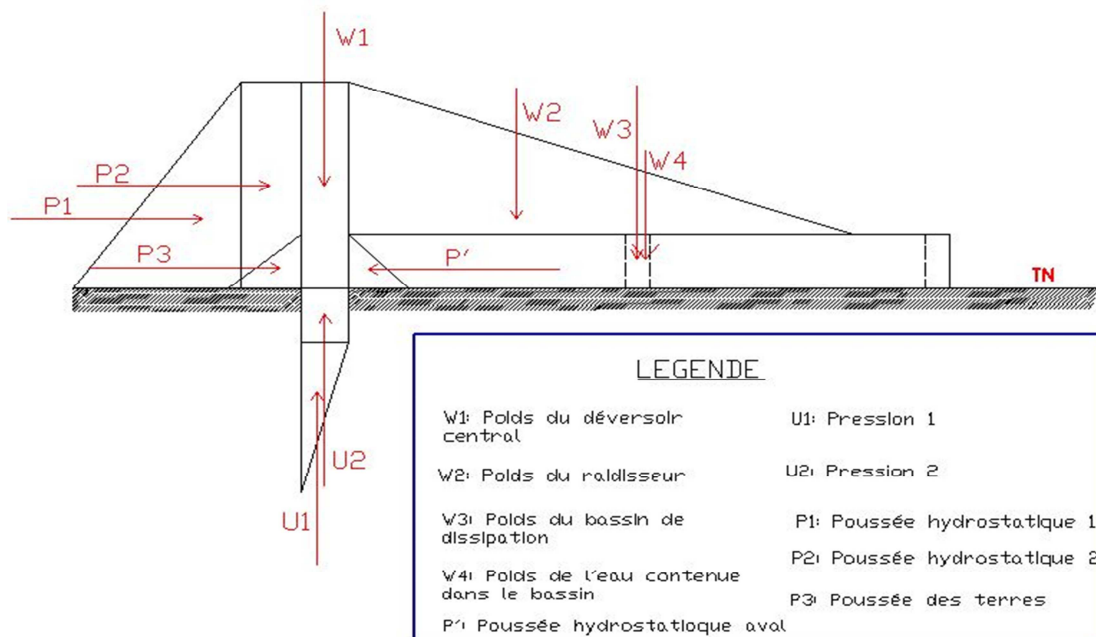


Figure 5: Les forces auxquelles est soumis le seuil

c) Stabilité au renversement

La stabilité au renversement est déterminée à partir de la formule suivante :

$$Fr = \frac{\Sigma \text{Moment stabilisants}}{\Sigma \text{Moments renversants}}$$

Si $Fr \geq 1,5$ alors, la stabilité au renversement est assurée.

IV- RESULTATS ET ANALYSE

4-1- Diagnostic du bas-fond de Nabitenga

4-1-1- Caractéristiques physiques

a) Sols

Les sols du bas-fond de Nabitenga sont composés de quatre (0 4) unités pédologiques (figure **6Figure 6**).

o Les sols ferrugineux tropicaux lessivés

Localisés sur les versants, ces sols dont la partie arable est d'une épaisseur de 10 à 20 cm contiennent des gravillons. Dans les zones fortement érodées, ces sols laissent apparaître les cuirasses latéritiques ou s'indurent pour donner des croûtes superficielles.

o Les sols brunifiés

Les sols brunifiés sont localisés essentiellement tout le long du talweg où coulent les eaux du cours d'eau. Ils ont une couleur brun foncée, une texture fine et une épaisseur importante.

o Les sols hydromorphes

Ils sont localisés dans la cuvette de Nabitenga et de ses alentours et constitués essentiellement à partir des sédiments alluviaux et de l'excès d'eau. Ils sont de couleur brun grisâtre ou brun grisâtre clair avec des taches grises et rouilles liées respectivement à la réduction et à l'oxydation du fer. La texture est moyenne à fine, ce qui leur confère une bonne disponibilité en eau (Kissou et al. 1998).

o Les sols peu évolués lessivés

Ces sols sont situés en amont des sols ferrugineux tropicaux lessivés à partir la retenue de Nabitenga jusqu'à 1 km environ. Ils présentent un profil peu différencié dans lequel l'horizon humifère passe au matériau originel par une transition plus ou moins rapide. Cette faible évolution du profil est due soit à un impact peu prononcé du climat soit à l'action de l'érosion qui freine les processus d'altération des matériaux en profondeur. L'érosion hydrique est très active en raison de leur position physiographique (talus à forte pente, chanfrein). Sur le plan chimique, les sols peu évolués gravillonnaires sont pauvres en matière organique, en azote et en phosphore (Kissou et al. 1998).

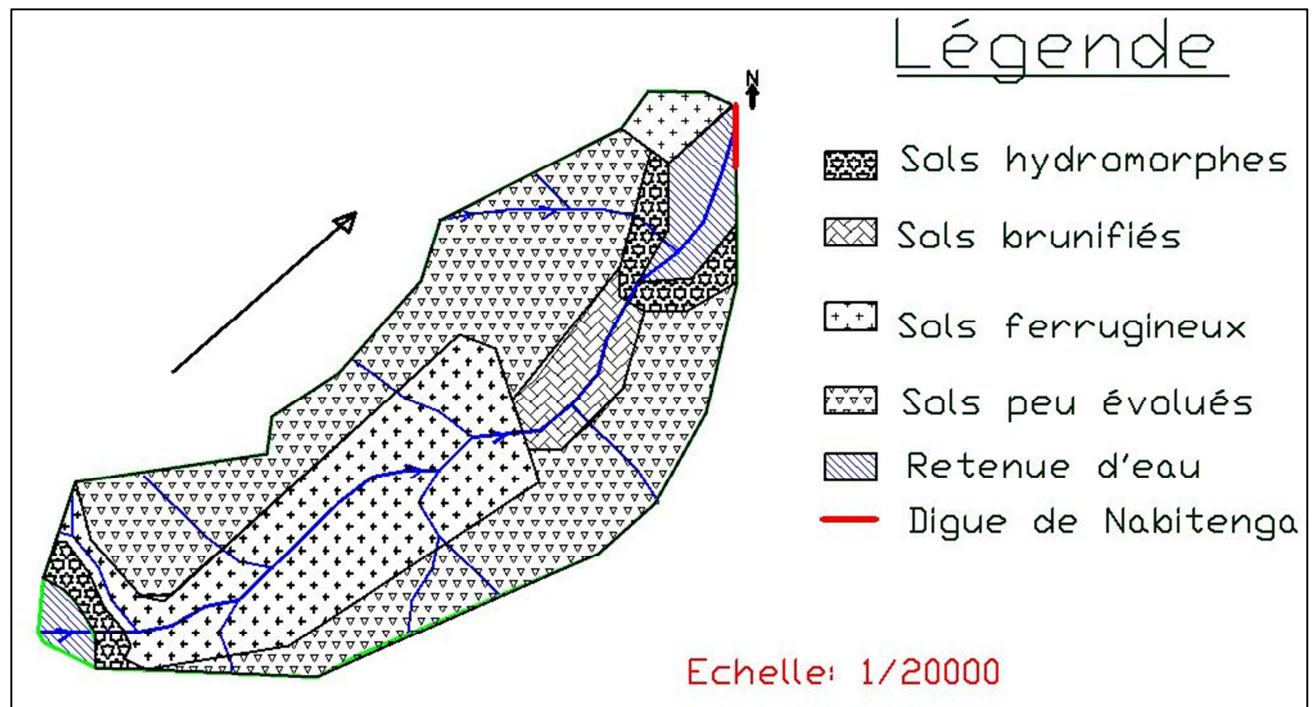


Figure 6: Répartition des sols dans la vallée de Nabitenga

b) Végétation

La formation végétale, faite d'une mosaïque de formation naturelle et de plantations est hétérogène dans la vallée. Lorsqu'on évolue de la retenue de Nabitenga vers celle de Nakamtenga sur une distance d'environ 1km, on observe quelques pieds de plantes parsemées dans les champs. Il s'agit de : Karité (*Vitellaria paradoxa*), Néré (*Parkia biglobosa*), *Khaya senegalensis*, tamarinier (*Tamarindus indica*), des Eucalyptus et Manguiers. Cependant, le Karité est l'espèce végétale la plus abondante alors que le Néré est l'espèce végétale la plus dominante. Le taux moyen de recouvrement est estimé à environ 2,4% de la superficie totale de la vallée, soit 2 ha avec une densité d'environ 7 pieds/ha.

D'environ 1km à 1,7 km, on observe une concentration d'arbres et arbustes sur la partie érodée à cause de l'encroulement et des rigoles d'érosion et au-delà de 1,7 km jusqu'à la retenue de Nakamtenga, on observe également quelques pieds de karité dans un petit champ rizicole.

c) Fonctionnement hydrologique du bas-fond

Le bas-fond de Nabitenga est alimenté par un cours d'eau intermittent dont les écoulements débutent au mois de mai ou juin. Les débits écoulés pendant les crues seraient importantes avec les eaux de ruissellement très agressives. Ce qui explique la présence des ravinements d'une profondeur allant de 3 à 4 m et d'une longueur de plusieurs dizaines de mètres (figure 7).

Par endroit, on observe également l'érosion latérale qui entraîne l'élargissement des berges par sapement.

Par ailleurs, les éléments charriés sont déposés à des zones préférentielles (variation de pente) surtout dans la cuvette de la retenue de Nabitenga, accélérant ainsi le phénomène d'envasement de celle-ci. On observe aussi l'effet de l'érosion en rigole et l'érosion splash de part et d'autre du lit majeur malgré les moyens de lutte (cordons pierreux, bande enherbée, labour en contre pente) mis en place par les producteurs.

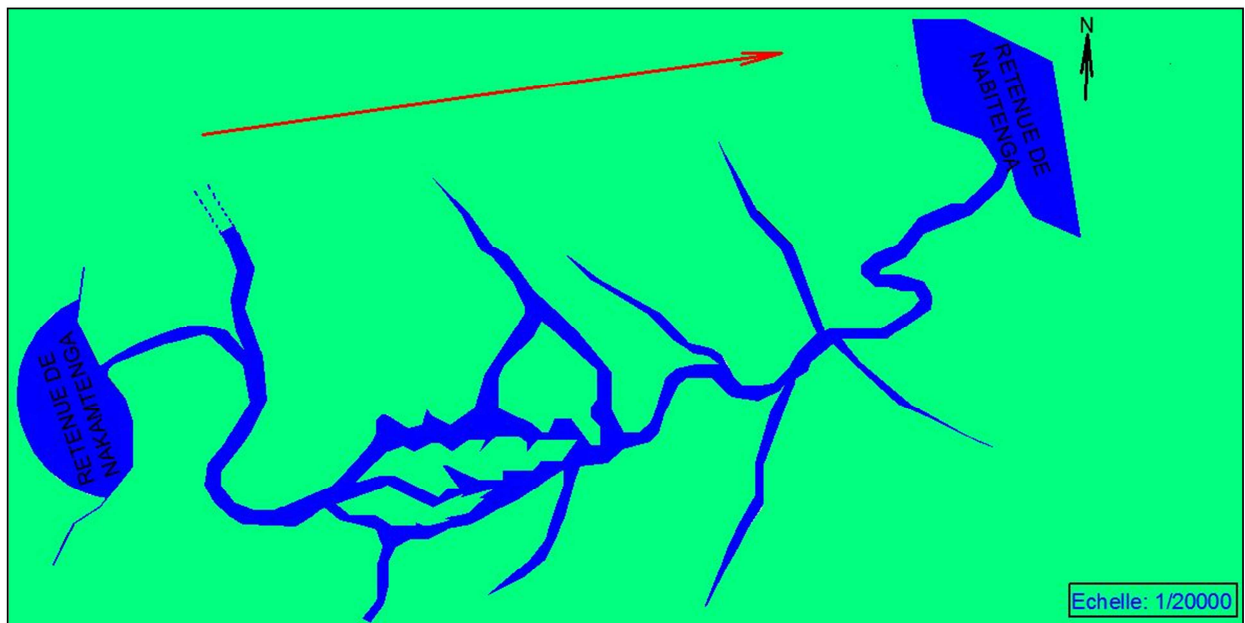


Figure 7: L'état de dégradation de la vallée de Nabitenga

d) Dynamique hydraulique du bas-fond

D'une longueur d'environ 2,3 km entre les retenues de Nabitenga et de Nakamtenga, le lit de la rivière est bien marqué avec une allure sinueuse, le tracé rectiligne par endroit, une largeur variant entre 6 à 8 m et une profondeur comprise entre environ 1,5 et 3 m.

On observe une absence d'herbes sur les berges, ce qui favorise le sapement de celles-ci. Le lit majeur a une largeur comprise entre 200 à 400 m environs.

L'analyse du lit mineur montre de l'amont vers l'aval que :

- entre 300 et 500 m environ, on observe une dépression qui constitue une zone d'inondation et qui utilisée par les habitants de Nakamtenga pour la riziculture pluviale ;
- entre 500 et 800 m environ, on a un profil relativement plat, favorable au régime fluvial et aux dépôts sédimentaires;
- entre 800 et 1300 m, soit sur 500 m environs, il y'a une variation brusque de la pente entraînant une chute d'eau, par conséquent, le changement du régime fluvial au régime torrentiel. En effet, cette chute provoque à cet endroit un ressaut qui est à l'origine de l'érosion régressive. Ce qui peut expliquer la présence des ravins observés à cet endroit.
- au-delà de 1300 m jusqu'à la retenue de Nabitenga, les dénivelés sont relativement faibles et on y observe des dépôts de sables qui sont fréquemment prélevés pour la construction des ouvrages.

La nappe phréatique est profonde, puisque les puits observés dans les concessions proches du bas-fond ont une profondeur comprise généralement entre 8 et 15 m. Toutefois, en saison sèche, ce bas-fond est asséché en surface comme en profondeur sur une frange plus ou moins importante, car tous les puits s'assèchent durant toute cette période.

e) Principales causes de la dégradation

L'érosion de la vallée de Nabitenga peut être due à la combinaison de plusieurs facteurs à savoir :

- la pente : La pente moyenne longitudinale de la vallée (0,35 %) et celles transversales (1,2 % pour la rive gauche et 0,85% pour la rive droite) sont faibles, néanmoins, les ruptures répétées de pente (surtout entre 800 et 1300 m de l'amont vers l'aval) pourraient contribuer au phénomène de l'érosion hydrique. Selon Pouyaud et al (1995), les ravines d'érosion naissent à la rupture de pente et en présence de sols plus fragiles, c'est-à-dire la faible teneur en argile des sols.

- la texture des sols : la teneur des unités pédologiques de la vallée en éléments sablo-limoneux expose ces dernière à l'érosion. En effet, sous l'action des précipitations, ces éléments sont décapés puis transportés vers la cuvette de la retenue de Nabitenga.
- la baisse de la teneur en matière organique du sol et l'absence du couvert végétal : La réduction du couvert végétal et de la capacité du renouvellement de la matière organique expose les sols à l'érosion hydrique et éolienne (Hien et al., 1995).
- la présence de la retenue de Nakamtenga située en amont de la vallée : En aval d'une retenue, la vitesse des eaux évacuées devient plus élevée qu'en amont, ceci peut expliquer l'érosion de la vallée de Nabitenga.
- le labour parallèle à la pente : le non-respect par endroit du labour en sillons en contre pente peut également contribuer à la dégradation des sols à cause de l'écoulement facile des eaux de ruissellement.
- la non-maîtrise des profondeurs de labour par la culture attelée : les exploitants de la vallée n'ont aucune notion de la profondeur du labour. Ainsi, les sols de la vallée étant légers, le labour profond peut provoquer leur déstructuration et par conséquent les exposer à l'érosion hydrique et éolienne. Aussi, faut-il ajouter que le labour à une même profondeur chaque année peut créer à cette profondeur une pellicule imperméable réduisant la capacité d'infiltration, donc augmentant le ruissellement et par conséquent le risque d'érosion.
- l'utilisation des pailles de cultures comme fourrages en saison sèche laissant les sols nus : les pailles des cultures utilisées comme fourrages laissent les sols de la vallée nus sans protection et donc exposés à l'érosion hydrique (surtout en début de la saison des pluies) et éolienne.
- le surpâturage et le piétinement des animaux dans la vallée : le parcours excessif des animaux dans la vallée entraînent la destruction du couvert végétal et la déstructuration du sol, ce qui pourrait augmenter le risque d'érosion.

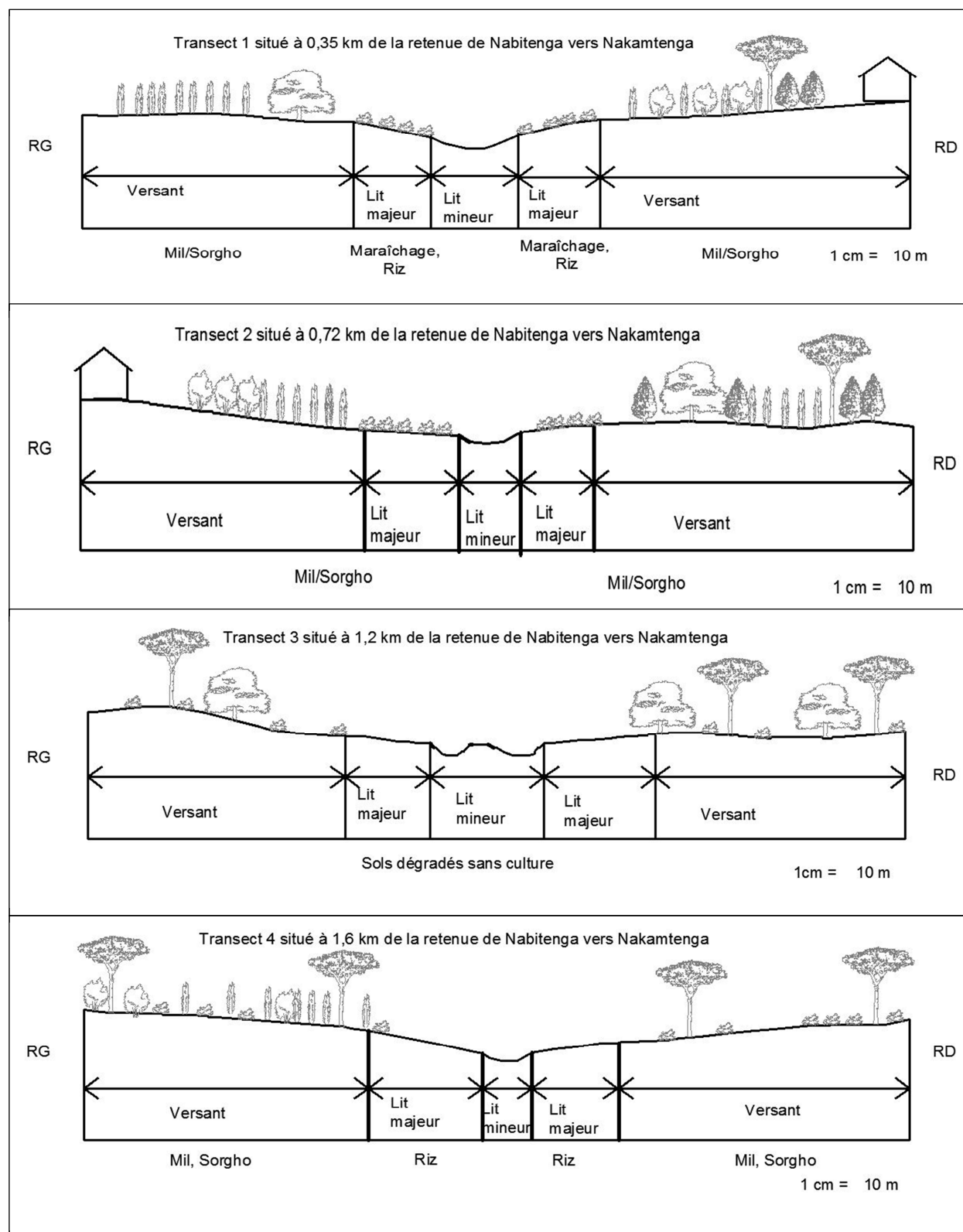


Figure 8: Transects de la vallée de Nabitenga à différents niveaux

f) Ouvrage existant sur le bassin versant

Sur la demande des populations de Nabitenga à travers la DREAHA/PC, un micro barrage à l'échelle villageoise a été construit grâce au financement de l'AGIRabcd en 2011 sur le bas-fond de cette localité pour des fins agricoles.

❖ Description du micro-barrage

D'une capacité de 200 000 m³, le micro-barrage de Nabitenga est constitué d'une digue homogène en remblai compacté de part et d'autre du déversoir. Cette digue a une hauteur maximum de 3 m et une longueur totale de 300 m. La pente du talus intérieur protégé sur toute sa longueur par des perrés est de 2H/1V contre celle du talus extérieur 1H/1V.

Par ailleurs, on observe un tapis de perrés maçonnés ayant une longueur de 5 m de part et d'autre du déversoir sur le talus intérieur. En plus, deux (02) murs bajoyers (voile de 10m x 3m x 0.25m ; semelle : 10m x 0.8m x 2.5m) sont construits de part et d'autre du déversoir pour contrer les poussées des terres.

❖ Description du déversoir

Central et calé à 0,75 m en dessous de la digue, le déversoir du barrage de Nabitenga est du type Craeger en béton cyclopéen. Il a une longueur totale de 30 m et est composé de cinq (05) plots de 6 m chacun reliés par des joints water-stop sur toute la hauteur des plots.

En aval de ce déversoir se trouve un seuil de dissipation d'une longueur de 4m renforcée vers l'aval par des gabions de dimension 1m x 0.4 m afin de lutter contre l'érosion régressive.

Ce déversoir jugé insuffisant, un second a été proposé par Souleman (2011) pour combler l'évacuation des crues du premier. Celui-ci a pour les caractéristiques ci-après :

- longueur : 20 m ;
- charge hydraulique : 0,25 m

❖ Etat actuel du micro-barrage

L'ouvrage existant présente de plus en plus des dégradations sur la cuvette et le bassin de dissipation. En effet, la retenue connaît un envasement excessif dû à l'érosion hydrique. Cet envasement a réduit considérablement la capacité de cette retenue.

En ce qui concerne le bassin de dissipation, on observe une dégradation du muret aval de ce bassin, l'exposant ainsi à un risque d'érosion régressive.

4-1-2- Situation socio-économique

a) Agriculture

L'activité économique pratiquée dominante dans le milieu est l'agriculture. Bien qu'elle soit en défaveur du climat, l'agriculture à Nabitenga reste pluviale et de subsistance. Les cultures exploitées sont principalement le riz autour de la retenue, le sorgho et le mil sur les autres parties (figure 9). Toutefois, pendant les trois mois qui suivent la saison des pluies, les populations profitent encore de la présence l'eau de la retenue pour faire du maraichage à la place du riz. Les cultures maraichères exploitées sont la tomate, l'oignon, l'aubergine, etc.

Le vallon qui est située entre la retenue de Nakamtenga en amont et celle de Nabitenga en aval a une étendue de 65 ha environs contre 30 ha que compte le bas-fond de Nabitenga. On en déduit donc que le bas-fond de Nabitenga réellement exploitable a une surface d'environ 10 ha si l'on retranche la surface du plan d'eau de la retenue qui selon Souleman (2011), est 20 ha. Toutefois, il convient de préciser que les producteurs exploitent une partie considérable de la cuvette de la retenue pour la riziculture pluviale et le maraîchage de contre saison.

Le labour est fait en billon par la traction animale (bœufs ou ânes) et la fertilité des sols est maintenue grâce à la fumure organique et minérale. Cependant, les producteurs n'ont aucune notion de profondeur de labour, ce qui pourrait fragiliser les sols et les exposer à l'érosion éolienne et hydrique.

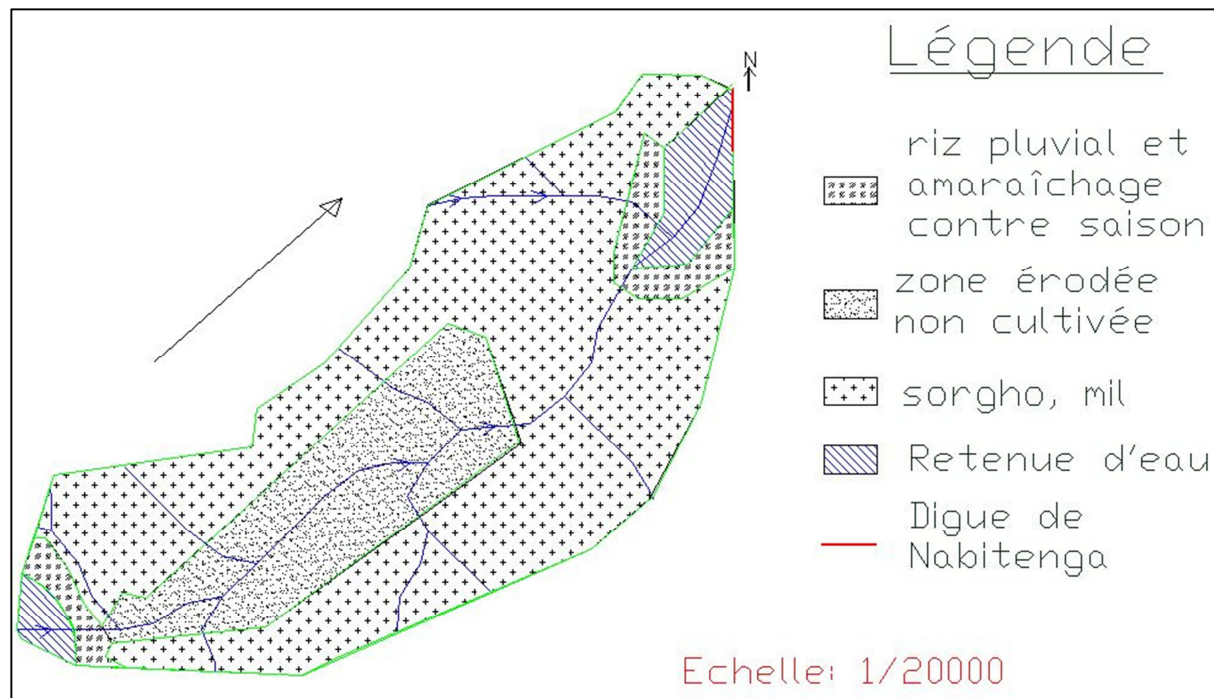


Figure 9: Répartition de cultures dans la vallée de Nabitenga

b) Foncier

L'exploitation des terres du bas-fond se fait par les propriétaires en saison pluvieuse et en saison sèche, les propriétaires ayant leurs terres proches de la retenue d'eau les partagent avec les autres producteurs pour le maraîchage. Il faut noter que les terres ne sont pas à vendre et le mode d'acquisition est par héritage. Il n'y a aucun conflit lié au foncier et les femmes ont accès aux terres. Toutefois, compte tenu de la pression foncière et la période trop courte de la présence d'eau (3 mois), certains producteurs préfèrent migrer vers les zones de grands barrages.

c) Organisation sociale

Les habitants de Nabitenga sont regroupés autour de Conseil Villageois de Développement (CVD) qui a pour rôle de promouvoir le développement du terroir. A cet, il est le représentant et le porte-parole des villageois auprès des acteurs de développement (ONGs, Associations, Structures déconcentrées, etc.). Il est chargé de veillé et d'assurer la gestion et l'entretien des biens communautaires tels que la retenue de Nabitenga, les forages, etc.

d) Attentes des producteurs

Le vœu le plus cher des producteurs de Nabitenga est d'avoir l'eau en permanence dans leur retenue. A cet effet, ils souhaitent que leur retenue qui s'est envasée soit curée ou que la digue soit rehaussée afin que sa capacité soit améliorée. Néanmoins, si les seuils que proposent AGIRabcd peuvent contribuer à la valorisation de leurs ressources en eaux du sol, ils ne peuvent qu'en réjouir.

4-2- Paramètres morphométriques et hydrologiques du bassin versant

4-2- 1- Paramètres morphométriques du bassin versant

Les altitudes extrêmes sont comprises entre 292 m et 323 m avec un aspect en arête de poisson et un réseau hydrographique plus ou moins développé. Il a une superficie de 8,3 km² avec un périmètre de 20,6 km. Les différents paramètres physiques du bassin versant calculés sont indiqués au tableau 2.

Tableau 2: Paramètres physiques du bassin versant

Icomp	L	Ig	Ds	Lp	Ls	Lce	Dd	Igcor
2	9,4 km	3m/m	8,4 m	6,9 km	30 km	36,9 km	4,4 km ⁻¹	5,8 m/km

Suite à l'analyse des valeurs du tableau 2.

Tableau 2, on peut retenir ce qui suit :

- Le présent bassin versant a une forme allongée, puisque, selon Rodier et Ribstein (1988), la forme du bassin est plus allongée lorsque son indice de compacité Icomp > 1. 30, Icomp = 1 correspondant à un cercle.
- Défini par Dubreuil (1965), l'indice global de pente est le facteur qui caractérise le relief. Les valeurs de cet indice comprises entre 3 et 15 m/km correspondent à un bassin versant relativement plat, d'où notre bassin est un bassin plat.
- La valeur du dénivelé spécifique (Ds) confirme l'aspect plat de notre bassin, car un Ds < 50 m indique que le relief est plat (FAO, 1996).

- La valeur calculée de la densité de drainage est supérieure à 1, ce qui implique que le réseau hydrographique est bien développé et le bassin versant est bien drainé.

4-2-2- Paramètres hydrologiques et prédétermination de crue décennale

Les caractéristiques pluviométriques et les paramètres de détermination des crues décennales sont indiqués dans le tableau 3.

Tableau 3: Les paramètres hydrologique du bassin versant

P_{10}	A	Pm_{10}	Kr_{10}	Hr	Vr_{10}	Tb_{10}	Qm_{10}	Qr_{10}	Q_{10}	Q_{100}	V_{10}	Tm_{10}
95 mm	0,88	84 mm	46,5	39 mm	322481 m ³	498 min	10,8 m ³ /s	28 m ³ /s	30 m ³ /s	30 m ³ /s	372788 m ³	137 min

De ce tableau, on retient que le temps de base décennal est de 8 heures 18 minutes et le temps de monté est 2 heures 17 minutes. En ce qui concerne le débit maximum ruisselé correspondant au débit de crue décennale, il est de 30 m³/s. par conséquent, le débit de projet est $Q_p = 30 \text{ m}^3/\text{s}$.

4-3- Types d'aménagement adaptés au bas-fond de Nabitenga

4-3-1- Proposition

Suite au diagnostic, les types d'aménagement adaptés pour la restauration de la vallée et son exploitation pour les cultures pluviales et de contre-saison sont entre autres :

1. une série de seuils d'épandage ;
2. une série des digues filtrantes d'épandage (en pierres libres ou en gabions);
3. une association de seuils d'épandage et digues filtrantes d'épandage.

4-3-2- Schéma d'aménagement pour chaque type

Pour chaque type d'aménagement adapté le schéma d'aménagement proposé se présente comme l'indiquent les Figure 10, Figure 11, Figure 12.

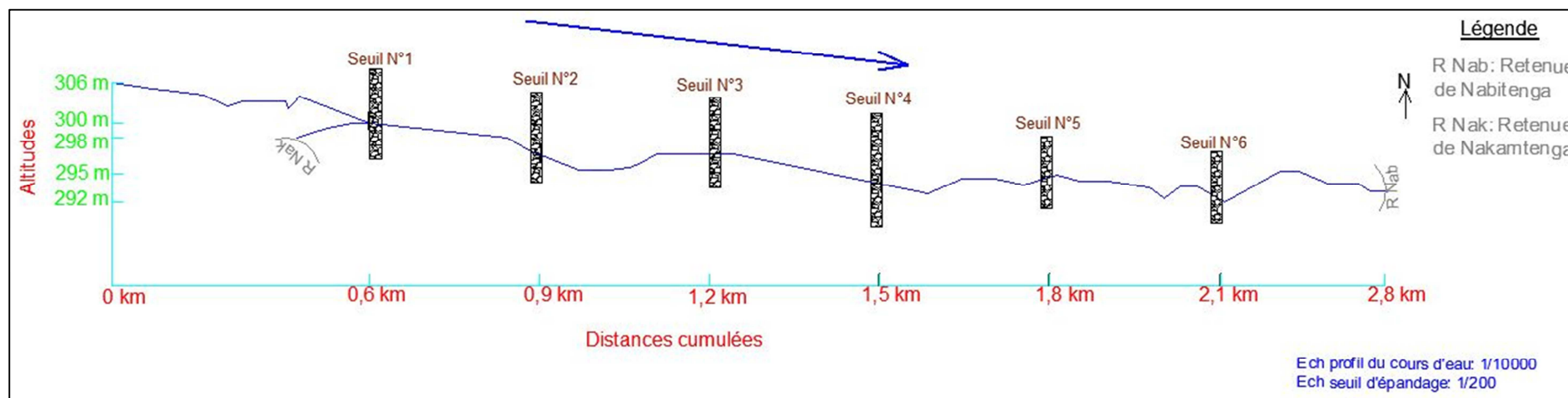


Figure 10: Schéma d'aménagement par les seuils d'épandage de crues

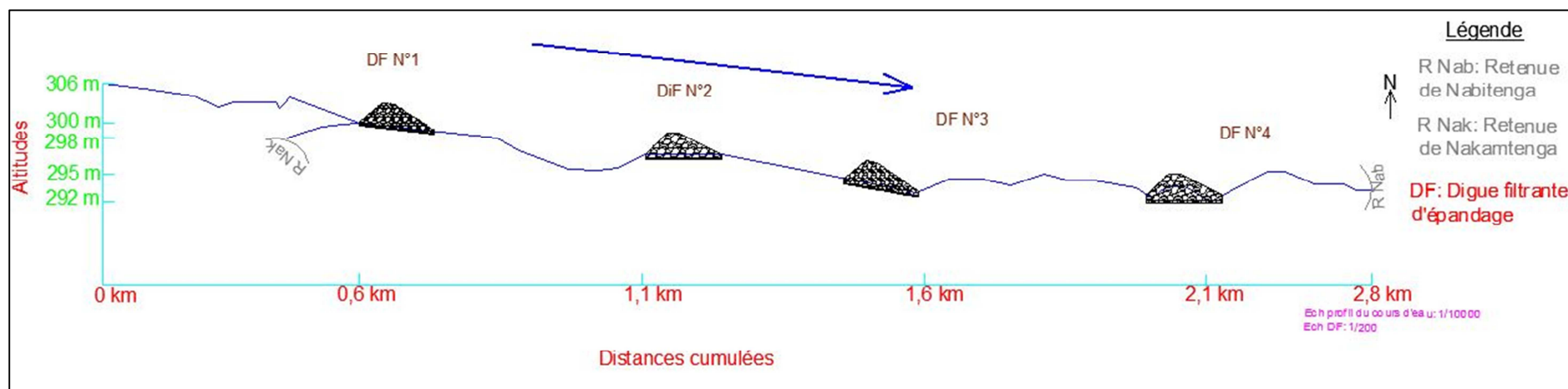


Figure 11: Schéma d'aménagement par les digues filtrantes d'épandage

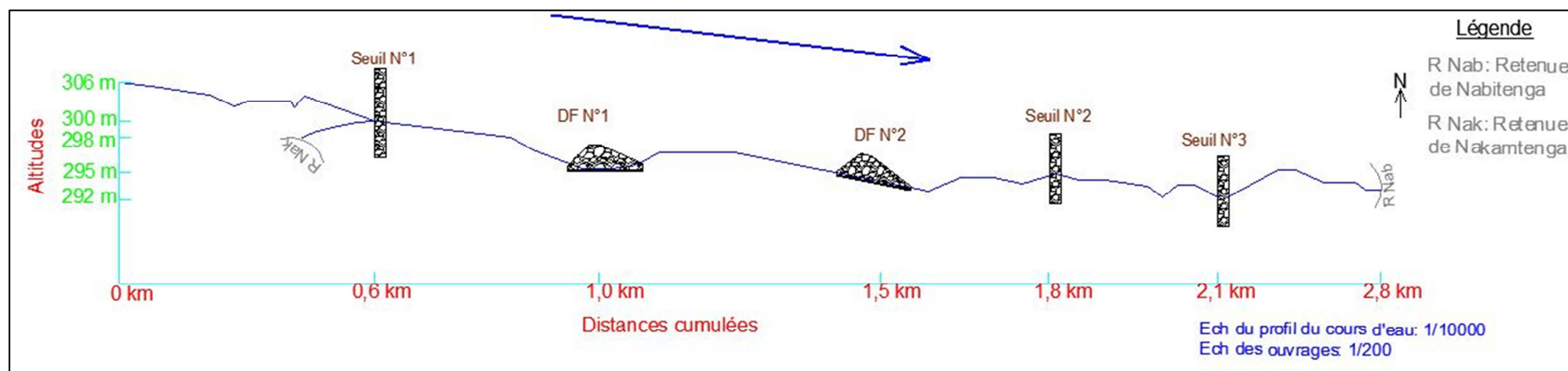


Figure 12: Schéma d'aménagement par l'association des seuils d'épandage aux digues filtrantes d'épandage

A partir de ces schémas d'aménagement, le nombre et la longueur minimale de chaque type d'ouvrages à exécuter est indiqué dans le Tableau 4.

Tableau 4: Les longueurs minimales des différents ouvrages

Type d'aménagement	Ouvrages	Longueur minimale
Série de seuils d'épandage	Seuil N° 1	240 m
	Seuil N° 2	300 m
	Seuil N° 3	360 m
	Seuil N° 4	420 m
	Seuil N° 5	320 m
	Seuil N° 6	180 m
Série de digues filtrantes d'épandage	Digue filtrante d'épandage N° 1	210 m
	Digue filtrante d'épandage N° 2	
	Digue filtrante d'épandage N° 3	
	Digue filtrante d'épandage N° 4	
Association seuils d'épandage et digues filtrantes d'épandage	Seuil N° 1	240 m
	Seuil N° 2	320 m
	Seuil N° 3	180 m
	Digue filtrante d'épandage N° 1	210 m
	Digue filtrante d'épandage N° 2	210 m

4-3-3- Choix d'un type d'aménagement

Bien que les trois types d'aménagement proposés peuvent apporter solution aux problèmes diagnostiqués, le type le mieux adapté est la première proposition, c'est-à-dire l'aménagement du bas-fond par les seuils d'épandage pour diverses raisons.

En effet, l'AGIRabcd, l'association promotrice du présent projet a déjà orienté son choix vers les seuils d'épandage et compte partir de cette expérience pour créer un programme d'aménagement hydro-agricole à l'échelle villageoise pour la valorisation de quelques bas-fonds de la région du Plateau Central.

Par ailleurs, la construction des digues filtrantes nécessite une grande quantité de pierres, une forte demande en main d'œuvre; et une réalisation coûteuse en cas d'indisponibilité de pierres (GIZ/Programme AGIRE, 2014). Aussi, faut-il ajouter que l'augmentation de l'infiltration reste marginale pour avoir un impact sur l'alimentation de la nappe phréatique après trois années de recherche (Van Driel et Vlaar, 1991).

4-4- Etude détaillée des seuils d'épandage

4-4-1- Dimensionnement des seuils d'épandage

Les dimensions (longueurs et hauteurs) des six ouvrages sont variables. Toutefois, les contreforts ont tous une longueur de 10 m de part et d'autre de l'oued, soit 20 m au total et une hauteur de 40 cm. Par contre, les ailes ont une hauteur moyenne de 30 cm et sont plus hauts de 10 cm que le déversoir central. Les épaisseurs minimales proposées sont de 40 cm sur tout le long du seuil avec une profondeur minimale d'encrage égale au deux tiers ($2/3$) de la hauteur de chaque partie du seuil (déversoir central, contreforts et aile).

Par ailleurs, les raidisseurs ont la même hauteur que le déversoir central, mais une longueur de 4,20 m et une largeur de 1,3 m. Chaque déversoir central de 10 m comporte trois raidisseurs (03) avec un écart d'espacement de 3,05 m.

Les autres dimensions minimales, ainsi que le nombre de déversoirs centraux pour chaque seuil sont mentionnées au Tableau 5.

Tableau 5: Les dimensions minimales des seuils d'épandage proposés

N° du seuil	Déversoirs centraux			Ailes	
	Charge hydraulique	Hauteur	Nombre	Charge hydraulique	Longueur
Seuil 1	0,60 m	1,90 m	1	0,2	210 m
Seuil 2	0,60 m	1,90 m	1	0,15	270 m
Seuil 3	0,5 m	1,90 m	2	0,15	320 m
Seuil 4	0,5 m	2,5 m	2	0,15	380 m
Seuil 5	0,5 m	1,5 m	1	0,15	290 m
Seuil 6	0,6 m	1,5 m	1	0,2	150 m

4-4-2- Dimensionnement des bassins de dissipation

Les bassins de dissipation des parties centrales sont du type II et ont tous une profondeur égale à 0,00 et des longueurs minimales allant entre 2,0 à 3,0 m. Par contre, les bassins de dissipation au long des ailes ont une profondeur allant de 0,1 à 0,2 m et une longueur minimale variant entre 1,0 à 1,5 m. Cependant, pour des raisons de sécurité des ouvrages et la conformité dans leur exécution, nous avons adopté une profondeur de 0,5 m et une longueur de 5,0 m pour les bassins de dissipation de la partie centrale et une profondeur 0,2 m et longueur minimale de 1,5 m pour les bassins qui longent les ailes.

La coupe du déversoir en sa partie centrale et son bassin de dissipation est représentée à la figure 13.

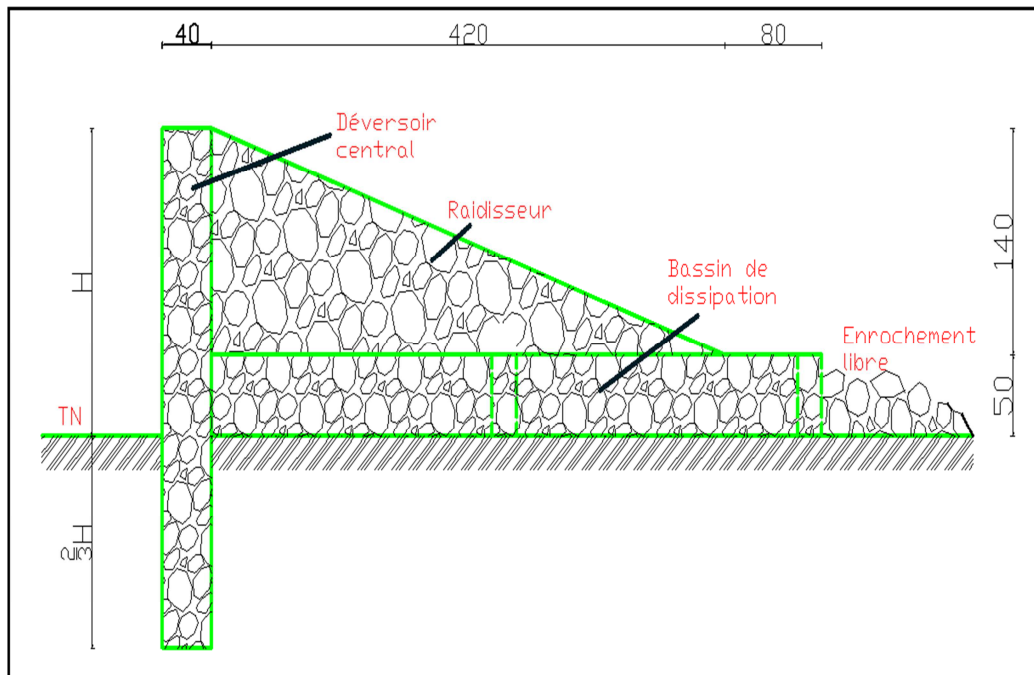


Figure 13: Coupe d'un déversoir en sa partie centrale

4-4-3- Etude de la stabilité des ouvrages proposés

a) Protection anti-renard

Le résultat lié à la vérification de LANE pour chaque ouvrage est indiqué dans le Tableau 6.

Tableau 6: Récapitulatif sur le calcul de la règle de LANE

Dimensions	Seuils 1, 2 et 3	seuil 4	seuil 5	seuil 6
L_v	3,8 m	3,6 m	1,8 m	1,8 m
L_h	3,4 m	3,4 m	3,4 m	3,4 m
$L_v+1/3*L_h$	4,9 m	5,9 m	4,1 m	4,1 m
H	2,5 m	3 m	1,4 m	1,5 m
$C*H$	4,5 m	5,4 m	3,6 m	3,78 m

De ce tableau, on peut dire que la règle de LANE est vérifiée, puisque $C*H \leq L_v+1/3*L_h$. En conséquence le risque d'affouillement des ouvrages est éliminé.

b) Stabilité au glissement

Les différentes forces soumises au déversoir central et les moments calculés ont permis d'obtenir les coefficients de sécurité au glissement F_G (Tableau 7). On constate que le coefficient de sécurité au glissement $F_G \geq 1$ pour tous les ouvrages, par conséquent, **la stabilité au glissement est assurée.**

Tableau 7: Coefficient de sécurité au glissement des déversoirs centraux

Désignation	Seuils 1, 2	Seuil 3	Seuil 4	Seuils 5, 6
Résultante des Forces verticales : $\Sigma (W-U)$ en kN	108,75	107,61	129,33	96,43
Résultante des Forces horizontales ΣP en kN	27,53	26,40	44,03	17,93
Coefficient de sécurité au glissement F_G	2,37	2,45	1,76	3.23

c) Stabilité au renversement

Les différentes valeurs du coefficient au renversement sont indiquées dans le Tableau 8. On constate que le coefficient de sécurité au renversement $F_r \geq 1,5$ pour tous les ouvrages, par conséquent, **la stabilité au renversement est vérifié.**

Tableau 8: Coefficient de sécurité au renversement des déversoirs centraux

Désignation	Seuils 1, 2	Seuil 3	Seuil 4	Seuils 5, 6
Moments stabilisants M_s	176,66	175,50	190,88	169,40
Moments renversants M_r	22,67	21,22	44,13	12,37
Coefficient de sécurité au	7,8	8,3	4,32	13,7

4-4-4- Coût estimatif de l'aménagement complet du bas-fond

Le coût estimatif de l'aménagement du bas-fond s'élève à un montant global d'environ **163 692 938 FCFA**, soit **249 548 euros**. Les montants par seuil d'épandage sont indiqués au tableau 9. Il convient de préciser que ce budget sommaire a été établi à partir des prix unitaires des travaux de construction des deux seuils d'épandage qui y sont réalisés par l'Entreprise Engineering Services EES S.A.R.L. (Annexe 16).

Tableau 9: Coût d'exécution par seuil d'épandage

N° du seuil	Montant (FCFA)
Seuil 1	20 972 431
Seuil 2	26 193 560
Seuil 3	31 432 273
Seuil 4	36 670 985
Seuil 5	27 939 798
Seuil 6	15 716 136
Total	163 692 938

V- DISCUSSION

Le diagnostic du bas-fond de Nabitenga montre l'importance socio-économique qu'il représente pour les habitants et sa dégradation est un frein au développement durable et rural. Ce qui explique l'entière adhésion des populations à tout projet susceptible d'apporter des solutions pour contribuer à la maîtrise de l'eau de cet écosystème afin de lutter contre la phénomène accéléré de la dégradation.

L'aménagement de ce bas-fond par les seuils d'épandage est alors bienvenu. Ainsi, le nombre nécessaire de ces ouvrages pour une réhabilitation complète du bas-fond de Nabitenga est de six et les hauteurs de la partie centrale au-dessus du TN sont 1,5 ; 1,9 et 2,4 m avec une profondeur minimale d'encrage égale au deux tiers de la hauteur. La stabilité de ces ouvrages dimensionnés dans ce contexte est assurée. Cependant, la durabilité et la stabilité des ouvrages seraient liées à l'exécution des ouvrages dans les règles de l'art (respect des dimensions conçues, sans fissuration) et à leur maintenance après construction. Par ailleurs, il faut reconnaître que les dimensions sus mentionnées auraient pu être différentes si l'on avait mené des études géotechniques préliminaires.

Les seuils d'épandage sont plus adaptés aux pentes inférieures à 2% lits de vallée larges et peu profonds pour un épandage de crues plus efficace (Critchley et al., 1991), tel est le cas pour Nabitenga, puisque la pente moyenne est de 0,35%. Toutefois, les seuils 3 et 4 sont implantés à la partie la plus dégradée de la vallée où les écoulements sont forts. Cette partie pourrait faire l'objet d'aménagement d'un petit d'espace pour l'abreuvement des animaux, vu que l'élevage est l'activité secondaire après l'agriculture.

Bien que selon GIZ (2012), les seuils sont résistants aux conditions climatiques extrêmes telles que les précipitations saisonnières accrues, forts événements pluviométriques et inondations, nos ouvrages qui sont dimensionnés avec un débit de crue égal à 30 m³/s seraient endommagés en cas des débits de crue plus importants. Aussi, il convient de rappeler que les riverains du bas-fond pourraient utiliser les seuils comme ouvrages de franchissement, chose pour laquelle ils ne sont pas dimensionnés contribuerait à la cession de des seuils d'épandage.

La construction d'ouvrages communautaires complexes, comme les seuils d'épandage, exige un degré d'organisation interne plus poussé et leur entretien nécessite des investissements qui ne sont pas à la portée des paysans (GIZ, 2012), surtout que la région du Plateau Central est considérée comme l'une des plus pauvres depuis trois décennies (Ouédraogo, 2003). Ce qui pourrait affecter la durabilité des ouvrages et leur duplication par les bénéficiaires.

Pour rendre les effets des seuils d'épandage durables, il faut nécessairement mener des aménagements complémentaires sur les versants ou en amont de ces ouvrages. En effet, BMZ et al. (2012) a souligné le problème d'ensablement sévère des vallées lorsque les terrains en amont du bassin versant ne sont pas suffisamment aménagés par des mesures complémentaires. Ainsi, il convient de procéder à l'aménagement des versants par les plantes fixatrices à haute valeur fourragère ou par les touffes d'herbes.

Les digues filtrantes d'épandage donnent également de bons résultats. Les études menées au Burkina ont démontré que l'augmentation des rendements de sorgho cultivé en amont des digues filtrantes est due à la fois à une meilleure disponibilité en eau et à un meilleur approvisionnement en éléments nutritifs. Par contre, l'augmentation de l'infiltration reste marginale pour avoir un impact sur l'alimentation de la nappe phréatique après trois années de recherche (Van Driel et Vlaar, 1991).

Pourtant, l'un des objectifs phares du présent aménagement est de favoriser la remontée de la nappe. Par ailleurs, la construction des digues filtrantes nécessite une grande quantité de pierres, une forte demande en main d'œuvre; et une réalisation coûteuse en cas d'indisponibilité de pierres (GIZ/Programme AGIRE, 2014).

Néanmoins, dans les zones de forts écoulements, et sur les sols en argile molle, nous pensons que les digues filtrantes d'épandage seraient mieux adaptées que les seuils d'épandage.

VI- CONCLUSION ET SUGGESTIONS

6-1- Conclusion

Le bas-fond de Nabitenga connaît des dégradations auxquelles il est nécessaire de combattre. Ces dégradations dues à l'érosion hydrique sont des pertes de terres agricoles à travers les ravinements et l'induration. Ce qui affecte sans doute les rendements et la production agricoles.

Par ailleurs, les particules arrachées au sol sont charriées et déposées dans la cuvette du micro-barrage de cette localité, entraînent alors son envasement trop rapide, et par conséquent la réduction de sa capacité. Ce qui ne permet pas aux bénéficiaires de jouir de ce joyau surtout en saison sèche, puisque la retenue s'assèche deux à trois mois après la saison des pluies.

L'aménagement du bas-fond de Nabitenga s'avère alors important afin de récupérer les terres abandonnées, combler les ravins, augmenter l'infiltration et l'humidité des sols, protéger la retenue contre l'envasement, freiner le phénomène d'érosion et favoriser la remontée de la nappe phréatique.

Dans ce contexte, trois types d'aménagement peuvent être adaptés, notamment : les seuils d'épandage, les digues filtrantes et la combinaison des deux précédents. Toutefois, l'aménagement par une série de seuils d'épandage de crues constitue le type le mieux adapté et par conséquent a fait l'objet d'une étude détaillée.

A cet effet, il faut six seuils d'épandage pour la réhabilitation complète de la vallée de Nabitenga. Néanmoins, pour rendre efficaces et durables ces ouvrages, il faut un aménagement connexe sur les versants et en amont des seuils construits.

Toutefois, il serait mieux de combiner les seuils aux digues filtrantes d'épandage au cas où l'environnement ne s'y prête pas pour les premiers seulement.

6-2- Suggestions

- Faire une étude d'impact socio-environnemental ;
- Faire les études techniques préliminaires avant la réalisation des seuils ;
- Suivre la remontée de la nappe phréatique pour apprécier les effets des seuils ;
- Prévoir un espace destiné à l'abreuvement des animaux ;

- Amener le Comité Villageois de Développement des localités bénéficiaires à s'approprier les ouvrages et à en assurer convenablement la maintenance.

VII- REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Abba B., 2004.** Genèse et morpho dynamique actuelle des bas-fonds sahéliens : caractérisation des bas-fonds de Birnin Lokoyo, Doutchi et Sormo. *Mémoire de Maitrise en géographie- Université Abdou Moumouni de Niamey.*
- Ackermann G., Mering C., 2007.** Measuring morphology of urban settlements from high resolution remote sensing images. *XIIth Intern. Congress of Stereology, Saint-Étienne, pp. 4-7.*
- Albergel J., Lamachere J.M., Gabelle F., Lidon B., Ran A.M. et Vandriel V., 1993.** Mise en valeur agricole des bas-fonds au sahel. *Bulletin de liaison du CIEH n°91.7p.*
- Bender H. Mahamadou H. et Mounkaila A., 2009.** Seuils d'épandage en zone sahélienne. Mesures de réhabilitation et d'aménagement des bas-fonds. Gestion optimale et durable des eaux et des sols. *Recommandations, version provisoire. 29p.*
- BM et SP/CPSA. 2012.** Revue diagnostique des dépenses publiques de base dans le secteur agricole (2004-2012): Projet de document de travail spécifique à l'aménagement hydro-agricole.
- BMZ, GIZ et KfW, 2012.** Seuils d'épandage pour la valorisation des vallées d'oued dégradées. *Expériences du Sahel. 56p.*
- Cazalais S., Gagnon A., Laroche R., Savoie V., Guillou M., Chrétien F. et Breune I., 2008.** Diagnostic et solutions des problèmes d'érosion des berges de cours d'eau. *Fiche technique. 14p.*
- CGAAER, 2012.** L'eau et la sécurité alimentaire face au changement global : quels défis, quelles solutions ? Contribution au débat international. 76p.
- Dépelteau F., 2000.** Les démarches d'une recherche en sciences humaines. *La presse de l'Université Laval. De Boeck Université.*
- Diallo B., Traoré A., Dembélé N. et Staatz J., 2012.** Les perspectives d'échanges et la promotion des chaines de valeurs agricoles en Afrique de l'Ouest (campagne 2012-13) *PRESAO*

Programme de Renforcement et de Recherche sur la Sécurité Alimentaire en Afrique de l'Ouest. Résultats de recherche N° 2012-12

CILSS, FAO, FEWS NET et PAM, 2012. Note conjointe sur l'évaluation des marchés et la situation alimentaire au Sahel. 6p.

Critchley W., Siegert K., Chapman C., 1991. A Manual for the Design and Construction of Water Harvesting Schemes for Plant Production. *FAO, Rome.*

CPCS, 1967. Classification des sols. Tableaux des classes, sous-classes, groupes et sous-groupes des sols. *Service de classification des sols. INRA, France. 96 p.*

Da E.C. D., Yacouba H. et Yonkeu S., 2008. Unités morpho pédologiques et gestion de la fertilité des sols dans le Centre-Nord du Burkina Faso par les populations locales. *Int. J. Biol. Chem. Sci. 2(3): 306-315.*

Dubreuil P., 1965. Contribution à l'étude d'implantation de bassins représentatifs de régions hydrologiques homogènes. *Colloque AISH. Bassins représentatifs et expérimentaux. BUDAPEST, pp. 54-63. Publication AISH n° 66.*

Dufour C. et Larivière V., 2015. Principales techniques d'échantillonnage probabilistes et non-probabilistes. *SCI6060 – Cours 4, p.1.*

FAO, 2008. Visual Soil Assessment (VSA). Field Guides Annual crops, Olive orchards, Orchards, Vineyards, Wheat. *Rome.*

FAO, 1996. Crues et apports : Manuel pour l'estimation des crues décennales et des apports annuels pour les petits bassins versants non jaugés de l'Afrique sahélienne et tropicale sèche. *Bulletin FAO d'irrigation et de drainage 54, 265p.*

GIZ/Programme AGIRE, 2014. Diguettes filtrantes .Milieu rural / macro-captage. *Fiches techniques - Gestion des eaux pluviales et conservation des sols.*

GIZ, 2012. Bonnes pratiques de CES/DRS. Contribution à l'adaptation au changement climatique et à la résilience des producteurs. *Les expériences de quelques projets au Sahel. 60p.*

- GRDR, 2011.** Démarche d'aménagement des eaux de surface. *Volume 2 : Maîtriser son chantier d'aménagement. Guide de capitalisation*, 34p.
- Hien F., Compaore J.A. et Coulibaly-Some O., 1995.** La dynamique de la dégradation des sols dans le bassin du Nakambé : une étude diachronique dans le secteur des forêts classées de Bissiga-Nakabé au Burkina Faso. Pp. 523-530.
- Kissou R., Thiombiano L., Nébié A. K., Semde A. et Yago K. J., 1998.** La Base mondiale de données sur les sols: avantages et faiblesses pour la connaissance et l'utilisation des milieux édaphiques au Burkina Faso. *FAO*, p6.
- Krause B., 1988.** Fiche technique: les digues filtrantes d'épandage. *PATECORE*, pp. 96-106.
- Liniger, H.P., Mekdaschi Studer R., Hauert C. et Gurtner M., 2011.** La pratique de la gestion durable des terres. Directives et bonnes pratiques en Afrique subsaharienne. *TerrAfrica, Panorama mondial des approches et technologies de conservation (WOCAT) et Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO)*. 243p.
- MAH, 2011.** Stratégie Nationale de Développement de la Riziculture.
- Ministère de l'Agriculture, 2011.** Rapport étude d'impact environnemental et social simplifiée pour l'aménagement de la vallée de Gofat (région d'Agadez/Niger), 32p.
- Mueller L., Kay B. D., Deen B., Hu C., Zhang Y., Wolff M., Frank Eulenstein F. et Schindler U., 2009.** Visual assessment of soil structure: Part II. Implications of tillage, rotation and traffic on sites in Canada, China and Germany. *Soil and Tillage Research Volume 103, Issue 1*, pp. 188–196.
- Ouedraogo S., Belemvire A., Maiga A., Sawadogo H., Savadogo M., 2008.** Evaluation des impacts biophysiques et socio-économiques des investissements dans les actions de gestion des ressources naturelles au nord du Plateau central du Burkina Faso. *Rapport de synthèse- Version Provisoire- 96p*.
- Ouédraogo S., 2003.** Impact économique des variétés améliorées du niébé sur les revenus des exploitations agricoles du plateau central du Burkina Faso. *TROPICULTURA*, 21, 4, pp. 204-210.

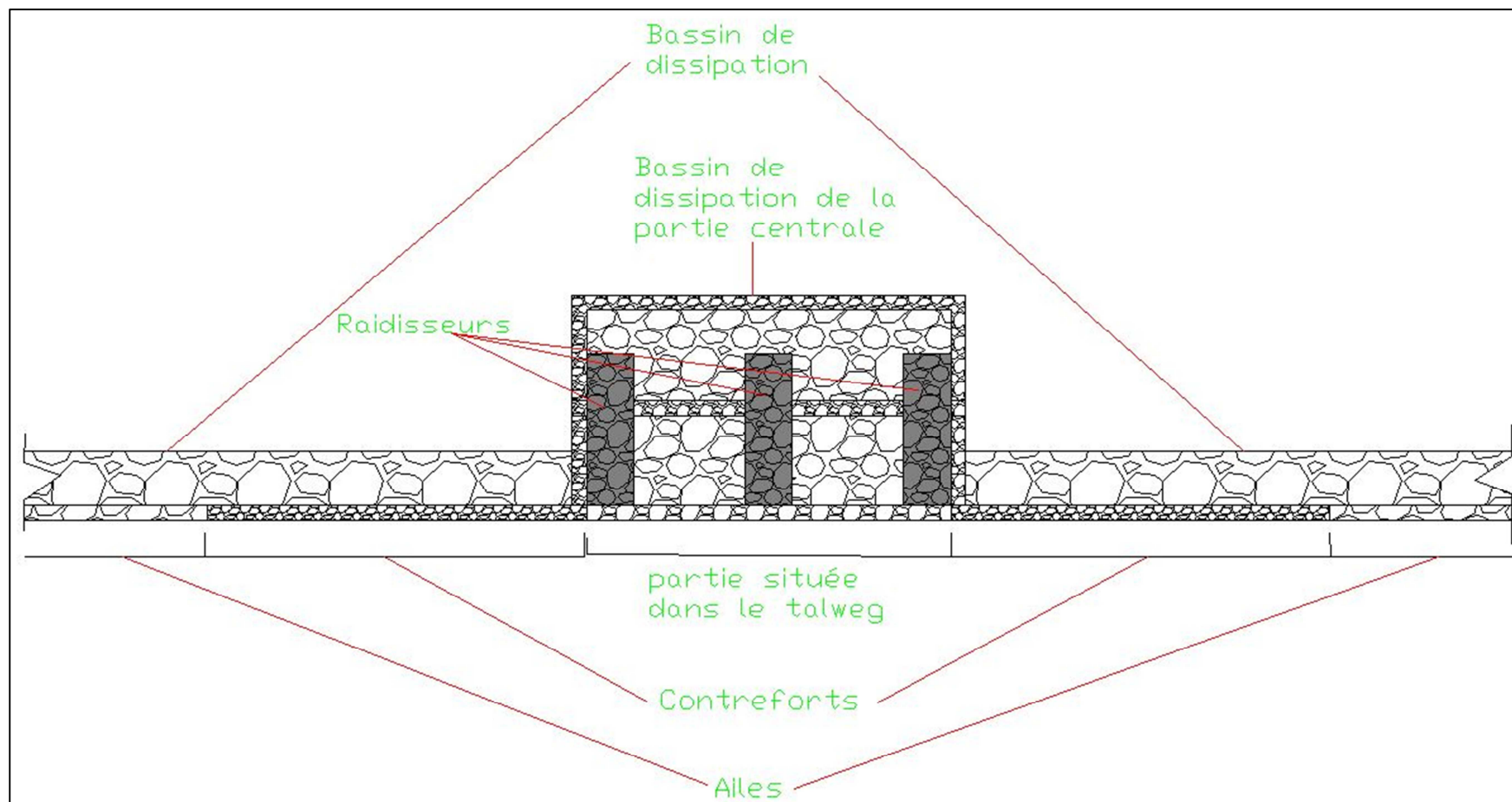
- Pires A., 1997.** Échantillonnage et recherche qualitative: essai théorique et méthodologique. *École de criminologie, Université d'Ottawa.*, 85p.
- Pouyaud B., Albergel J., Camus H., Chevallier P., Lamachere J.M., 1995.** La réhabilitation des régimes hydriques et hydrologiques des terres semi-arides dégradées. Eurotext, Paris, pp. 49-64.
- Raunet M., 1985.** Bas-fonds et riziculture en Afrique, Approche structurale comparative. *Agronomie Tropicale*, n° 40-3 pp. 181-202.
- Rodier J. et Ribstein P., 1994.** La prédétermination des crues sur des petits bassins sahéliens inférieurs à 10 km². *ORSTOM Laboratoire d'hydrologie BP 5045, 34032 Montpellier cedex*, pp. 222-232.
- Rodier J. et Ribstein P., 1988.** Estimation des caractéristiques de la crue décennale pour les petits bassins versants du sahel couvrant de 1 à 10 km². *ORSTOM Laboratoire d'hydrologie BP 5045, 34032*, 137p.
- SP/CONEDD, 2007.** Programme d'action national d'adaptation à la variabilité et aux changements climatiques (PANA du Burkina Faso).
- SP/CONEDD, 2006.** Revue scientifique sur l'état de la dégradation des terres au Burkina Faso. Etude réalisée dans le cadre du programme de gestion durable des terres.
- Souleman G. A., 2011.** Développement et valorisation des ressources en eau de Nabitenga et villages alentours. *Mémoire de Master à 2iE*, 59p.
- Tanaka S., Sugimura T., 2001.** A new frontier of remote sensing from IKONOS images. *International Journal of Remote Sensing*, vol. 22, n° 1, pp. 1-5.
- Tricoli D., 2001.** Expérience de conservation des eaux au Niger projet Keita. *Projet GCP/MOR/012/ITA - Atelier régional sur la maîtrise de l'eau en zone aride - Agadir, Maroc 27/02 – 1/03/2001*
- Van Driel W. F. et Vlaar J. G J., 1991.** Impact des digues filtrantes sur le bilan hydrique et sur les rendements agricoles dans la région de Rissiam, Burkina Faso. *Soil Water Balance in the*

Sudano-Sahelian Zone (Proceedings of the Niamey Workshop, February 1991). IAHS Publ. no. 199.

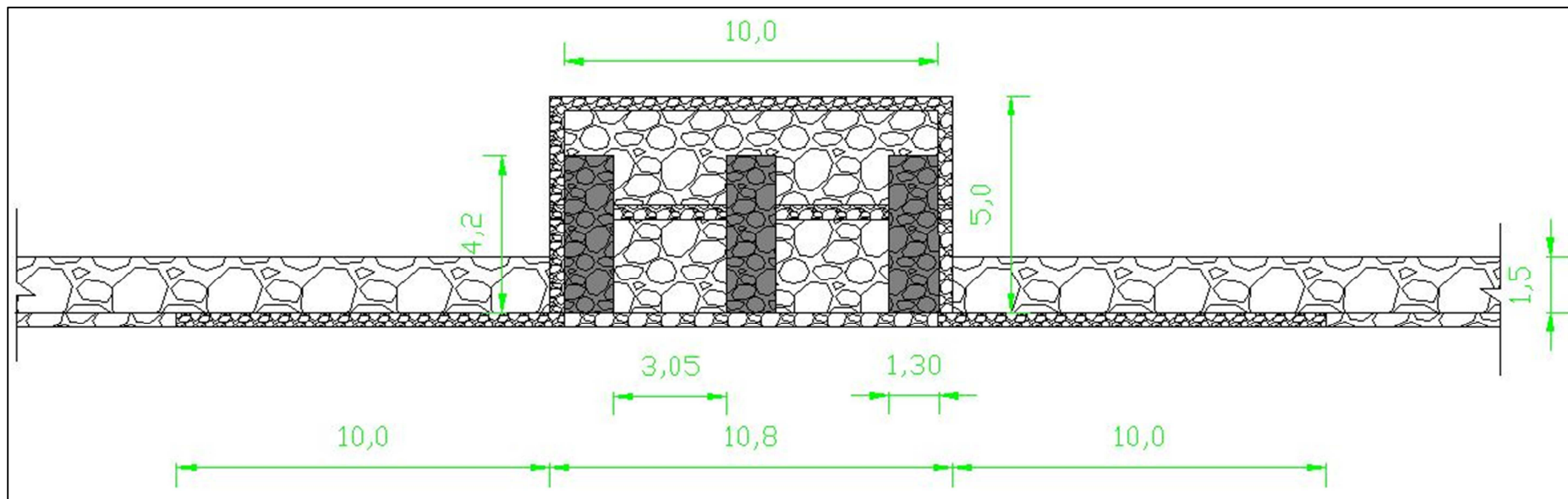
VIII- ANNEXES

Annexe 1: Différentes parties d'un seuil d'épandage	I
Annexe 2: Vue en plan des seuils 1, 2, 5 et 6.....	II
Annexe 3: Vue en plan des seuils 3 et 4.....	III
Annexe 4: Vue en plan de la partie centrale du déversoir	IV
Annexe 5: Courbe hypsométrique du bassin versant de Nabitenga	I
Annexe 6: Coefficient d'abattement A pour la pluie décennale au Sahel en fonction de la surface S (d'après G.Vuillaume 1974).....	II
Annexe 7: Coefficient de ruissellement décennal Kr70 pour S < 10 Km2 en Zone sahélienne	III
Annexe 8: Coefficient de ruissellement décennal Kr100 pour S < 10 Km2 en Zone sahélienne	IV
Annexe 9: Calcul du coefficient de ruissellement	IV
Annexe 10: Temps de base pour S < 10 km2 en zone sahélienne	V
Annexe 11: Calcul du temps de base.....	V
Annexe 12: Temps de monté pour S < 10 km2 en zone sahélienne	VI
Annexe 13: Calcul du temps de monté.....	VI
Annexe 14: Abaques de dimensionnement du bassin à ressaut.....	VII
Annexe 15: Récapitulatif des forces et moments soumis aux différents ouvrages.....	VIII
Annexe 16: Cadre du devis quantitatif et estimatif des travaux	X

Annexe 1: Différentes parties d'un seuil d'épandage



Annexe 2: Vue en plan des seuils 1, 2, 5 et 6



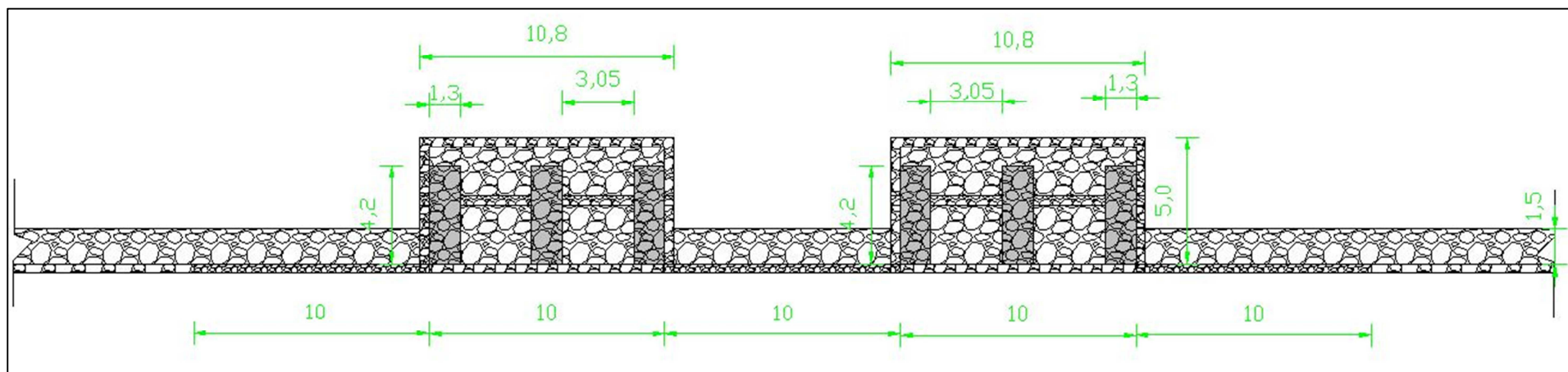
Seuil 1 : longueur des ailes : 105 m + 105 m

Seuil 2 : longueur des ailes : 135 m + 135 m

Seuil 5 : longueur des ailes : 145 m + 145 m

Seuil 6 : longueur des ailes : 75 m + 75 m

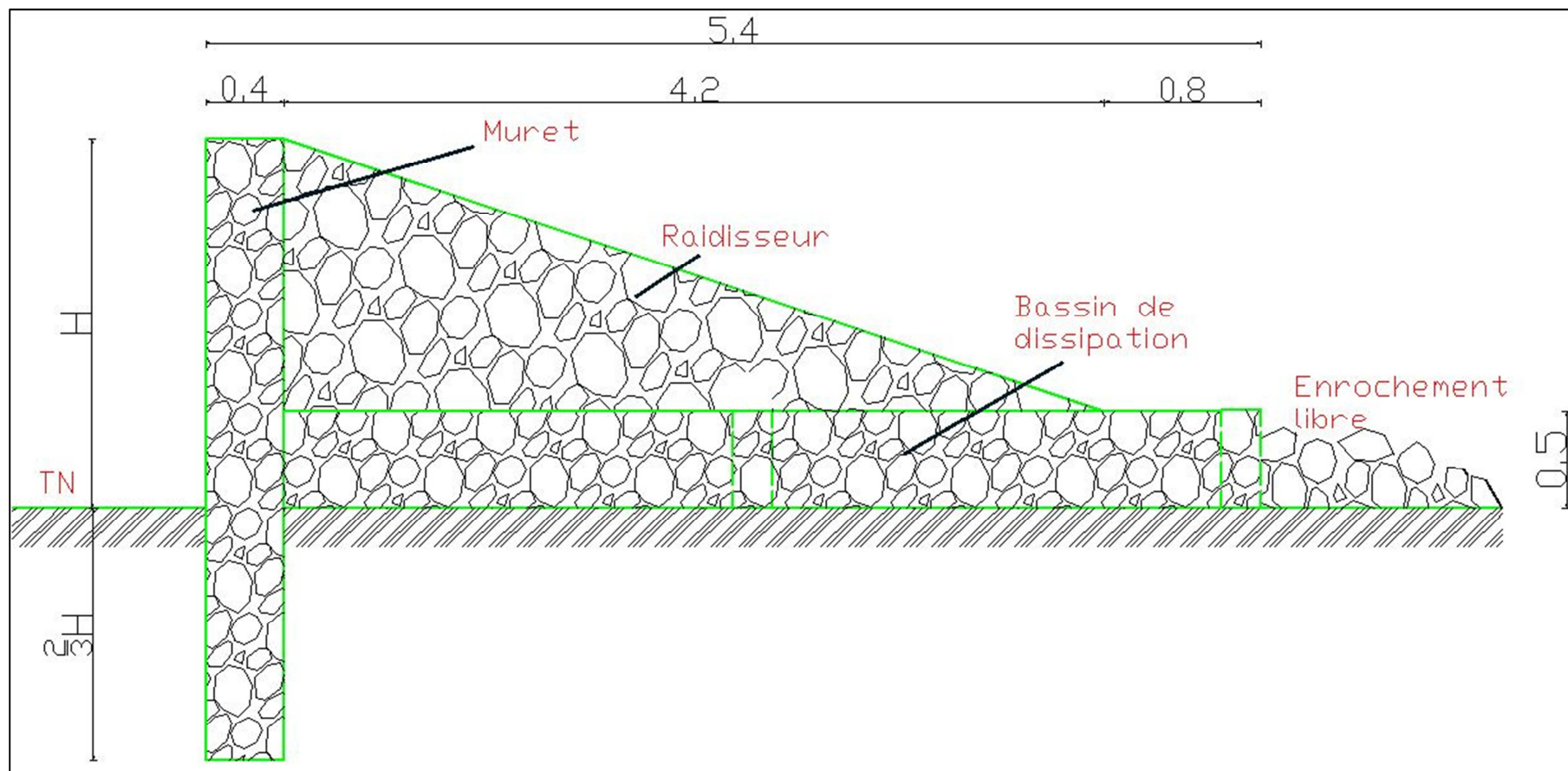
Annexe 3: Vue en plan des seuils 3 et 4



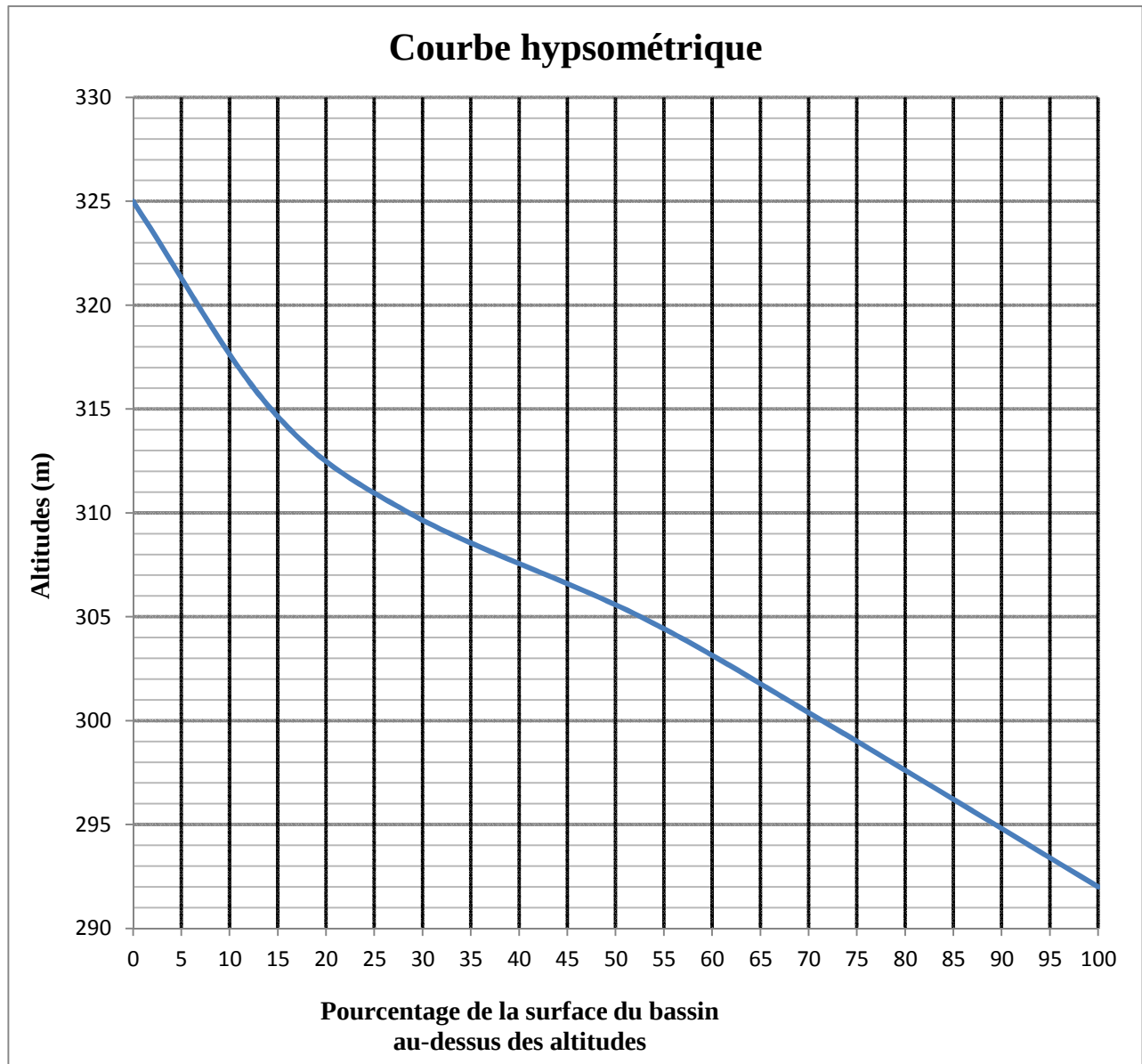
Seuil 3 : longueur des ailes : 160 m + 160 m

Seuil 4 : longueur des ailes : 190 m + 190 m

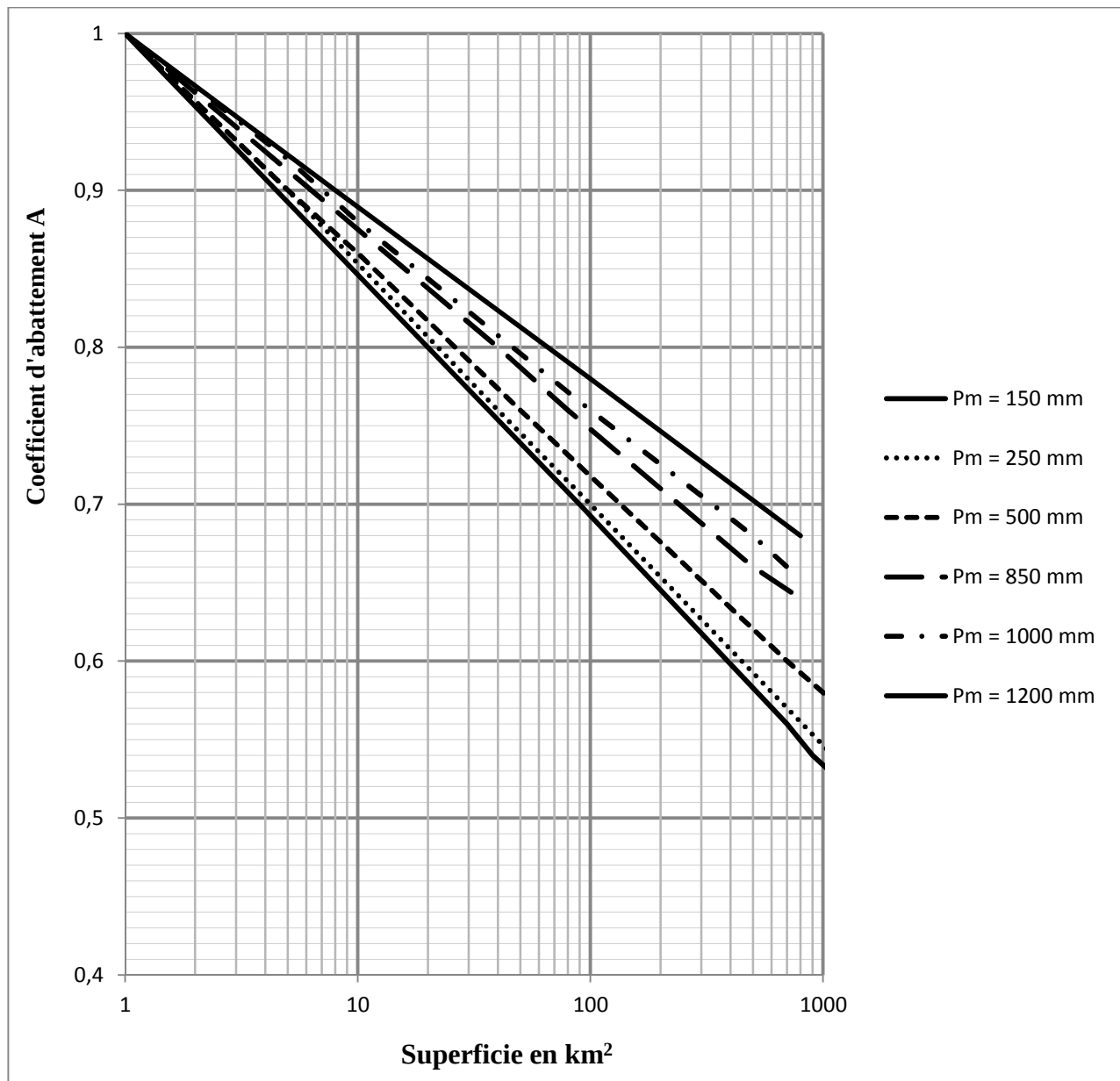
Annexe 4: Vue en plan de la partie centrale du déversoir



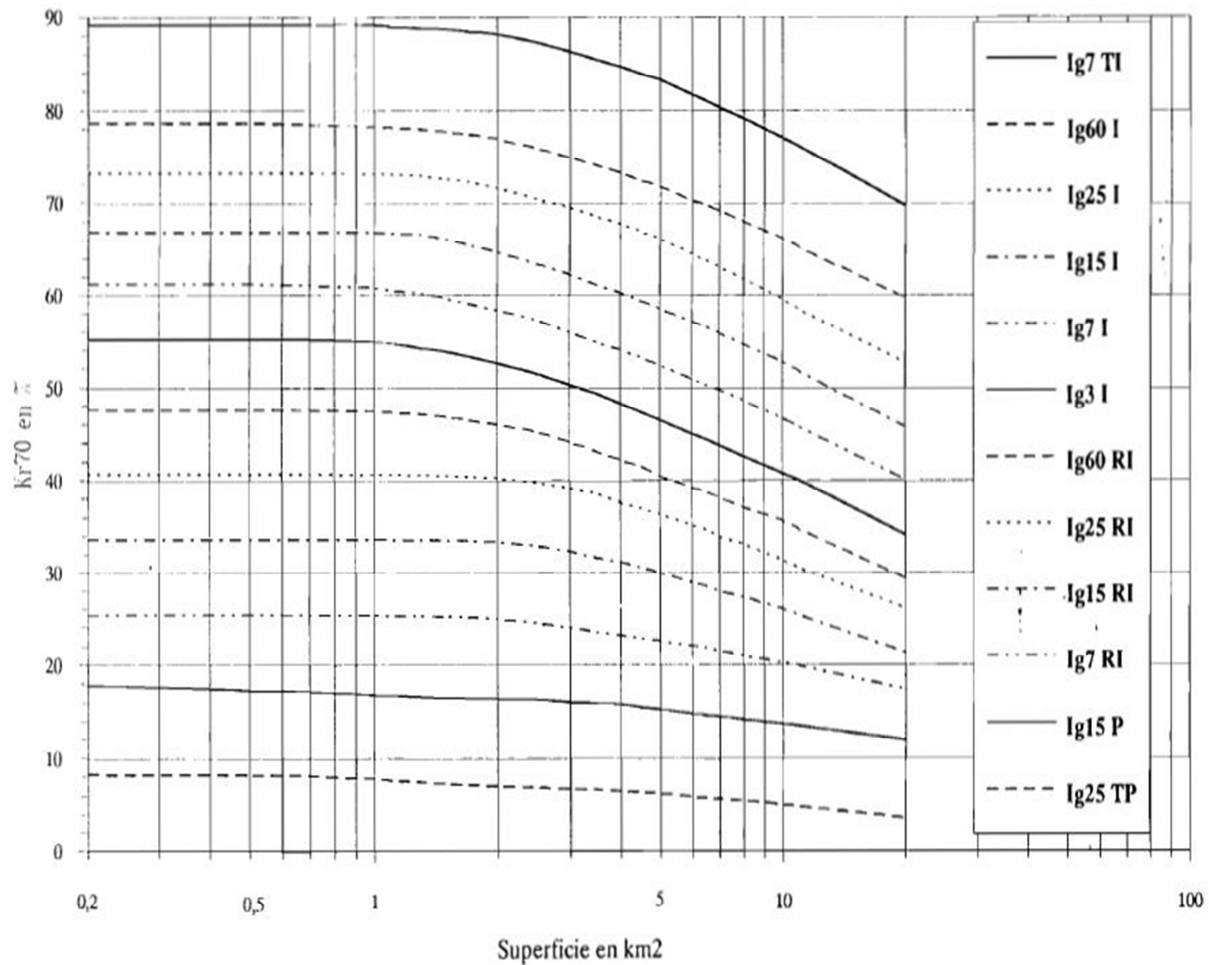
Annexe 5: Courbe hypsométrique du bassin versant de Nabitenga



Annexe 6: Coefficient d'abattement A pour la pluie décennale au Sahel en fonction de la surface S (d'après G.Vuillaume 1974)

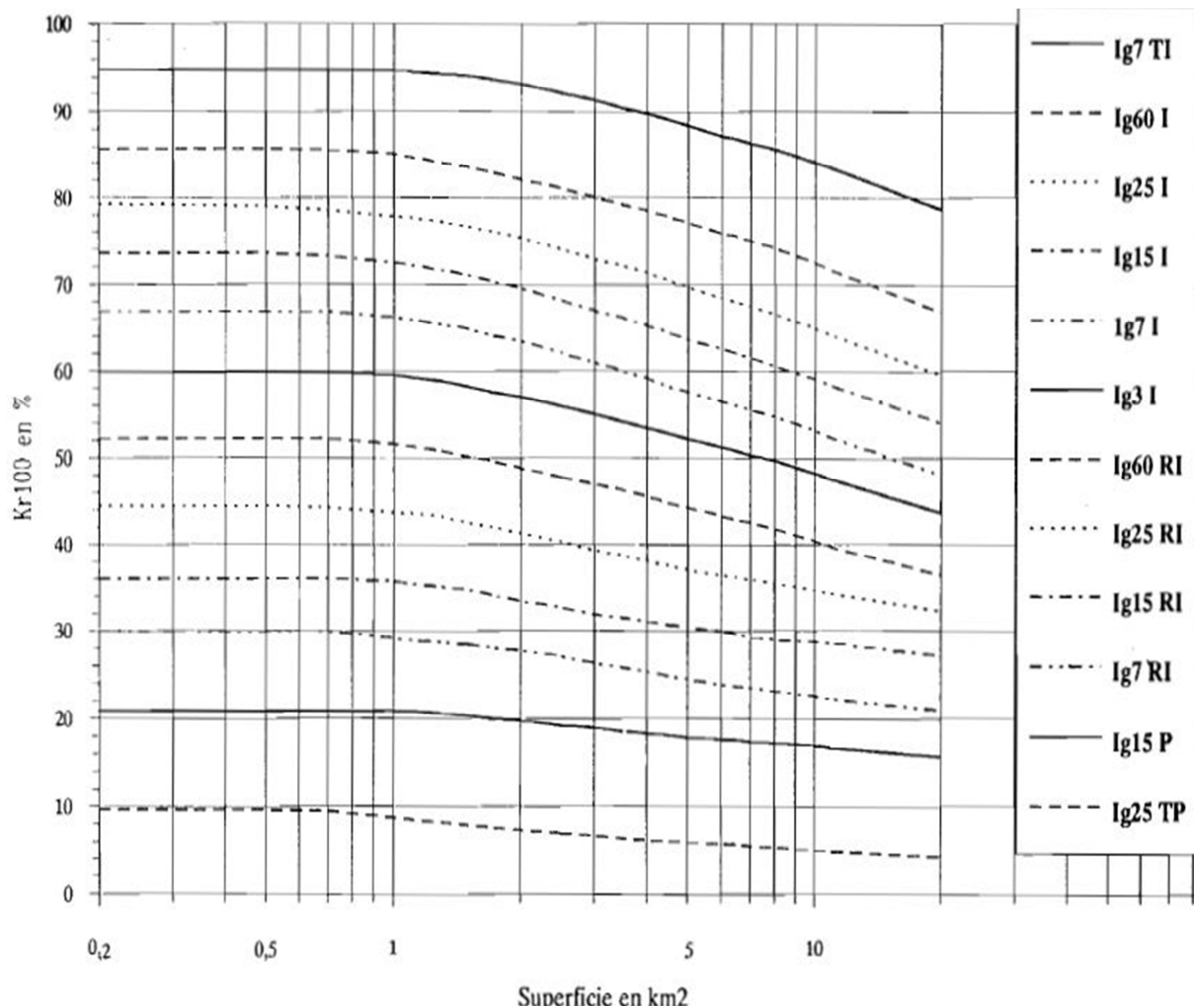


Annexe 7: Coefficient de ruissellement décennal Kr70 pour $S < 10 \text{ Km}^2$ en Zone sahélienne



Source : FAO, 1996

Annexe 8: Coefficient de ruissellement décennal Kr_{100} pour $S < 10 \text{ Km}^2$ en Zone sahélienne

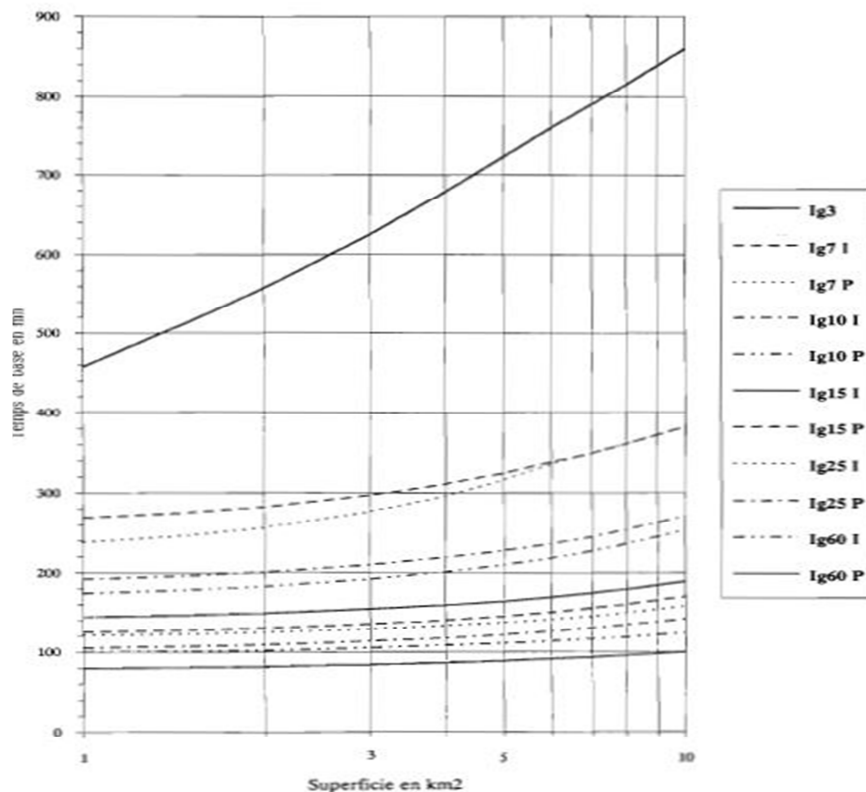


Source : FAO, 1996

Annexe 9: Calcul du coefficient de ruissellement

P ₁₀ = 70 mm, S = 8,3 Km ²						Kr ₁₀	46,625
Ig3 Imp	42	Kr _{10.1}	42	Kr _{10.3}	41,625		
Ig3 R Imp	non indiqué						
Ig7 Imp	48	Kr _{10.2}	41,25				
Ig7 R Imp	21						
P ₁₀ = 100 mm, S = 8,3 Km ₂							
Ig3 Imp	48	Kr _{10.1}	48	Kr _{10.3}	47,625		
Ig3 R Imp	non indiqué						
Ig7 Imp	57	Kr _{10.2}	47,25				
Ig7 R Imp	18						

Annexe 10: Temps de base pour $S < 10 \text{ km}^2$ en zone sahélienne

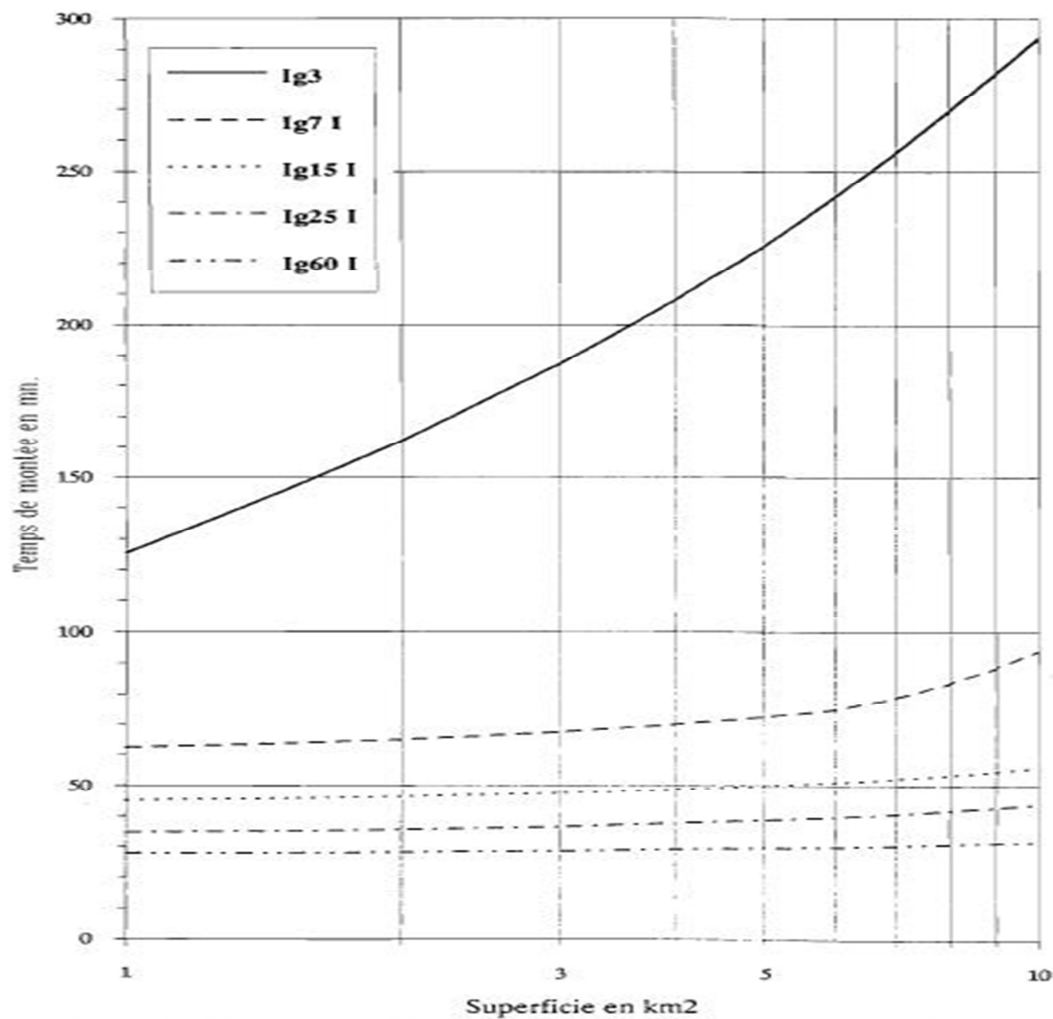


Source : FAO, 1996

Annexe 11: Calcul du temps de base

Temps de base (T_{b10} en min)			
Ig3	820	Ig5,8	498
Ig7	360		

Annexe 12: Temps de monté pour $S < 10 \text{ km}^2$ en zone sahélienne



Source : FAO, 1996

Annexe 13: Calcul du temps de monté

Temps de monté ($T_{m_{10}}$ en min)			
Ig3	270	Ig5,8	137
Ig7	80		

Annexe 14: Abaques de dimensionnement du bassin à ressaut

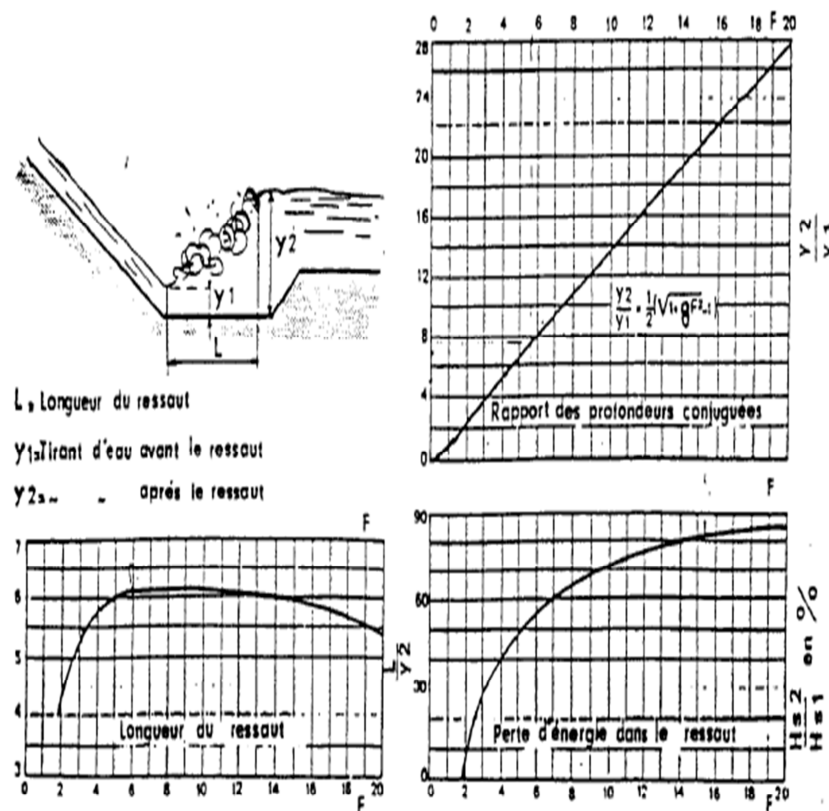
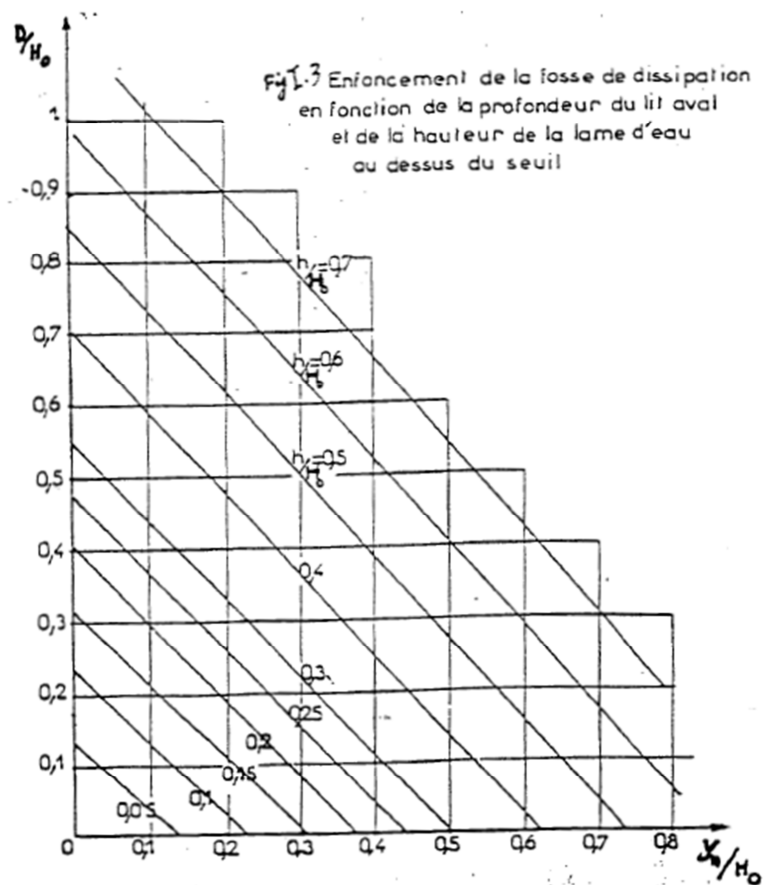


Figure 1.4 Détermination des caractéristiques du ressaut en fonction du nombre de FROUDE

Annexe 15: Récapitulatif des forces et moments soumis aux différents ouvrages

Déversoirs centraux des Seuils 1 et 2					
Désignation	Forces		Bras de levier	Moments	
	Verticales	Horizontales		Stabilisant	Renversant
P1	-----	18,82	0,63	-----	9,39
P2	-----	13,68	0,95	-----	13,00
P3	-----	0,28	0,17	-----	0,05
P'	-----	1,25	0,17	0,21	-----
W1	17,48	-----	0,00	0,00	-----
W2	27,53	-----	0,62	17,07	-----
W3	48,30	-----	2,30	111,09	-----
W4	21,00	-----	2,30	48,30	-----
U1	2,00	-----	0,00	-----	0,00
U2	3,56	-----	0,07	-----	0,24
Résultant	108,75	27,53	-----	176,66	26,67

Déversoirs centraux du Seuil 3					
Désignation	Forces		Bras de levier	Moments	
	Verticales	Horizontales		Stabilisant	Renversant
P1	-----	15,96	0,63	-----	10,11
P2	-----	11,40	0,95	-----	10,88
P3	-----	0,28	0,17	-----	0,05
P'	-----	1,25	0,17	0,21	-----
W1	17,48	-----	0,00	0,00	-----
W2	26,39	-----	0,60	15,90	-----
W3	48,30	-----	2,30	111,09	-----
W4	21,00	-----	2,30	48,30	-----
U1	2,00	-----	0,00	-----	0,00
U2	3,56	-----	0,07	-----	0,24
Résultant	107,62	26,39	-----	175,50	21,22

Déversoirs des Seuil 4					
Désignation	Forces		Bras de levier	Moments	
	Verticales	Horizontales		Stabilisant	Renversant
P1	-----	30,00	0,83	-----	25,00
P2	-----	15,00	1,25	-----	18,75
P3	-----	0,28	0,17	-----	0,05
P'	-----	1,25	0,17	0,21	-----
W1	23,00	-----	0,00	0,00	-----
W2	44,03	-----	0,71	31,28	-----
W3	48,30	-----	2,30	111,09	-----
W4	21,00	-----	2,30	48,30	-----
U1	2,00	-----	0,00	-----	0,00
U2	5,00	-----	0,07	-----	0,33
Résultant	129,33	44,03	-----	190,88	44,13

Déversoirs des Seuil 5 et 6					
Désignation	Forces		Bras de levier	Moments	
	Verticales	Horizontales		Stabilisant	Renversant
P1	-----	8,10	0,50	-----	4,05
P2	-----	10,80	0,75	-----	8,10
P3	-----	1,25	0,17	-----	0,05
P'	-----	0,28	0,17	0,21	-----
W1	13,80	-----	0,00	0,00	-----
W2	17,93	-----	0,55	9,80	-----
W3	48,30	-----	2,30	111,09	-----
W4	21,00	-----	2,30	48,30	-----
U1	2,00	-----	0,00	-----	0,00
U2	2,60	-----	0,07	-----	0,17
Résultant	96,43	17,93	-----	169,39	12,37

Annexe 16: Cadre du devis quantitatif et estimatif des travaux

AMENAGEMENT DU BASSIN DE LA RETENUE D'EAU DE NABITENGA					
N°	Désignation des taches	Unité	Quantité	P.U	Montant total
0	GENERALITES				
0.1	Installation du chantier	ff	1	750 000	750 000
0.2	Amenée et répli du matériel	ff	1	250 000	250 000
0.3	Implantation et suivi topographique	ff	1	750 000	750 000
	Sous total 0				1 750 000
I. SEUIL D'EPANDAGE SIMPLE (SEUIL N°1)					
1.1	PREPARATION DU TERRAIN				
1.1.1	Débroussaillage et décapage de l'emprise	m2	2197,8	200	439 560
1.1.2	Fouilles en masse bassin	m3	477,36	3 000	1 432 088
1.1.2.1	Fouilles en fossé muret ancrage	m3	124,85	3 000	374 558
1.1.2.2	Fouilles en fossé muret bassin	m3	106,87	3 000	320 598
	Sous total 1.1				2 566 804
1.2	CONSTRUCTION EN MACONNERIE				
1.2.1	Maçonnerie pour écran étanche	m3	124,85	30 000	3 745 582
1.2.2	Maçonnerie hors TN pour déversoir	m3	95,05	30 000	2 851 516
1.2.3	Maçonnerie pour muret bassin	m3	144,05	25 000	3 601 319
1.2.4	Maçonnerie bajoyé, contreforts et raidisseurs	m3	17,01	30 000	510 330
1.2.5	Maçonnerie pour bassin de dissipation	m3	256,56	30 000	7 696 879
	Sous total 1.2				18 405 626
	TOTAL I (SEUIL N°1)				20 972 431

II. SEUIL (SEUIL N°2)					
2.1	PREPARATION DU TERRAIN				
2.1.1	Débroussaillage et décapage de l'emprise	m2	2637,36	200	527 473
2.1.2	Fouilles en masse bassin	m3	596,70	3 000	1 790 110
2.1.2.1	Fouilles en fossé muret ancrage	m3	156,07	3 000	468 198
2.1.2.2	Fouilles en fossé muret bassin	m3	133,58	3 000	400 747
	Sous total 2.1				3 186 527
2.2	CONSTRUCTION EN MACONNERIE				
2.2.1	Maçonnerie pour écran étanche	m3	156,07	30 000	4 681 978
2.2.2	Maçonnerie hors TN pour déversoir	m3	118,81	30 000	3 564 396
2.2.3	Maçonnerie pour muret bassin	m3	180,07	25 000	4 501 648
2.2.4	Maçonnerie bajoyé, contreforts et raidisseurs	m3	21,26	30 000	637 912
2.2.5	Maçonnerie pour bassin de dissipation	m3	320,70	30 000	9 621 099
	Sous total 2.2				23 007 033
	TOTAL II (SEUIL N°2)				26 193 560
III. SEUIL (SEUIL N°3)					
3.1	PREPARATION DU TERRAIN				
3.1.1	Débroussaillage et décapage de l'emprise	m2	3164,84	200	632 967
3.1.2	Fouilles en masse bassin	m3	716,04	3 000	2 148 132
3.1.2.1	Fouilles en fossé muret ancrage	m3	187,28	3 000	561 837
3.1.2.2	Fouilles en fossé muret bassin	m3	160,30	3 000	480 897
	Sous total 3.1				3 823 833
3.2	CONSTRUCTION EN MACONNERIE				
3.2.1	Maçonnerie pour écran étanche	m3	187,28	30 000	5 618 374
3.2.2	Maçonnerie hors TN pour déversoir	m3	142,58	30 000	4 277 275
3.2.3	Maçonnerie pour muret bassin	m3	216,08	25 000	5 401 978
3.2.4	Maçonnerie bajoyé, contreforts et raidisseurs	m3	25,52	30 000	765 495
3.2.5	Maçonnerie pour bassin de dissipation	m3	384,84	30 000	11 545 319
	Sous total 3.2				27 608 440
	TOTAL III (SEUIL N°3)				31 432 273

IV. SEUIL (SEUIL N°4)					
4.1	PREPARATION DU TERRAIN				
4.1.1	Débroussaillage et décapage de l'emprise	m2	3692,31	200	738 462
4.1.2	Fouilles en masse bassin	m3	835,38	3 000	2 506 154
4.1.2.1	Fouilles en fossé muret ancrage	m3	218,49	3 000	655 477
4.1.2.2	Fouilles en fossé muret bassin	m3	187,02	3 000	561 046
	Sous total 4.1				4 461 138
4.2	CONSTRUCTION EN MACONNERIE				
4.2.1	Maçonnerie pour écran étanche	m3	218,49	30 000	6 554 769
4.2.2	Maçonnerie hors TN pour déversoir	m3	166,34	30 000	4 990 154
4.2.3	Maçonnerie pour muret bassin	m3	252,09	25 000	6 302 308
4.2.4	Maçonnerie bajoyé, contreforts et raidisseurs	m3	29,77	30 000	893 077
4.2.5	Maçonnerie pour bassin de dissipation	m3	448,98	30 000	13 469 538
	Sous total 4.2				32 209 846
	TOTAL IV (SEUIL N°4)				36 670 985

V. SEUIL (SEUIL N°5)					
5.1	PREPARATION DU TERRAIN				
5.1.1	Débroussaillage et décapage de l'emprise	m2	2813,19	200	562 637
5.1.2	Fouilles en masse bassin	m3	636,48	3 000	1 909 451
5.1.2.1	Fouilles en fossé muret ancrage	m3	166,47	3 000	499 411
5.1.2.2	Fouilles en fossé muret bassin	m3	142,49	3 000	427 464
	Sous total 5.1				3 398 963
5.2	CONSTRUCTION EN MACONNERIE				
5.2.1	Maçonnerie pour écran étanche	m3	166,47	30 000	4 994 110
5.2.2	Maçonnerie hors TN pour déversoir	m3	126,73	30 000	3 802 022
5.2.3	Maçonnerie pour muret bassin	m3	192,07	25 000	4 801 758
5.2.4	Maçonnerie bajoyé, contreforts et raidisseurs	m3	22,68	30 000	680 440
5.2.5	Maçonnerie pour bassin de dissipation	m3	342,08	30 000	10 262 505
	Sous total 5.2				24 540 835
	TOTAL V (SEUIL N°5)				27 939 798

VI. SEUIL (SEUIL N°6)					
6.1	PREPARATION DU TERRAIN				
6.1.1	Débroussaillage et décapage de l'emprise	m2	1582,42	200	316 484
6.1.2	Fouilles en masse bassin	m3	358,02	3 000	1 074 066
6.1.2.1	Fouilles en fossé muret ancrage	m3	93,64	3 000	280 919
6.1.2.2	Fouilles en fossé muret bassin	m3	80,15	3 000	240 448
	Sous total 6.1				1 911 916
6.2	CONSTRUCTION EN MACONNERIE				
6.2.1	Maçonnerie pour écran étanche	m3	93,64	30 000	2 809 187
6.2.2	Maçonnerie hors TN pour déversoir	m3	71,29	30 000	2 138 637
6.2.3	Maçonnerie pour muret bassin	m3	108,04	25 000	2 700 989
6.2.4	Maçonnerie bajoyé, contreforts et raidisseurs	m3	12,76	30 000	382 747
6.2.5	Maçonnerie pour bassin de dissipation	m3	192,42	30 000	5 772 659
	Sous total 6.2				13 804 220
	TOTAL I (SEUIL N°6)				15 716 136

	TOTAL TRAVAUX HT-HD		158 925 182
	ETUDE D'AMENAGEMENT (3% du coût des travaux)		4 767 755
	TOTAL AMENAGEMENT		163 692 938

Table des matières

REMERCIEMENTS	i
Résumé	ii
Abstract	iii
LISTE DES ABREVIATIONS	iv
Sommaire.....	vi
LISTE DES TABLEAUX	viii
LISTE DES FIGURES	viii
I- INTRODUCTION GENERALE.....	1
1-1- Introduction	1
1-2- Problématique.....	2
1-3- Objectifs	3
II- SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE	4
III- MATERIEL ET METHODES	7
3-1- Zone d'étude	7
3-2- Matériel.....	11
3-3- Méthodes.....	11
3-3-1- Collecte de données	11
3-3-2- Traitement de données collectées	12
3-3-3- Prédétermination des crues de fréquence décennale dans les régions sahéliennes : Méthode ORSTOM ou Méthode Rodier	15
3-3-4- Méthode de proposition de types d'aménagement.	18
3-3-5- Méthode de détermination des sites d'implantation des ouvrages.	18
3-3-6- Méthode de dimensionnement des seuils d'épandage	19
a) Dimensionnement des déversoirs	19
b) Dimensionnement du bassin de dissipation.....	19
3-3-6- Méthode de dimensionnement des digues filtrantes d'épandage.....	19
3-3-7- Etude de la stabilité des seuils d'épandage.....	20
a) Protection anti-renard	20
b) Stabilité au glissement	21
c) Stabilité au renversement.....	21
IV- RESULTATS ET ANALYSE	22
4-1- Diagnostic du bas-fond de Nabitenga	22

4-1-1- Caractéristiques physiques	22
a) Sols	22
b) Végétation.....	23
c) Fonctionnement hydrologique du bas-fond.....	24
d) Dynamique hydraulique du bas-fond.....	24
e) Ouvrage existant sur le bassin versant.....	28
4-1-2- Situation socio-économique	29
a) Agriculture.....	29
b) Foncier.....	30
c) Organisation sociétale.....	30
d) Attentes des producteurs.....	31
4-2- Paramètres morphométriques et hydrologiques du bassin versant	31
4-2- 1- Paramètres morphométriques du bassin versant.....	31
4-2-2- Paramètres hydrologiques et prédétermination de crue décennale	32
4-3- Types d'aménagement adaptés au bas-fond de Nabitenga	32
4-3-1- Proposition.....	32
4-3-2- Schéma d'aménagement pour chaque type.....	32
4-3-3- Choix d'un type d'aménagement.....	36
4-4- Etude détaillée des seuils d'épandage.....	37
4-4-1- Dimensionnement des seuils d'épandage	37
4-4-2- Dimensionnement des bassins de dissipation.....	37
4-4-3- Etude de la stabilité des ouvrages proposés.....	38
a) Protection anti-renard	38
c) Stabilité au renversement.....	39
4-4-4- Coût estimatif de l'aménagement complet du bas-fond	39
V- DISCUSSION	40
VI- CONCLUSION ET PERSPECTIVES	42
6-1- Conclusion	42
6-2- Perspectives	42
VII- REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	43
VIII- ANNEXES	I