



**CONCEPTION ET AMENAGEMENT DE BAS-FONDS EN ZONE
SOUDANO-SAHELIENNE SELON LA TECHNOLOGIE SMART-
VALLEYS : CAS DE BARJONGO ET TANSEGA AU BURKINA FASO**

MEMOIRE POUR L'OBTENTION DU DIPLOME D'INGENIEUR 2IE AVEC GRADE DE
MASTER
SPECIALITE : INFRASTRUCTURES ET RESEAUX HYDRAULIQUES/RESEAUX
HYDRAULIQUES

Présenté et soutenu publiquement le 14/01/2019 par
Elvire Vanessa NGNEPI TOUKEP (20160159)

Directeur de mémoire : M. Bassirou BOUBE enseignant, 2iE

Maître de stage : Dr. Nati Aïssata Delphine BAMA, INERA

Structure d'accueil : INERA

Jury d'évaluation du stage :

Président : Prof. Adamah MESSAN

Membres et correcteurs : Dr. Fowé TAZEN

Dr. Chaim Vivien DOTO

M.Bassirou BOUBE

Promotion [2017/2018]

DEDICACES

Je dédie ce travail,

A mon très cher père NGNEPI NANTCHOUANG Francis, qui fut ma motivation première, celui qui m'encourageait et m'a donné d'avoir toute la détermination possible pour ce travail.

CITATION

*“Education is the most powerful weapon which you
Can use to change the world”
Nelson Mandela (2009)*

REMERCIEMENTS

Je voudrais rendre grâce à Dieu le Père Tout Puissant pour toutes ses grâces dans ma vie et les miracles qu'Il ne cesse d'opérer pour moi. Gloire Lui soit rendu pour des siècles et des siècles. Ce travail est le résultat de la contribution de plusieurs organismes et personnes à qui j'adresse mes sincères remerciements.

Tout d'abord mes remerciements vont à l'endroit de la Banque Mondiale qui m'a permis de réaliser mes études de Master et à 2iE pour la formation reçue à travers des enseignants compétents et intègres.

A mes encadreurs, Dr Dial NIANG et M. BOUBE Bassirou. Ces derniers n'ont ménagé aucun effort pour la réalisation de ce travail. Veuillez accepter mes remerciements pour tous vos conseils, vos critiques, vos orientations et votre soutien. Je vous exprime ma gratitude.

Je remercie le Directeur du CREAM, Dr. Korodjouma OUATTARA et tout son personnel pour l'occasion qu'ils m'ont donné de m'exprimer au sein de leur entreprise et tout particulièrement Nati Aissata Delphine BAMA pour son encadrement dévoué à chaque étape de ce stage.

Mes remerciements vont également à ceux qui nous ont assistés et conseillés au cours de ce travail :

- ✓ M. Roland YONABA
- ✓ M. Cheick ZOURE
- ✓ M Mathieu KABORE

Mes camarades et amis, Dorcas ILBOUDO, Rodrigue MOUMOULA, Kader ISSOUFOU, Hayath ZIME YERIMA, Marcelle Audrey KOUAM TEGUIA, Isabelle DOUMGOUMAI, Raïssa TAKO, Emmanuela NGONGANG, Alex TONLE, Maeva DJAMBOU, Jovic KUIPOU, Mérite NGWARI pour le partage fraternel.

Aux techniciens avec qui j'ai eu à travailler Jean COMPAORE et Jean-Hubert DIPAMA pour leur collaboration et entière disponibilité.

Aux chefs ZAT, Zacharia et Kinda pour leur disponibilité et informations obtenues grâce à eux.

Un merci spécial à ma chorale Golden Voices, pour leur prière.

Une pensée spéciale à Jonathan Arnaud ROBERTSON KWEKU pour son encouragement.

Mes sincères remerciements aux parents, amis et tous ceux qui de près ou de loin m'ont assisté au cours de ces années d'apprentissage.

Que ce modeste travail puisse rendre hommage à mon amour de père Francis NGNEPI NANTCHOUANG, qui nous a quittés.

RESUME

La Smart-Valleys est une approche d'aménagement mise au point par Africa-Rice pour les bas-fonds d'Afrique subsaharienne basée sur une démarche participative, durable et à faible coût dans le but d'accroître la résilience des petits producteurs rizicoles vis-à-vis des effets de la variabilité pluviométrique. Cette approche doit être évaluée et adaptée à chaque contexte. L'objet de cette étude était donc de tester et d'évaluer l'adaptabilité des aménagements types smart -valleys en *zone soudano-sahélienne* et leur incidence sur la productivité rizicole. Les bas-fonds retenus d'une surface totale de 64.5 hectares sont Tansèga et Barjongo, se situant respectivement dans les régions du Plateau Central et le Centre-Est du Burkina Faso. La compréhension de l'hydrologie de ces bas-fonds nous a permis de voir si ces aménagements type Smart-Valleys y sont adaptés. Un dispositif expérimental a été mis en place ; celui-ci à consister à aménager juste cinq hectares sur chacun des bas-fonds dont un hectare recevra les quatre (04) variétés de riz ORYLUX6, FKR64N, FKR62N et FKR61N sélectionnées par l'INERA. Ces mêmes variétés de riz ont été répétées sur un autre hectare non aménagé. Les 4 autres hectares de l'aménagement ont reçu la semence locale. Au regard des dimensions de diguettes obtenues dans les pays côtiers (Togo et Bénin) qui sont de 50-60 cm pour la hauteur et l'épaisseur des diguettes de ceinture et de 25-30 cm pour les diguettes secondaires, les dimensions adaptées sont plus importantes dans notre cas compte tenu du climat qui est plus rude. Ainsi donc, pour nos aménagements, les dimensions des diguettes de ceinture ont été de **100 * 50 * 80 cm** et de **80 * 40 * 50 cm** pour les diguettes secondaires représentant respectivement la largeur de base, la largeur en crête et la hauteur. Les résultats de la récolte sur les deux sites sont les suivantes : Pour les parcelles Smart-Valleys et non aménagées, à Tansèga ORYLUX6 (**4,5t/ha-2,5t/ha**), FKR62N (**4t/ha-1,5t/ha**) et FKR61N (**3,5t/ha-2t/ha**) et à Barjongo ORYLUX6 (**2t/ha-2t/ha**) et FKR61N (**2,5t/ha-2,5t/ha**). Le test de l'aménagement Smart-Valleys en zone soudano-sahélienne continuera jusqu'à 2020 afin d'avoir des conclusions plus tangibles. Néanmoins, pour cette première saison, le coût est de **240 000 FCFA** à l'hectare, ce qui est très bas comparé aux aménagements qui se font actuellement au Burkina Faso dont le coût est en moyenne de **3 000 000 FCFA** à l'hectare.

Mots Clés :

1 - Aménagement ; 2 - Bas-fond ; 3 –Gestion de l'eau ; 4 – Riziculture ; 5 - Smart-valleys

ABSTRACT

The Smart-Valleys is a management approach developed by Africa-Rice for the lowlands of sub-Saharan Africa based on a participatory, sustainable and low-cost approach in order to increase the resilience of small-scale rice producers. to the effects of rainfall variability. This approach needs to be assessed and adapted to each context. The purpose of this study was therefore to test and evaluate the adaptability of typical smart-valleys developments in the Sudano-Sahelian zone and their impact on rice productivity. The lowlands retained a total area of 64.5 hectares are Tansega and Barjongo, located respectively in the Central Plateau and Central-East regions of Burkina Faso. The understanding of the hydrology of these shallows has allowed us to see if these Smart-Valleys type installations are adapted to them. An experimental device has been set up; it consists of developing just five hectares on each of the lowlands of which one hectare will receive the four (04) rice varieties ORYLUX6, FKR64N, FKR62N and FKR61N selected by INERA. These same varieties of rice were repeated on another undeveloped hectare. The remaining 4 hectares of the development received local seed. Given the dimensions of bunds obtained in the coastal countries (Togo and Benin) which are 50-60 cm for the height and the thickness of the bunds of belt and 25-30 cm for the secondary bunds, the adapted dimensions are more important in our case because of the harsher climate. Thus, for our developments, the dimensions of the belt bunds were **100 * 50 * 80 cm** and **80 * 40 * 50 cm** for the secondary bunds representing respectively the base width, the crest width and the height. The results of the harvest at both sites are as follows: For Smart-Valleys and unmanaged plots, at Tansega ORYLUX6 (**4.5t / ha-2.5t / ha**), FKR62N (**4t / ha-1.5t / ha**) and FKR61N (**3.5t / ha-2t / ha**) and Barjongo ORYLUX6 (**2t / ha-2t / ha**) and FKR61N (**2.5t / ha-2.5t / ha**). The Smart-Valleys development test in the Sudano-Sahelian zone will continue until 2020 in order to have more tangible conclusions. Nevertheless, for this first season, the cost is **240,000 FCFA** per hectare, which is very low compared to the current development in Burkina Faso, which costs on average **3,000,000 FCFA** per hectare.

Key words :

1 – Development ; **2** –Lowland ; **3** –Water management ; **4** –Rice production ; **5** – Smart-valleys

LISTE DES SIGLES ET ABREVIATIONS

BV : Bassin Versant

COP : Conférence des Parties

CGIAR : Groupe Consultatif pour la Recherche Agricole Internationale

CIEH : Comité Interafricain d'Etudes Hydrauliques

CREAF : Centre de Recherches Environnemental, Agricole et de Formation de Kamboinsé

DD/CC : digue déversante avec collecteur central

DD/PM : digue déversante protégée par maçonnerie de perrés

DD/BC : digue déversante en béton cyclopéen

DD/DCN : digue déversante avec diguette suivant les courbes de niveau

DCN/N : diguette suivant les courbes de niveau non protégée

DCN/R : diguette suivant les courbes de niveau revêtues par enrochement

FAO : Food and Agriculture organization/ Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture

GPS : Global Position System

INERA : Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles

ORSTOM : Office de la recherche scientifique et technique outre-mer

PAFR : Plan d'Action pour la Filière Riz

PEBASO : petits barrages du sud-ouest

ZAT : Zone d'Appui Technique

2iE : Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'environnement

SOMMAIRE

I. INTRODUCTION	1
I.1. contexte et justification de l'étude.....	1
I.2. Problématique.....	2
I.3. Objectifs et résultats attendus :.....	2
II. REVUE DE LITTERATURE	3
II.1. La filière riz au Burkina Faso : Enjeux et place dans l'économie	3
II.2. les programmes riz au burkina faso.....	4
II.3. L'aménagement des bas-fonds au Burkina Faso	5
II.3.1. Définition et typologie	5
II.3.2. Exemple d'aménagements classique de bas-fonds :.....	6
II.4. L'approche smart-valleys.....	7
II.4.1. Historique et définition de l'approche Smart-Valleys.....	7
II.4.2. Les différentes phases de l'approche smart-valleys	8
III. MATERIEL ET METHODES.....	14
III.1. PRESENTATION DES ZONES D'ETUDES	14
III.1.1. Caractéristiques physiques.....	14
III.2. Caractérisation Hydrologique.....	17
III.2.1. Etudes pluviométriques	17
III.2.2. Caractérisation physique.....	18
III.2.3. Crues et Apports	19
III.3. Conception et Aménagement des bas-fonds.....	20
III.3.1. Aménagement Classique des bas-fonds.....	20
III.3.2. Démarche Smart-Valleys adoptée pour aménager les bas-fonds de Tanséga et Barjongo	22
III.3.3. Suivi des aménagements et des cultures selon l'approche Smart-Valleys	24
IV. RESULTATS ET DISCUSSION	27
IV.1. CARACTERISATION HYDROLOGIQUE DES BAS-FONDS	27
IV.1.1. Etudes pluviométriques et caractérisation physique	27

IV.1.2. Crue décennale	30
IV.1.3. Apports	30
IV.2. Aménagement classique	31
IV.2.1. Type adopté	31
IV.3. Aménagement selon l’approche Smart-Valleys	31
IV.3.1. Dimensionnement des diguettes	31
IV.3.2. Plan d’aménagement	32
IV.3.3. Estimation des coûts des travaux	33
IV.3.4. Forces et faiblesses des aménagements	34
IV.4. ANALYSE COMPAREE DES PERFORMANCES HYDRIQUES ET AGRONOMIQUES DES PARCELLES SMART-VALLEY ET DES PARCELLES NON AMENAGEES	37
IV.4.1. Suivi des réalisations smart-valleys vis-à-vis des pluies enregistrées sur les sites	37
IV.4.2. Analyse comparée des performances hydriques des parcelles Smart-valley et des parcelles non aménagées	38
IV.4.3. Différence entre les humidités de la parcelle Smart et de la parcelle Non aménagé	39
IV.4.4. Analyse comparée des performances agronomiques des parcelles Smart-valley et des parcelles non aménagées	41
IV.4.5. Différence entre les récoltes obtenues	42
V. CONCLUSION.....	44
VII. BIBLIOGRAPHIE	47
VIII. ANNEXES	49
ANNEXE I : CARACTERISTIQUES HYDROLOGIQUES DES BASSINS VERSANTS.....	49
ANNEXE 2 : DEGATS CAUSES PAR LA PLUIE ET EVOLUTION DES CULTURES	69
ANNEXE 3 : DIFFERENTES CARTES	71
ANNEXE4 : COUPES DES DIFFERENTES DIGUETTES DE NOS AMENAGEMENTS...	72
ANNEXE5 : MODE OPERATOIRE DE LA DETERMINATION DE L’INFILTABILITE ET DE L’HUMIDITE DU SOL	73

LISTE DES TABLEAUX

Tableau I: Critères d’appréciation de l’aptitude à l’aménagement	21
Tableau II : caractéristiques physiques du Bassin Versant de Tansèga	28
Tableau III: caractéristiques physiques du Bassin Versant de Barjongo	30
Tableau IV: crues décennales.....	30
Tableau V: Apports annuels Tanséga.....	30
Tableau VI : Apports annuels Barjongo.....	31
Tableau VII: Dimensions de la diguette T7	31
Tableau VIII: Dimensions des diguettes selon l’approche Smart-Valleys	32
Tableau IX: Devis estimatif Smart-Valleys Tansèga.....	33
Tableau X: Devis estimatif Smart-Valleys Barjongo.....	34
Tableau XI: Forces et faiblesses des aménagements	35

LISTE DES FIGURES

Figure 1: Représentation d'un bas-fond (source : Manuel du formateur SMART-Valleys-, 2017).....	5
Figure 2 : Variantes d'aménagement de diguette suivant les courbes de niveaux	7
Figure 3 : Exploration des bas-fonds selon l'approche Smart-Valleys	10
Figure 4 : Sélection des bas-fonds suivant l'approche Smart-Valleys.....	11
Figure 5 : Validation suivant l'approche Smart-valleys.....	11
Figure 6 : carte de localisation des sites d'études	17
Figure 7 : station météo de Barjongo	18
Figure 8 : Dispositif de Muntz	21
Figure 9 : Calendrier d'activités	24
Figure10 :Dispositif expérimental des cultures.....	25
Figure 11 : Photo de l'Humidimètre (hh2).....	26
Figure 12 : caractéristiques texturales des sols à Tansèga et Barjongo.....	27
Figure 13 : Carte du Bassin versant de Tansèga	28
Figure 14 : Carte des Bassins versants de Barjongo	29
Figure 15 : Variation de la pluie et la température au cours de l'année 2018.....	37
Figure 16 : Courbes d'humidité à différentes profondeurs	38
Figure 17 : Profil hydrique	39
Figure 18 : Analyse des box plots des aménagements à z=10cm	39
Figure 19 : Analyse des box plots des aménagements à z=20cm	40
Figure 20 : Analyse des box plots des aménagements à z=30cm	40
Figure 21 : Analyse des box plots des aménagements à z=40cm	41
Figure 22 : Rendement de Riz.....	42
Figure 23 : Pourcentage de chaque Variété de riz avec l'aménagement Smart-Valleys (Tansèga)	42
Figure 24 : Pourcentage de chaque Variété de riz avec l'aménagement Smart-Valleys (Barjongo)	43

LISTE DES PLANCHES

Planche 1 : : Réunion villageoise	23
Planche 2 : Réalisation du plan d'aménagement et validation.....	23
Planche 3 : Piquetage à Tansèga	23
Planche 4 :Réalisation des ouvrages hydrauliques à Tansèga et Barjongo.....	24
Planche 5 :Plan d'aménagement Tansèga Smart-Valleys.....	32
Planche 6 :Plan d'aménagement de Barjongo Smart-Valleys	33

I. INTRODUCTION

I.1.CONTEXTE ET JUSTIFICATION DE L'ETUDE

Plusieurs études ont montré que le climat ouest africain a enregistré la plus forte variabilité de la pluviométrie au cours du siècle passé (Mahé et Paturel, 2009). Situé à la frontière entre le climat soudanien et le climat sahélien, le Burkina Faso rencontre d'énormes difficultés dues au changement climatique. Le domaine le plus touché est celui de l'agriculture avec des impacts très pesants pour les petits producteurs. Il n'est plus rare de voir les pluies cessées en pleine période de maturation des céréales. A cela s'ajoute les longues poches de sécheresse au cours du développement de la culture. Il s'en suit une baisse drastique des récoltes. Face à cette situation qui menace le secteur d'activités le plus pourvoyeur d'emploi, l'Etat Burkinabè décide d'agir pour ne pas subir cette situation imposée. C'est ainsi que l'Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles (INERA), en partenariat avec AfricaRice, Ricolto et l'Université de Bonn en Allemagne lançait en Juin 2017 le projet « *Climate-Smart Agriculture* » CSA-Burkina financé par la coopération Allemande pour le Développement (GIZ). L'agriculture intelligente face au climat (CSA), est une approche visant à accroître la résilience des petits producteurs face aux vicissitudes climatiques, afin de parvenir à un développement agricole durable favorisant la sécurité alimentaire (FAO, 2013) .

Le "Climate-Smart Rice technologies au Burkina Faso (CSA-Burkina Faso)" est mis sur pieds dans le cadre du développement de ces technologies climato-intelligentes en ce qui concerne l'aménagement des bas-fonds. L'approche Smart-Valleys a été sélectionnée comme un exemple d'adaptation des producteurs africains au changement et à la variabilité climatique lors de la Conférence des parties COP 22 sur le Changement climatique, tenue en 2016 à Marrakech au Maroc. L'approche a été largement publiée à travers les médias locaux et internationaux. Basée sur une démarche participative, durable et à faible coût sous la tutelle du programme AfricaRice, Smart-valleys a été développée par le Centre du riz pour l'Afrique et ses partenaires de recherche et de développement nationaux au Bénin et au Togo. Selon Dossou-Yovo (2017), c'est une méthode d'aménagement simple, participative, à faibles coûts et facile à reproduire. Ainsi donc, pour la toute première fois elle sera testée en zone soudano-sahélienne en particulier au Burkina-Faso dans l'espoir que les rendements seront aussi bons ou meilleurs que dans ces pays côtiers (Bénin et Togo).

Il s'agit d'une action en faveur des riziculteurs. C'est une première au pays des Hommes intègres, quatre sites ont été présélectionnés pour expérimenter ladite technologie en tenant

compte des grandes zones climatiques : Sindou dans les Cascades, Banfoulagoué (Hauts Bassins), Zoungou (Plateau Central) et Baskouré (Centre-Est).

Deux technologies ont été retenues : le « Alternate Wetting and Drying (AWD) en zone irriguée et l'aménagement type Smart-Valleys dans les bas-fonds pluviaux.

I.2. PROBLEMATIQUE

La variabilité climatique apparaît comme l'un des principaux facteurs qui entravent l'atteinte de l'autosuffisance alimentaire en Afrique. L'agriculture pratiquée au Burkina Faso, à l'instar des autres pays sahéliens est de type pluvial d'où son extrême vulnérabilité aux effets du changement climatique (Gerald C. Nelson et al., 2009). Le changement climatique a un impact direct sur la disponibilité d'eau pour les cultures irriguées. Dans ce contexte, les bas-fonds peuvent constituer le lieu d'une agriculture sécurisée (OUTTARA, 2009) si l'on maîtrise les différents flux hydriques qui y transitent. Plusieurs aménagements de bas-fonds sont réalisés au Burkina Faso mais le problème de relève et de financement demeure ; dès que les bailleurs de fonds se retirent, il est difficile voire impossible aux agriculteurs de continuer. S'il est possible de d'aider les producteurs avec une technologie qu'il maîtriserait facilement, moins coûteuse et tiendrait compte du climat. D'où l'importance d'y développer des technologies climato-intelligentes pour accroître la résilience des producteurs à travers le développement et la vulgarisation des aménagements et des modes de gestion efficiente de l'eau.

I.3. OBJECTIFS ET RESULTATS ATTENDUS :

Notre travail consistera à concevoir et à réaliser un aménagement participatif sur 10 hectares de Bas-fonds selon la technologie Smart-Valleys, au niveau du bas-fond de Tansèga (5 hectares) et celui de Barjongo (5hectares) se situant respectivement dans les régions du plateau central et du Centre-Est.

Objectif global :

L'objectif global c'est de **tester l'adaptabilité** des aménagements type Smart-valleys dans les conditions soudano-sahéliennes.

Objectifs spécifiques :

- Caractériser le fonctionnement hydrologique des bas-fonds de Tansèga et Barjongo;
- Concevoir un aménagement type Smart_valley dans les bas-fonds de Tansèga et Barjongo
- Conduire une analyse comparée des performances hydriques et agronomiques des parcelles Smart-valley et des parcelles non aménagées.

II. REVUE DE LITTERATURE

II.1. LA FILIERE RIZ AU BURKINA FASO : ENJEUX ET PLACE DANS L'ECONOMIE

Parmi les céréales cultivées au Burkina Faso, le riz occupe en termes de production, la 4^e place après le sorgho, le mil et le maïs (DAMA-BALIMA, 2016). Même s'il est vrai que la principale culture pratiquée en hivernage dans les bas-fonds est le riz, le maïs, le sorgho ou les tubercules y sont aussi cultivés (DEMBELE, 1988).

La filière riz a une place importante dans l'économie du Burkina Faso. En effet la demande est en croissance et l'insuffisance de la production nationale occasionne des sorties de devises contribuant au déséquilibre de la balance commerciale.

L'offre nationale de riz est passée en 10 ans, entre 1993 et 2003 de 53 809 tonnes à 95 494 tonnes soit une progression de 77,47%. Cette évolution est faite grâce à la production de riz dans les bas-fonds aménagés et périmètres irrigués. En effet, alors que la production de riz pluvial baisse de 27,42% en 10 ans, celle de la production de riz irrigué connaît une augmentation de 295,27% en 9 ans, passant de 14 267 tonnes en 1994 à 56 444 tonnes en 2003 (C. R. Yaméogo & Economiste, 2005). Selon le rapport final de l'étude sur les créneaux porteurs au Burkina Faso en 2005, le rendement moyen au niveau national se situe à 3,564 tonnes à l'hectare. L'évolution en sens contraire entre riz pluvial et riz irrigué est à rechercher aussi bien dans les structures de production que de consommation. Alors que les exploitants des plaines irriguées bénéficient d'un encadrement et d'un approvisionnement en eau conséquent, ceux des bas-fonds et des plateaux sont fortement dépendants des conditions climatiques naturelles. D'ailleurs cette dernière production est destinée à l'auto consommation, ou ravitaille les marchés villageois de production, pendant que la production des plaines aménagées bénéficie d'une transformation industrielle approvisionnant les centres urbains. La part du riz dans la structure des dépenses annuelles moyennes des ménages est de 7,2%, soit 28 363 F CFA. Il atteint même une dépense moyenne de 45 700 F dans les régions de l'Ouest et du Centre selon l'enquête nationale sur les conditions de vie des ménages de 1998. La production nationale couvre 40% des besoins ; les importations de riz sont évaluées entre 24 et 26 milliards de FCFA par an (BROUTIN et al., 2011). En 2015, la demande en riz sur la base des accroissements démographiques de 2,3% par an (INSD, 2000) et de l'urbanisation 4,5% par an (INSD, 2000) était de l'ordre de 370 000 tonnes (INSD, 2000). Pour augmenter la production nationale de riz afin de réduire les importations, divers projets, plans et programmes ont été

initiés par l'Etat burkinabè et par les Organisations Non Gouvernementales telles que le projet riz pluvial, les climate smart agriculture et bien d'autres.

II.2. LES PROGRAMMES RIZ AU BURKINA FASO

Avec un potentiel aménageable de plus de 500 000 ha de bas-fonds (PAFR, 2006), le Burkina Faso pourrait faire croître la production du riz pluvial. Pour ce qui est des superficies de bas-fonds effectivement aménagées, elles sont estimées à 10 208 ha (AGREER-STASTISTICA, 2006), ce qui montre que d'importantes possibilités d'aménagement existent encore. L'aménagement de bas-fonds au Burkina Faso a commencé à la fin des années 70 (CIEH, 1977), suite aux sécheresses observées pendant la période de 1970-1990. Plusieurs programmes, projets ont été mis sur pieds au Burkina Faso pour l'aménagement des bas-fonds à vocation rizicole ; les programmes les plus significatifs qu'on peut mentionner entre autre sont :

- Le programme « opération terroirs », exécuté dans la région du centre entre 1969 et 1975 dont l'objectif était l'intensification de l'agriculture dans le Plateau Central avec 770 ha aménagés en 7 ans ;
- Le programme du fonds du développement rural (FDR- devenu FEER), financé par la banque mondiale entre 1972 et 1987, soit 15 ans pour une réalisation de 4214 ha aménagés dans la région du centre, sud-ouest, boucle du Mouhoun et de l'Est ;
- Le projet opération Riz Comoé (ORC), exécuté dans la région des cascades de 1979 à 1998 sur financement FED. La superficie aménagée fut de 1485 ha sur 17 sites. Les travaux étaient réalisés en régie et la main d'œuvre locale était systématiquement rémunérée ;
- Le projet Petits Barrages du Sud-ouest (PEBASO), de 1991 à 2003 financé par la coopération allemande exécuté par la GTZ, a mis au point un nouveau concept de réhabilitation et d'aménagement durable des petits aménagements hydro-agricoles avec une forte implication des paysans.
- Le plan d'actions pour la filière riz (PAFR) financé par l'Union Européenne, mis en place depuis 2000 a mis au point la méthode d'aménagement par les diguettes en courbes de niveau qui sont revêtues ou non en géotextile et moellons ;
- Le projet Riz Pluvial (PRP), financé par la république de Taiwan a développé la technique d'aménagement par les systèmes du casiérage simple. Ce type associe un labour et un planage sommaire selon le type de bas-fond et la réalisation des diguettes non revêtues.

Le coût de tous ces aménagements est en moyenne à 3 000 000 de FCFA à l'hectare. Un problème de relèvement est souligné avec tous ces aménagements, lorsque les investisseurs partent,

les producteurs n'ont pas assez d'argent pour continuer le travail. Les recherches continuent en ce qui concerne l'aménagement des bas-fonds et un nouveau projet est lancé depuis juin 2017, CSA-Burkina Faso qui pourrait avoir une légère différence avec tout ce qui précède.

II.3. L'AMENAGEMENT DES BAS-FONDS AU BURKINA FASO

II.3.1. Définition et typologie

Les bas-fonds sont les têtes des réseaux hydrographiques. Le bas-fond se reconnaît par des critères topographiques, morphologiques, pédologiques et hydrologiques. Beaucoup de scientifiques ont tenté de définir un bas-fond. De toutes les définitions qui existent, on s'accorde souvent à dire que celle la plus complète et la-plus exacte se présente comme suit : "Nous appelons « bas-fond » les axes de convergence préférentielle des eaux de surface, des écoulements hypodermiques et des nappes phréatiques contenues dans l'épais manteau d'altération et alimentées par les pluies (UPHOFF, s. d.).

Il se caractérise par trois composantes hydrauliques principales à savoir : le lit majeur, le lit mineur, la nappe phréatique. La figure 1 représente la position d'un bas-fond sur un relief.

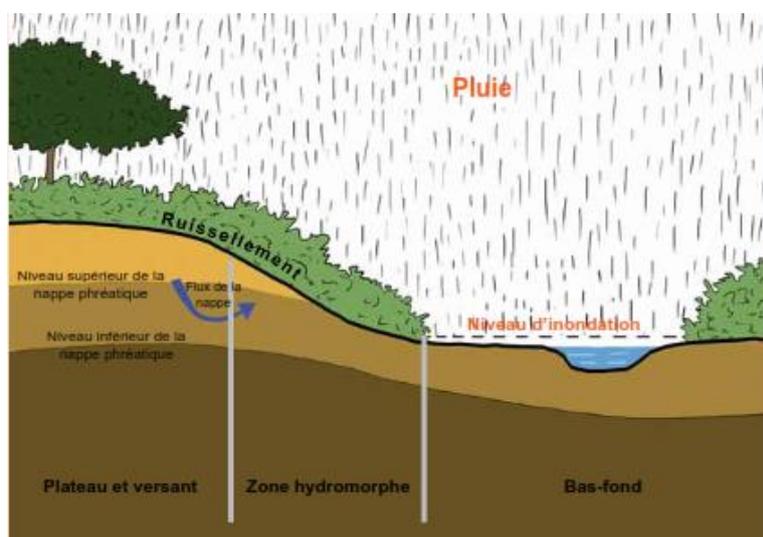


Figure 1: Représentation d'un bas-fond (source : Manuel du formateur SMART-Valleys-, 2017)

Il est possible de définir une typologie de bas-fonds en fonction des paramètres physiques, climatiques et socio-économiques. Pour cerner les modèles techniques d'aménagements adoptés au Burkina Faso, la typologie des bas-fonds faite sur la base de la géomorphologie, de la géologie, de la pédologie et du zonage climatique (donc du fonctionnement hydrologique) est la mieux indiquée.

- **Les bas-fonds sahéliens**

Ils sont situés en zone sahélienne (isohyète 300mm-600mm). Ils ne subissent pas d'écoulement permanent, ni même souvent d'inondation permanente en saison de pluies. Il se forme parfois une nappe d'inondation en particulier sur substrat granitique. L'essentiel des apports est lié aux eaux de surfaces et à la maîtrise des crues joue un rôle essentiel.

En hivernage, la principale contrainte est le risque d'échec des cultures pluviales du fait du volume et/ou de la répartition des pluies. Les crues souvent violentes, transitent dans le bas-fond sans toujours permettre une humidification permanente. L'utilisation à des fins rizicoles de ces bas-fonds est faible.

- **Les bas-fonds nord soudaniens**

Ils sont situés dans la zone de climat nord-soudanien (isohyètes 600 mm – 900 mm), ils sont inondés par l'affleurement de la nappe et essentiellement alimentés par les ruissellements brefs et intermittents. Les crues jouent un rôle modéré dans les bas-fonds allongés, mais posent des problèmes majeurs dans les bas-fonds à grands bassins versants. Ces bas-fonds sont peu encaissés à pente longitudinal faibles. Ils commencent par des vallons élargis à sols sableux lavés ou argilo-sableux colmatés sans entaille linéaire. Ces bas-fonds sont principalement utilisés pour la riziculture bien que l'on observe une forte pression d'adventices en début de cycle, et des difficultés d'adaptation physiologique pouvant affecter la productivité.

- **Les bas-fonds sud soudaniens**

Ils sont situés dans la zone climatique sud soudanien (isohyète 900 mm -1200 mm), ils sont inondés sur une partie de l'année, et les écoulements permanents sont fréquents. Ces bas-fonds sont moins larges, plus encaissés et forment des réseaux plus denses que ceux du nord. Le profil est transversal et est assez concave. Le lit mineur du cours d'eau n'est pas bien marqué. Les sols sont très sableux en bordure et argilo-sableux au centre.

II.3.2. Exemple d'aménagements classique de bas-fonds :

➤ **Conception de l'aménagement par DCN revêtue :**

L'objectif de cet aménagement est de maintenir une lame d'eau dans les rizières. Cela consiste à la réalisation des diguettes en terre suivant les courbes de niveau pouvant maintenir une lame d'eau et pouvant résister aux érosions lors du passage d'une crue. Cette technique a été mise en œuvre par le PAFR en 2002.

Pour sécuriser les diguettes en terre compactée contre l'érosion provoquée par l'eau, les diguettes seront protégées par un perré sec posé sur un film de géotextile. Ce géotextile est en

polypropylène. Le choix est généralement porté sur le polypropylène pour son coût acceptable et sa disponibilité au Burkina Faso.

Le perré sec ne maintient pas seulement le géotextile mais permet également à l'ensemble d'agir comme une digue semi filtrante. Il ralentit la vitesse de l'eau, brise l'énergie de la chute d'eau et relève le niveau de la lame d'eau lors d'une crue.

Les différents types d'aménagement en courbe de niveau mis en place par le PAFR au Burkina Faso sont illustrées sur la figure 2 :

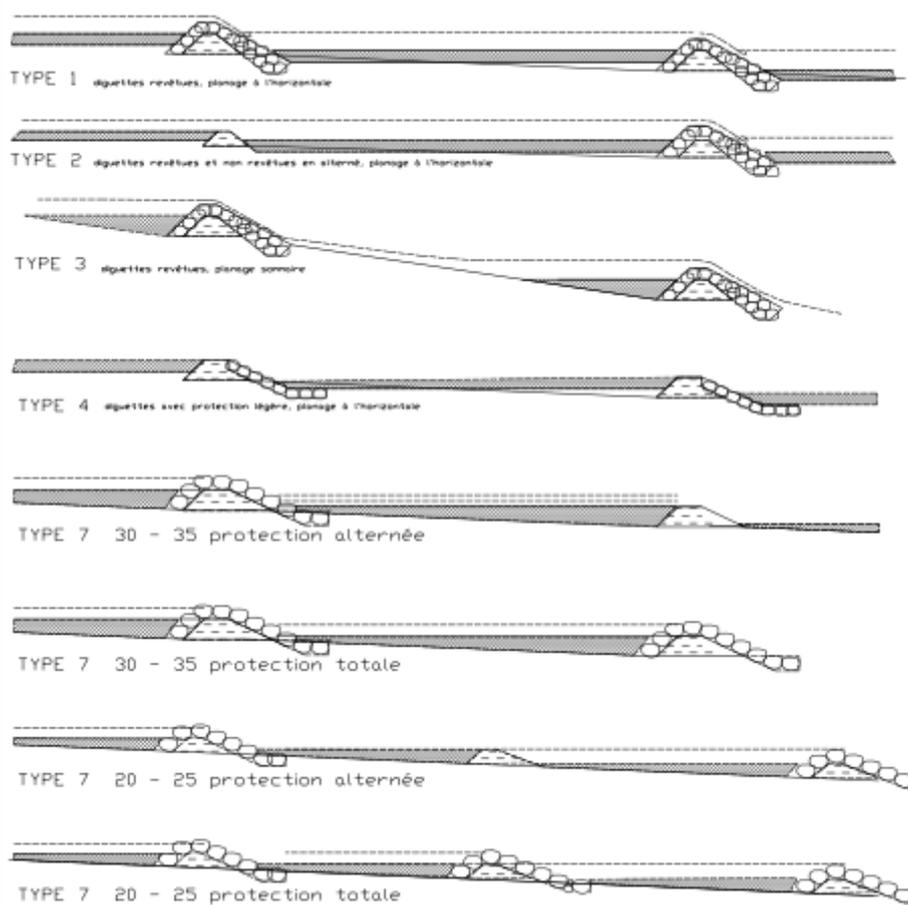


Figure 2 : Variantes d'aménagement de diguette suivant les courbes de niveaux

Source : *MANUEL TECHNIQUE D'AMENAGEMENTS DE BAS-FONDS RIZICOLES AU BURKINA FASO*

II.4. L'APPROCHE SMART-VALLEYS

II.4.1. Historique et définition de l'approche Smart-Valleys

L'approche Smart-valleys a été sélectionnée comme un type de résilience des petits producteurs rizières africains au changement climatique lors de la Conférence des parties COP 22 sur le Changement climatique, tenue en 2016 à Marrakech au Maroc.

Smart-Valleys est une approche participative, durable et à moindre coût de mise en valeur des

bas-fonds pour les systèmes de production à base riz en Afrique subsaharienne. L'approche Smart-valleys a été mise au point par AfricaRice. Après son succès dans les bas-fonds côtiers, l'approche Smart-valleys s'étend à présent aux bas-fonds soudanais.

Comparée aux approches conventionnelles qui impliquent des études coûteuses et des investissements lourds pour la construction d'infrastructures élaborées de maîtrise de l'eau, l'approche Smart-valleys se base sur des connaissances endogènes des exploitants pour réaliser des ouvrages de gestion de l'eau simples et à moindre coût, et qui peuvent être entièrement construites et entretenues par les producteurs eux-mêmes. Nécessitant peu des frais supplémentaires pour les producteurs, cette approche peut aider à doubler les rendements de riz par une gestion améliorée de l'eau (Les producteurs du Bénin et du Togo, qui ont adopté l'approche Smart-valleys, ont vu leurs rendements de riz en conditions pluviales augmenter de 1,5 – 2 tonnes par hectare à 3,5 – 4,5 tonnes par hectare), surtout si elle est accompagnée de bonnes pratiques de gestion des cultures (AROUNA & KA, 2017).

L'approche Smart-valleys suit une démarche par phases et étapes, axée sur l'exploration, la prospection, la validation, la conception, le développement du plan d'aménagement et la construction d'infrastructures de maîtrise d'eau après la sélection des sites basée sur des facteurs socio-économiques et biophysiques et en exploitant la connaissance paysanne (AfricaRice & CGIAR, 2017).

II.4.2. Les différentes phases de l'approche smart-valleys

L'approche Smart-valleys commence avec une *phase de sélection* qui démarre avec l'exploration de la zone du projet/programme afin de présélectionner des sites propices à l'approche. Ensuite vient l'*identification / prospection* de sites de bas-fond au potentiel rizicole pour aboutir à la validation et à la sélection finale du site. Des techniciens, paysans et responsables locaux prospectent le terrain. Si le site est jugé propice, il entre dans la *phase d'aménagement* qui démarre avec des réunions pour amener les paysans à s'organiser et à s'embarquer dans un développement collectif du bas-fond. Ensuite vient le défrichage, en épargnant les arbres de valeur. Et après, les paysans et techniciens explorent ensemble le bas-fond pour capter la connaissance et l'expérience des paysans en termes de flux, d'écoulement et de rétention d'eau en surface.

Ces données permettent de concevoir un premier plan de développement du bas-fond, qui sera ensuite révisé et amendé par les paysans. Ce plan comprend les prises d'eau, les tracés des canaux et des diguettes qui devraient améliorer considérablement la rétention d'eau et le

drainage d'excès d'eau du bas-fond.

Le réel développement du terrain débute par la matérialisation des éléments clés du plan, en utilisant des piquets de différentes couleurs. Les paysans apprennent à décoder le plan et le transposent dans le bas-fond en posant les piquets de différentes couleurs aux bons endroits. Le vrai travail ne fait que commencer : creuser des canaux et construire des diguettes avec la terre soulevée. Guidés par les piquets colorés, les paysans construisent les différents types de canaux, de diguettes qui contournent les parcelles, et de petites structures pour les protéger contre l'érosion. De simples structures pour faire dévier l'eau d'une source naturelle vers les rizières assoiffées quand nécessaire, améliorent également l'ensemble. Finalement les parcelles sont nivelées, et les parcelles dont la pente est trop forte sont divisées en casiers plus petits pour assurer une gestion d'eau plus précise.

Mais le travail n'est pas fini, parce que comme toute infrastructure, les aménagements Smart-valleys nécessitent aussi de l'entretien et des adaptations. En plus dans l'approche Smart-valleys l'idée est d'aménager le bas-fond petit à petit et d'apprendre, d'adapter et d'innover en faisant ; c'est un apprentissage dans l'action. Et on entre alors dans la *phase de gestion du bas-fond aménagé*. L'expérience a montré que la gestion adéquate de l'eau est une condition cruciale pour que les paysans s'investissent avec succès dans l'amélioration des pratiques de gestion rizicole, comme le désherbage et l'application d'engrais en temps opportun.

Phase 1 : sélection de bas-fonds pour l'aménagement Smart-Valleys

Le processus de sélection de bas-fonds prend une place assez importante dans l'approche Smart-valleys. En effet, bien que l'approche Smart-valleys soit relativement simple comparée aux approches traditionnelles caractérisées par de longues études coûteuses, il ne s'agit pas d'une intervention à l'aveuglette. Au contraire, considérant que l'approche exige la pleine participation de la population, il est important d'évaluer scrupuleusement si les conditions se prêtent effectivement à un aménagement de type Smart-valleys et si la population est vraiment prête à s'investir pleinement. C'est ainsi que les chances de réussite sont accrues. Et pour réussir ce processus de sélection, on a besoin d'une équipe de techniciens formés à l'approche Smart-valleys et qui comprennent l'environnement biophysique, socio-économique et foncier des sites.

La phase de sélection comprend 10 modules regroupés en 3 parties :

- partie 1 : exploration constituée de 5 modules ;
- partie 2 : identification/prospection constituée de 3 modules ;

- partie 3 : validation constituée de 2 modules.

La première partie : exploration, l'objectif principal est de présélectionner un nombre (limité) de sites de bas-fonds qui ont des potentialités (principalement d'ordre biophysique) qui sont examinés en profondeur, et qui entreront alors dans la deuxième partie.

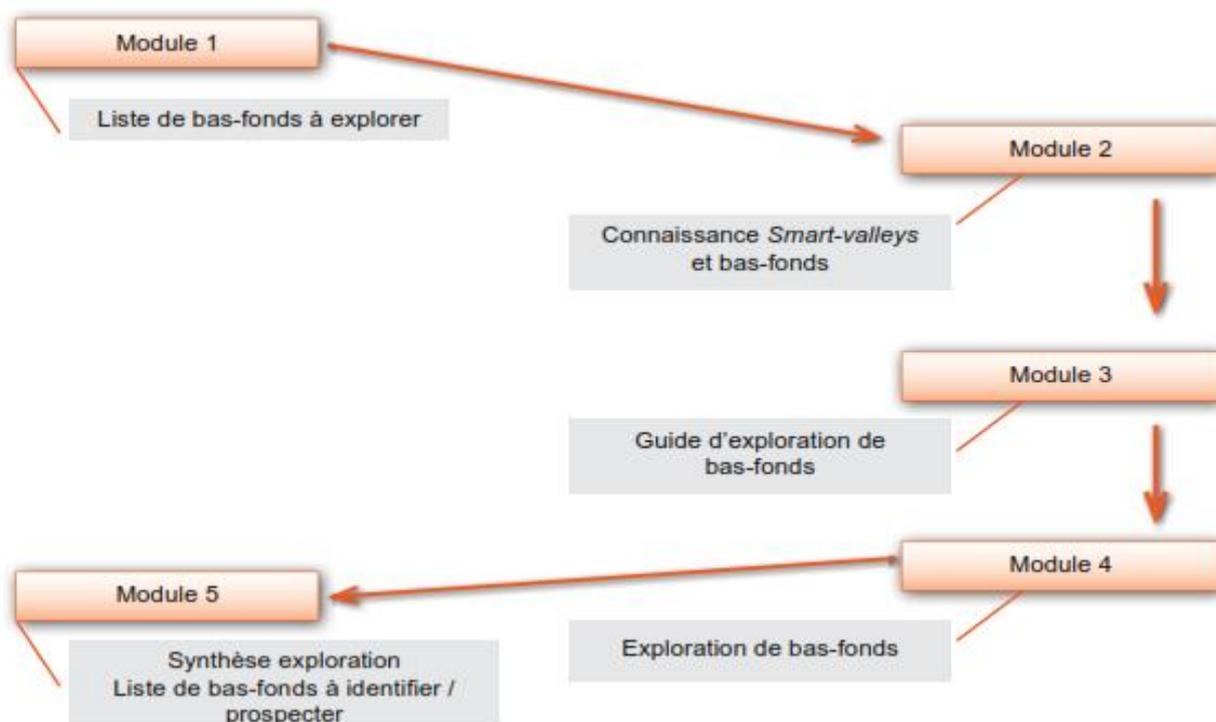


Figure 3 : Exploration des bas-fonds selon l'approche Smart-Valleys

La deuxième partie : identification/prospection, consiste en une collecte d'informations sur les conditions biophysiques, socio-économiques et foncières qui permettra aux techniciens de confirmer (ou infirmer) l'aptitude du bas-fond à un aménagement de type Smart-valleys. Mais le processus de sélection ne s'arrête pas là. En effet, les bas-fonds qui ont passé les parties 1 et 2 de la sélection, entreront dans la troisième partie, appelée validation.

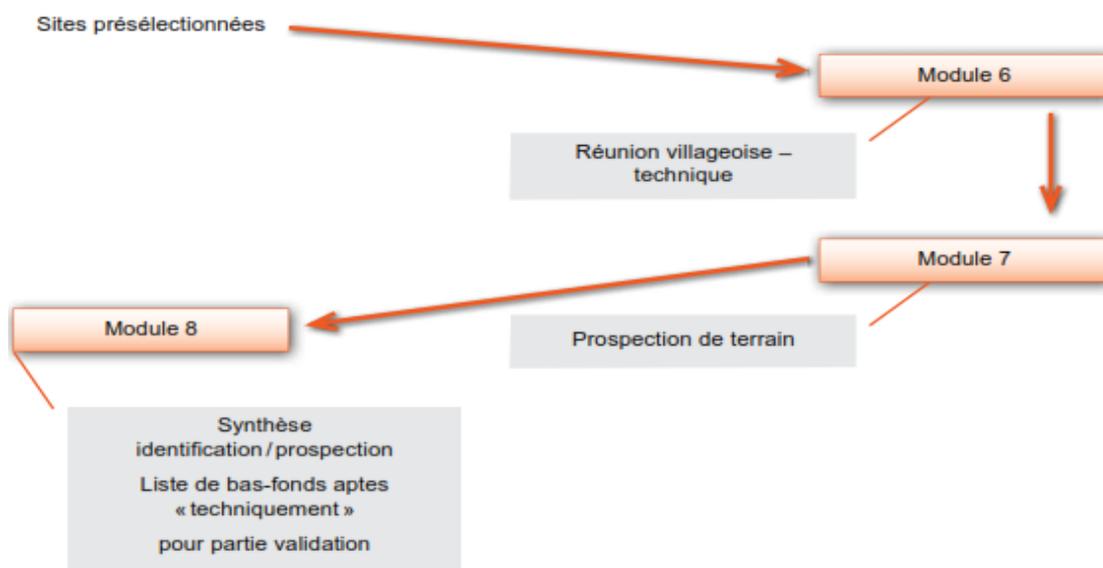


Figure 4 : Sélection des bas-fonds suivant l’approche Smart-Valleys

Troisième partie : validation. Avant de confirmer effectivement la pertinence du choix d’un site, il est nécessaire de vérifier le plein engagement de la population dans l’aventure d’aménagement Smart-valleys. Avec toutes ces informations, l’équipe technique est en mesure de constituer un dossier qui sera soumis à l’approbation (ou pas) du coordinateur du projet/programme.

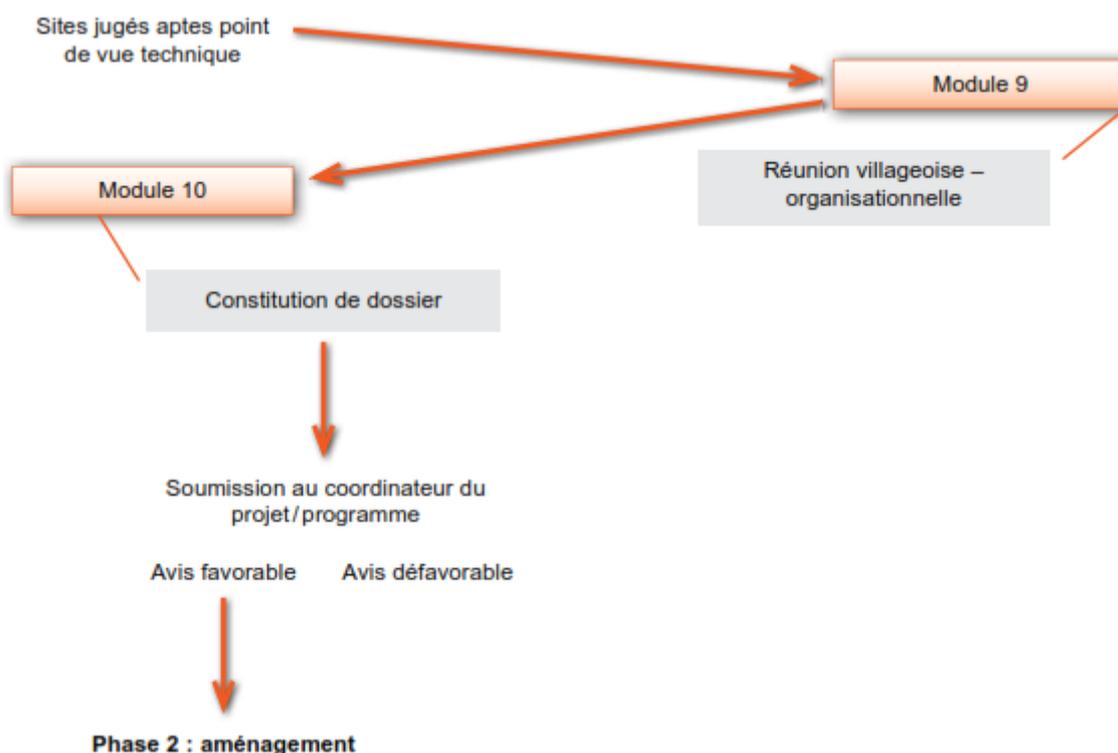


Figure 5 : Validation suivant l’approche Smart-valleys

En cas d'avis défavorable, tout s'arrête, on ne peut accéder à l'aménagement du bas-fond.

Phase 2 : Aménagement de bas-fonds avec l'approche Smart-Valleys

La deuxième phase de l'approche *Smart-valleys* comprend 7 modules. Avant de commencer les travaux d'aménagement, il y a plusieurs préalables à régler.

Module 11 : il s'agit de la planification et l'organisation des travaux. En effet, dans chacun des sites qui ont été sélectionnés (module 10), une grande réunion villageoise est à organiser, afin de voir avec les villageois comment s'organiser et s'entendre sur un programme précis d'activités.

Module 12 : il vise à consolider les connaissances des techniciens en matière de principes hydrologiques, d'aménagement d'un bas-fond et d'élaboration de plan d'aménagement.

Module 13 : il présente le réel début des travaux communs, il s'agit du défrichage de la partie du bas-fond à aménager.

Module 14 : il est central dans la phase d'aménagement ; il s'agit de l'élaboration du plan d'aménagement sur la base d'une carte de fond (esquisse), élaborée en étroite collaboration avec les utilisateurs du bas-fond. Une fois le plan validé par les villageois, le piquetage peut commencer.

Module 15 : il traite la partie pratique du piquetage ensemble avec les villageois.

Module 16 : il s'agit de la démonstration des travaux d'aménagement. Il s'agit encore une fois d'une séance de travail collectif dans le bas-fond.

Module 17 : La phase 2 termine par les aspects d'aménagement des casiers.

Il est important de noter qu'un aménagement de type *Smart-valleys* est un investissement important de la part des villageois, et plus spécifiquement des riziculteurs. Quelques conditions qui seront déterminantes pour le succès sont :

- le degré de participation et le respect des engagements des populations bénéficiaires ;
- les accords entre les exploitant(e)s et les propriétaires terriens ;
- le temps individuel et collectif réellement consacré ;
- la disponibilité des matériaux ou leur accessibilité ;
- la solidité des ouvrages dans les premières années afin d'éviter des brèches voire des dégâts importants.

Phase 3 : Gestion de bas-fonds aménagés

L'expérience a montré que la gestion adéquate de l'eau est une condition cruciale pour que les producteurs s'investissent avec succès dans l'amélioration des pratiques de gestion rizicole,

comme le désherbage et l'application d'engrais en temps opportun.

Module 18 : présente un bref résumé des pratiques de gestion améliorée de bas-fonds, plus précisément les principes et pratiques de gestion de l'eau et de gestion intégrée de la fertilité des sols et la gestion intégrée des mauvaises herbes.

L'approche Smart-valleys est une démarche participative, pragmatique, adaptative et itérative, basée sur le principe « d'apprendre sur le tas ». Cela implique que dans la pratique, les villageois commencent souvent par l'aménagement d'une partie (plus ou moins étendue) du bas-fond. Il s'agit donc en quelque sorte d'un « test d'adaptabilité » de l'approche aux conditions spécifiques du bas-fond villageois. Ainsi, à la fin d'une première saison d'expérience, il y a lieu d'organiser une évaluation de ce test, ce qui permettra d'apprécier le fonctionnement et les résultats obtenus dans la partie du bas-fond aménagé de type Smart-valleys et par la suite de décider des entretiens et adaptations et extensions éventuelles à réaliser.

Module 19 : traite de la partie terrain des observations et analyse (technique) du fonctionnement de l'aménagement Smart-valleys.

Module 20 : conclut par la partie plutôt formelle à travers une révision et capitalisation de l'expérience Smart-valleys.

III. MATERIEL ET METHODES

III.1. PRESENTATION DES ZONES D'ETUDES

III.1.1. Caractéristiques physiques

- Situation géographique

Le bas-fond de Tansega appartient à la commune de Zoungou, située à 25 km au sud-est de Zorgho, chef-lieu de la province du Ganzourgou dont elle relève, et à 97 km de Ziniaré chef-lieu de la région du Plateau Central. Zoungou couvre une superficie de 401, 142 km² et est comprise entre 12°01 et 12°14 de latitude Nord et 0°26 et 0°36 de longitude Ouest. Quant au bas-fond de Barjongo, il est localisé dans la commune de Baskouré qui est située dans la province du Kouritenga, dans la Région du Centre-Est ; la commune rurale de Baskouré est à 15 Km à l'Est du chef-lieu de la province Koupéla, et à 155 km de la capitale Ouagadougou. La commune couvre une superficie de 70,88 km².

- Relief et sol

La commune de Zoungou est située sur une pénéplaine légèrement ondulée par endroits. En effet, elle est parsemée de bas-fonds et de collines. On y rencontre trois principaux types de sols : les sols argileux (bollé) où on cultive du sorgho, du maïs, du riz, etc.

Les sols de la commune sont très dégradés, en témoigne l'apparition de glacis par endroits. Les principales causes de cette dégradation sont entre autres l'érosion pluviale, les feux de brousse, les mauvaises pratiques agricoles, la pression humaine et animale et la surexploitation des terres cultivables. Comme solutions pour freiner la dégradation des sols et améliorer leur fertilité, les producteurs pratiquent les activités DRS/CES, la rotation des cultures, etc. Mais ces activités semblent très limitées faute de partenaires techniques et financières.

En ce qui concerne la commune de Baskouré, elle appartient au socle précambrien. Ce socle se caractérise par la prédominance d'un massif granito-gneissique, constitué en majeure partie des granités alcalins post-tectoniques. Ceci influe sur le relief dans la commune qui est monotone dans son ensemble et peut être considéré comme un plateau constitué de glacis des milieux cuirassés et quelquefois des milieux granitiques. On observe quelques affleurements (collines latéritiques ou granitiques) et des bas-fonds aménageables dans la quasi-totalité des villages. Le paysage est marqué par la présence de granites syntectoniques qui n'affleurent qu'exceptionnellement et des cuirasses.

Selon le BUNASOLS (1989), sous l'action de divers facteurs, les processus pédologiques sont intenses dans la commune, donnant lieu à une hétérogénéité des sols. Ainsi, on y distingue

principalement quatre types de sols :

Les sols peu évolués sur matériau gravillonnaire (*kiakiaga*) sur les interfluves. On y cultive du mil, sorgho, arachide, sésame, vouandzou.

Les sols argilo-sableux (bolé) sur les surfaces à topographie plane : Ils font partie de la classe des sols brunifiés de texture limono-argileuse à argileuse. Il est de couleur brune, profond et riche en éléments minéraux. Il est difficile à travailler à la daba quand il est humide car lourd et collant et trop dur à l'état sec.

Les sols peu évolués d'apport alluvial ou colluvial(*baongo*) dans les zones inondables des cours d'eau. On rencontre plusieurs variantes parmi lesquelles les sols peu évolués d'apport alluvial hydromorphe et d'apport colluvial hydromorphe;

Les sols ferrugineux tropicaux lessivés sur matériau sableux (bisri) léger et profond. Ils sont de fertilité faible à moyenne et est réservé principalement à la culture du mil. On observe des variantes de ces types de sol. Il s'agit des glacis (zippelé), des sols sablo-argileux (bis-bolé). D'un village à l'autre, la proportion de ces types de sols est variable.

- Climat

Les bas-fonds qui font l'objet de cette étude sont situés tous les deux dans la zone climatique nord soudanienne ou soudanien sec. La pluviométrie dans cette zone varie entre 600 et 900 mm de pluies. Elle est caractérisée par une courte saison pluvieuse de juin à octobre et une longue saison sèche de Novembre à mai. Il est à noter que plus de 80% des pluies tombent en deux mois (juillet-août).

Les températures extrêmes se situent en saison sèche ; les moyennes minimales s'observent en décembre-janvier (18 à 20°) et les moyennes maximales en avril (39 à 40°). D'une manière générale, les températures sont élevées toute l'année, entraînant une forte évaporation des eaux de surface.

- Hydrographie

La commune de Zoungou est drainée par de nombreuses rivières saisonnières dont la majorité tarit entre janvier et février ; mais il existe par endroit des points d'eau permanents. On peut citer entre autres Rougdamoum, Kuilmasga, Koukin, Manabongo, Kaddyaré, etc. La limite Est, Sud et Ouest de la commune est constituée de rivières. Il s'agit en réalité pour la plupart, de zones de ruissellement dont l'aménagement peut contribuer à l'amélioration de la production agro-sylvo-pastorale. La commune dispose d'un barrage.

Pour ce qui est de la commune de Baskouré, elle a un réseau de drainage des eaux de pluies peu

dense. Cependant on observe quelques cours d'eau secondaires et tertiaires qui la traversent du Nord au Sud. La commune dispose d'un barrage qui malheureusement, est dans un fort état de dégradation ainsi que de nombreux boulis. Le régime hydrographique dans la commune est temporaire et les eaux coulent sous forme de torrent en saison pluvieuse. L'ensemble des cours d'eau de la commune se jette dans le bassin du Niger.

III.1.2. Plan socio-économique

- **Démographie**

Selon les plans communaux de développement de 2014 pour Baskouré et 2013 pour Zoungou, le taux d'accroissement est de 2,23% par an à zoungou et de 2,9% par an à Baskouré. La population de la commune de Zoungou était estimée à 34 941 habitants en 2013, et a atteint 53 259 habitants en 2018 quant à Baskouré, la population était estimée à 44 317 habitants en 2013 et a atteint 66 128 en 2018.

- **Activités socio-économiques**

Dans les deux communes, l'agriculture est la principale activité socio-économique. C'est une agriculture de subsistance qui intègre progressivement les nouvelles techniques culturales. Les outils de production et les techniques demeurent traditionnels dans l'ensemble, même si on note un début de modernisation avec l'usage des charrues et la pratique des activités de DRS/CES. En termes de spéculation les céréales constituent l'essentiel de la production.

A Zoungou, la pêche est assez marquée grâce au barrage, mais la vente des produits halieutiques se limite au marché local.

L'artisanat (forge, tissage, poterie, fabrication de savon) est peu développé dans le département. Elle consiste en la fabrication d'objets utilitaires (canaris, jarres, dabas, pioches, charrues, houes, pagnes, les savons, huiles, etc). Ces produits sont commercialisés dans les marchés des départements et dans les marchés de Pouytenga, Zorgho et Koupéla.

La figure 6 représente la localisation de nos bas-fonds.

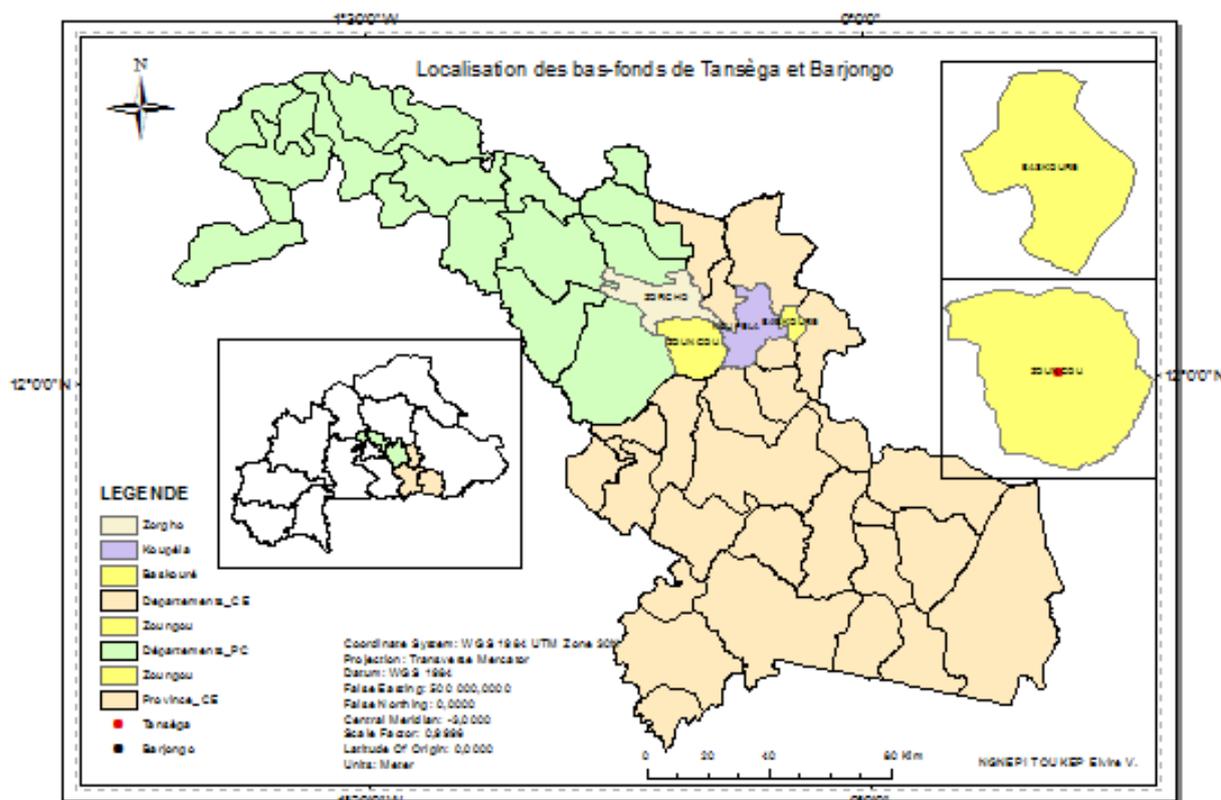


Figure 6 : carte de localisation des sites d'études

III.2. CARACTERISATION HYDROLOGIQUE

La caractérisation hydrologique de nos bas-fonds s'est faite selon le manuel d'irrigation et de drainage du bulletin 54 (F.A.O, s. d.).

III.2.1. Etudes pluviométriques

Les données pluviométriques considérées sont celles de Zorgho et Koupela correspondant aux sites respectifs de Tansèga et Barjongo. Ce sont les valeurs de la série chronologique des hauteurs des pluies annuelles observées sur 36 ans à Zoungou et 37 ans à Baskouré à partir de 1980.

Les variables pluviométriques (pluies annuelles et pluies maximales journalières) sont recueillies et soumises à une analyse statistique afin de déterminer les quantiles pour différentes périodes de retour. Les données de la série pluviométrique annuelle ont été ajustées avec la loi normal de GAUSS et celles de la série de pluies maximales journalières ont été ajustées avec la loi de GUMBEL.

Les principales caractéristiques physiographiques du bassin versant qui permettent de prévoir l'ampleur des écoulements (crues, apports) ont été déterminer. Le caractère torrentiel des pluies

en Afrique Soudano-sahélienne provoque l'apparition de fortes crues qui peuvent avoir des conséquences particulièrement désastreuses sur l'aménagement et sur les ouvrages si aucune disposition n'est prise. Il est donc indispensable de dimensionner les ouvrages et protéger l'aménagement contre ces crues. Le processus d'aménagement d'un bas-fond nécessite donc la connaissance de la dynamique des écoulements drainant le bassin versant du site retenu. La bonne connaissance des crues provoquées par les précipitations sur le bassin versant permet un meilleur choix et un dimensionnement (techniquement et économiquement) efficient des ouvrages et limite les risques de détérioration et/ou de destruction.

D'une manière générale, les mesures de débits des cours d'eau existent rarement pour les petits bassins versants. L'estimation de valeur de la crue sera faite à l'aide des méthodes empiriques mises au point par l'ORSTOM et le CIEH. La « crue de projet » à adopter pour les petits aménagements dans la zone soudano-sahélienne est la crue décennale. C'est ce que préconisent les hydrologues forts de leurs expériences (observations faites sur les petits bassins versants). Pour nécessité de l'étude cette année 2018, deux stations météorologiques ont été installées sur les sites d'expérimentation. La figure 3 représente la station météorologique du bas-fond de Barjongo.



Figure 7 : station météo de Barjongo

III.2.2. Caractérisation physique

La délimitation et la caractérisation physique du bassin versant a été faite à l'aide de l'outil ArcGIS version 10.3.1.

Bassin versant : Marque à la fois la notion topographique de zone limitée par une ligne de partage des eaux et celle de surface d'interception des précipitations susceptibles d'être drainées jusqu'à l'exutoire par le réseau hydrographique.

Comme caractéristiques physiques nous avons entre autre :

- La superficie et le périmètre ;

- La forme : La forme du bassin versant influence l'allure de l'hydrogramme l'exutoire du bassin versant, elle est caractérisée par le coefficient de compacité de Gravelus encore appelé coefficient de forme.

$$KG = I_{comp} = 0,282 * \frac{P(Km)}{\sqrt{S(Km^2)}}$$

Où, P est le périmètre du bassin, en km ;

S est la superficie du bassin, en km^2 .

- Le relief : L'influence du relief sur l'écoulement se conçoit aisément, car de nombreux paramètres hydrométéorologiques varient avec l'altitude (précipitations, températures, etc), en outre, la pente influe sur la vitesse d'écoulement. Il est caractérisé par l'indice global de pente. Il est défini par la formule :

$$I_g = \frac{D}{L}$$

Où, D représente la dénivelée, exprimée en mètres, séparant les altitudes ayant approximativement 5% et 95% de la surface du bassin au-dessus d'elles ; ces altitudes sont déterminées sur la courbe hypsométrique.

L est la longueur du rectangle équivalent, exprimée en km ;

I_g est exprimé en m/km.

- Infiltrabilité : Aptitude d'un terrain à l'infiltration. Il a été déterminé à travers plusieurs essais d'infiltrations effectués sur le site et permet de déterminer la classe de perméabilité de nos sols.
- Réseau hydrographique : Répartition générale des différents cours d'eau d'un bassin. Ici c'est la longueur du plus long cours d'eau qui nous intéresse.

Il existe d'autres caractéristiques physiques des bassins versants, elles sont en annexe 1.

III.2.3. Crues et Apports

- Détermination de la crue décennale

Le processus d'aménagement d'un bas-fond nécessite la connaissance de la dynamique des écoulements drainant le bassin versant du site retenu. La bonne connaissance des crues provoquées par les précipitations sur le bassin versant permet un meilleur choix et un dimensionnement (techniquement et économiquement) efficient des ouvrages et limite les risques de détérioration et/ou de destruction.

D'une manière générale, les mesures de débits des cours d'eau existent rarement pour les petits bassins versants. L'estimation de valeur de la crue sera faite à l'aide des méthodes empiriques

mises au point par l'ORSTOM et le CIEH.

La « crue de projet » à adopter pour les petits aménagements dans la zone soudano-sahélienne est la crue décennale. C'est ce que préconise les hydrologues forts de leurs expériences (observations faites sur les petits bassins versants). Les formules sont en annexe 1.

- **Apports**

Les apports sont calculés pour une année considérée à partir de la formule :

$$Ve = 1000 * S * P * Ke$$

S est la surface du bassin-versant ;

Ke est le coefficient d'écoulement, exprimé en pourcentage, il est le rapport, pour une année déterminée, de la lame écoulée à l'exutoire du bassin (Le), à la lame précipitée sur ce même bassin (P).

$$Ke (\%) = Le (\text{mm}) / P (\text{mm})$$

Au regard de l'inexistence des observations hydrométriques du bassin versant, nous utiliserons les valeurs généralement acceptées dans les régions tropicales sèches à sahélien (Manuel FAO N° 54/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).

La méthode utilisée ici est celle de Rodier.

III.3. CONCEPTION ET AMENAGEMENT DES BAS-FONDS

III.3.1. Aménagement Classique des bas-fonds

➤ **Indicateurs d'aménagement**

- **Hydrologie** : Les calculs hydrologiques sont détaillés en annexe1.
- **Topographie**

Les différents levés ont été fait à l'aide d'un GPS. Ces données ont été traitées à l'aide des logiciels Global Mapper et ArcGIS. C'est ainsi que nous avons pu dégager les superficies de nos sites à 36,5ha pour Tansèga et à 28ha pour ce qui est de Tansèga. Les périmètres quant à eux sont de 3,70 km pour Tansèga et 3,659 km pour Barjongo.

Les pentes sont moyennes faibles (les pentes moyennes longitudinale et transversale sont respectivement de 4,4% et 0,85% pour Tansèga et de 5,71% et 0,95% pour Barjongo).

- **Pédologie**

Les périmètres ne comportent pas d'aménagement mais ils sont exploités par endroits par certains paysans qui s'y intéressent surtout pour la culture du riz.

Grace aux essais d'infiltrations effectués par la méthode des doubles anneaux de Muntz, on a

pu réaliser 24 points d'infiltration par site (Boivin, 1990). Ces points ont été sélectionnés sur la base des états de surface afin d'avoir une idée générale de sur la variabilité de la nature du sol dans l'espace. Une synthèse de la méthodologie du double anneau de Muntz se trouve en annexe 4. La photo 1 suivante illustre le dispositif de Muntz.



Figure 8 : Dispositif de Muntz

De plus, les études granulométriques effectuées ont davantage détaillé la pédologie de nos sols.

➤ **Critères d'appréciation de l'aptitude à l'aménagement**

Le tableau I résume les différents critères d'appréciation de l'aptitude à l'aménagement :

Tableau I: Critères d'appréciation de l'aptitude à l'aménagement

	Critères	Aménageable	Caractéristique su site	Observations
Biophysiques	Durée de la crue	< 3 jours	Une journée	Favorable
	Taille du BV	< 200 km ²	2.824 km ²	Favorable
	Type de sol	Argileux ou moyen	Argilo-limoneuse	favorable
	Encaissement du bas-fond	Faiblement marqué	Faiblement marqué	Favorable
	Pente longitudinale	< 6 ‰	5.3 ‰	Favorable
	Largeur du bas-fond	≥ 50 m	425.01 m	Favorable
	Végétation ligneuse	Pas de forêt	Présence de touffe par endroit	Moins favorable
Socio-économique	Population	≥500 hbts	1313 hbts	Favorable
	Distance du village	≤ 6 km	0.1 km	Favorable
	Conflits fonciers	absents	absents	Favorable
	Importance du bas-dans le système de production	Forte ou moyenne	Forte	Favorable
	Lieux sacrés	Absents ou non contraignants	Absents	Favorable

Source : MANUEL TECHNIQUE DES AMENAGEMENTS DE BAS-FONDS RIZICOLES AU BURKINA FASO, 2006

III.3.2. Démarche Smart-Valleys adoptée pour aménager les bas-fonds de Tanséga et Barjongo

La réalisation de nos aménagements selon la technologie Smart-Valleys s'est déroulée en plusieurs étapes reposant bien sûr sur le canevas indiqué dans le guide Smart-Valleys. Tout d'abord nous avons eu à faire des réunions villageoises sur chaque site pour s'accorder avec les producteurs sur la date et les différentes prédispositions à prendre une fois les travaux commencés. Ainsi, un tour de nos différents bas-fonds a été effectué en expliquant leur hydrologie (explication faite par les paysans suite aux questions que nous posions) et en identifiant les différents points de singularités. Après cela, a suivi le dessin des différents plans d'aménagements à partir des observations faites lors du parcours des bas-fonds. Les plans ainsi effectués, nous passons à la validation de ceux-ci uniquement lorsque tous les partis sont d'accords que ce qui est représenté sur le papier est ce qui a été observé de manière simplifiée à une échelle assez aléatoire qui est généralement estimée par le nombre de pas. Il est important de faire le dessin de la manière la plus simple pour la compréhension des producteurs et se rassurer de la compréhension de la légende utilisée. Ensuite, chaque paysan détenant une parcelle sur le site prépare ses piquets pour l'implantation ou piquetage ; on commence la réalisation proprement dite par l'implantation participative du plan d'aménagement en définissant à travers les piquets et les couleurs qu'on y ajoute par endroit l'axe des digues principales, secondaires, les zones préférentielles de passage d'eau (entrées et sorties). Toujours en équipe, les paysans vont chercher les moellons qu'ils ramènent sur le site. Le labour peut alors être fait par le tracteur vu la dureté des sols. On peut ainsi réaliser nos diguettes en compactant la terre suivant les axes d'implantation et en alignant nos moellons au niveau des passages d'eau. Les petits matériels qui sont nécessaires pour cet aménagement sont : les dadas, les pelles, les machettes, les charrues, les pioches, les brouettes. Il faut signaler que l'engagement des femmes fut remarquable lors de ces travaux.

Les planches 1, 2, 3 et 4 illustrent les différentes phases de l'aménagement.



Barjongo



Tanséga

Planche 1 : : Réunion villageoise



Planche 2 : Réalisation du plan d'aménagement et validation



Planche 3 : Piquetage à Tanséga



Planche 4 :Réalisation des ouvrages hydrauliques à Tansèga et Barjongo

La figure 4 représente le calendrier des activités. Le calendrier des activités ainsi obtenue est le suivant :

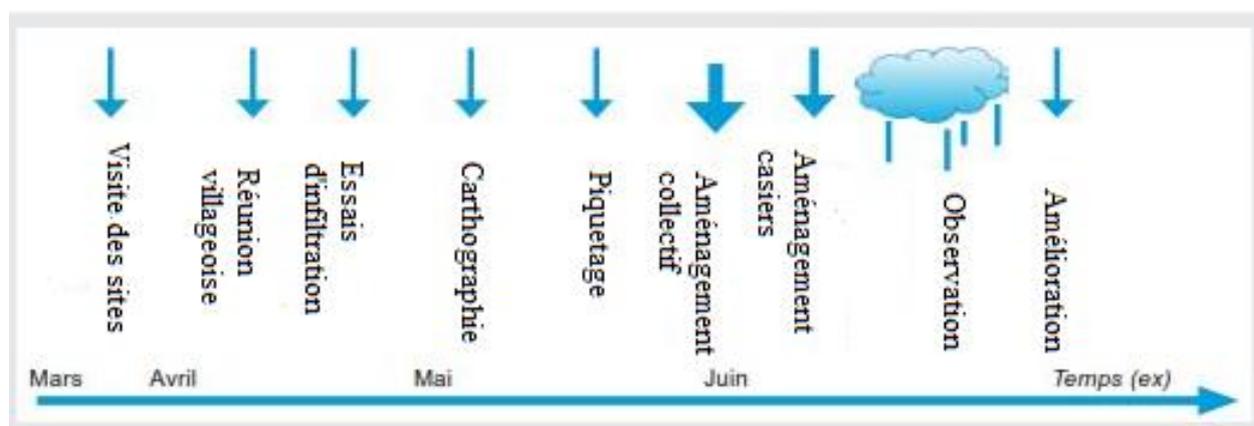


Figure 9 : Calendrier d'activités

III.3.3. Suivi des aménagements et des cultures selon l'approche Smart-Valleys

Il était question pour nous de réaliser un aménagement de 5 hectares sur chacun des deux bas-fonds. Sur les 5 hectares aménagés, 1 hectare a été retenu sur les 5 pour accueillir les variétés de riz de l'INERA et le reste de 4 hectares est laissé au variétés habituelles des producteurs. Les quatre (04) variétés de riz qui ont été sélectionnées pour l'expérimentation sont : ORYLUX 6 (100 jours), FKR61N (90 jours), FKR62N (118 jours) et FKR64N (95 jours). L'on a pris les variétés allant jusqu'à 118 jours maximum pour cette expérience sachant que les pluies sont de très courte durée en zone soudano-sahélienne. L'idée était de faire une recherche variétale suivant l'aménagement smart-valleys et de voir combien de temps après l'arrêt des pluies l'humidité était conservée dans le sol pour aider la plante à atteindre la maturité. En d'autres

termes, combien de temps notre aménagement garderait de l'eau dans le sol, les pluies ayant cessé. A cet effet, des sondes d'humidité ont été installées en fonction des différentes variétés présentes, deux (02) sondes par parcelle et pour chaque variété aménagée ou non. On avait alors quatre (04) variétés sur 1 hectare aménagé et les même quatre (04) variétés sur 1 autre hectare non aménagé. Le reste des 4 hectares aménagés ont reçu la semence locale. Les humidités ont été obtenues à différentes profondeurs 10cm, 20cm, 30cm et 40cm à la fréquence minimale de 3 jours. Sous notre contrôle, les producteurs ont semé et administrés les quantités de fertilisants provenant tout comme les semences du centre de recherche de l'INERA de Farakoba suivantes :

- NPK (Azote-Phosphore-Potassium) : 38kg/0,25ha applicable 7 jours après les semis ;
- Urée 1 : 7 kg/0,25ha applicable 15 jours après semis ;
- Urée 2 : 13 kg/0,25ha applicable 50 jours après semis.

Le dispositif expérimental est représenté à la figure 5, ainsi qu'une photo de la sonde à humidité installée.

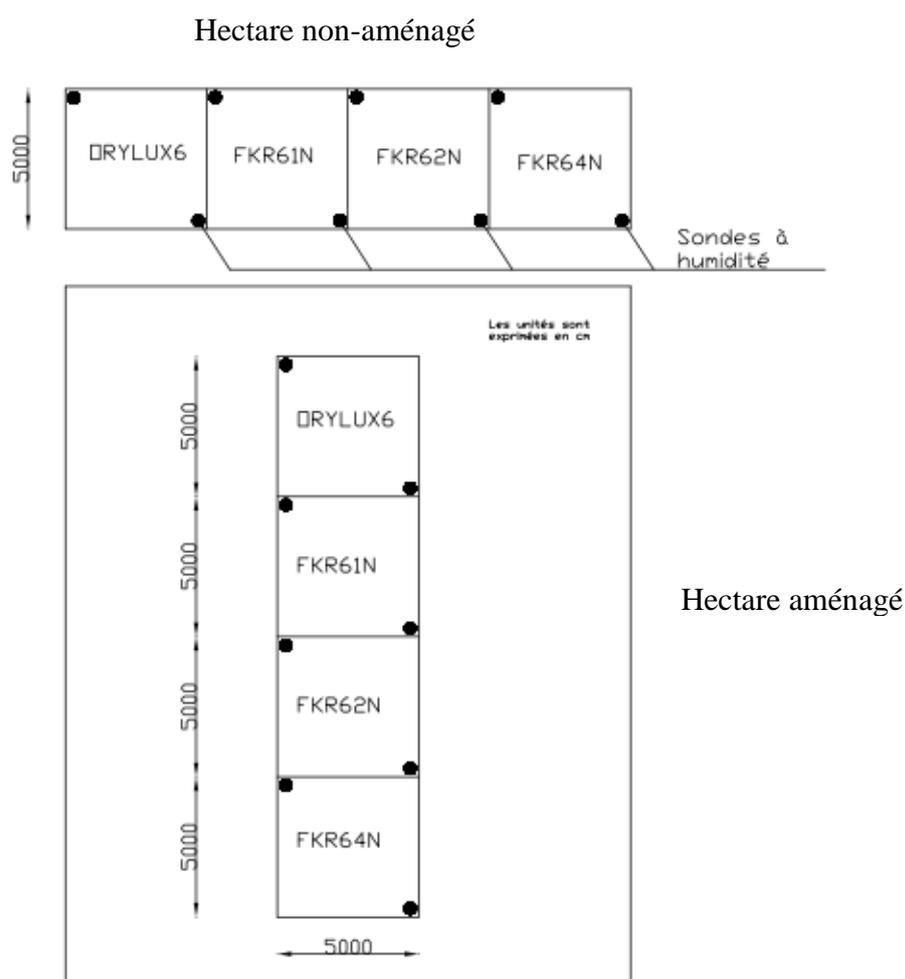


Figure10 :Dispositif expérimental des cultures



Figure 11 : Photo de l'Humidimètre (hh2)

IV. RESULTATS ET DISCUSSION

IV.1. CARACTERISATION HYDROLOGIQUE DES BAS-FONDS

IV.1.1. Etudes pluviométriques et caractérisation physique

La nature des sols est argilo-limoneux avec des conductivités hydrauliques de 11,56 à Tansèga et 11,57 à Barjongo, les courbes d'infiltrations se trouvent en annexe 1. Les études granulométriques viennent corroborer le résultat précédent avec des proportions bien définies : Argilo-limoneuse (AL), Limono-Argileuse (LA) ou Argilo-Sableuse (AS).

La figure 12 donne les caractéristiques texturales du sol à Tansèga et Barjongo.

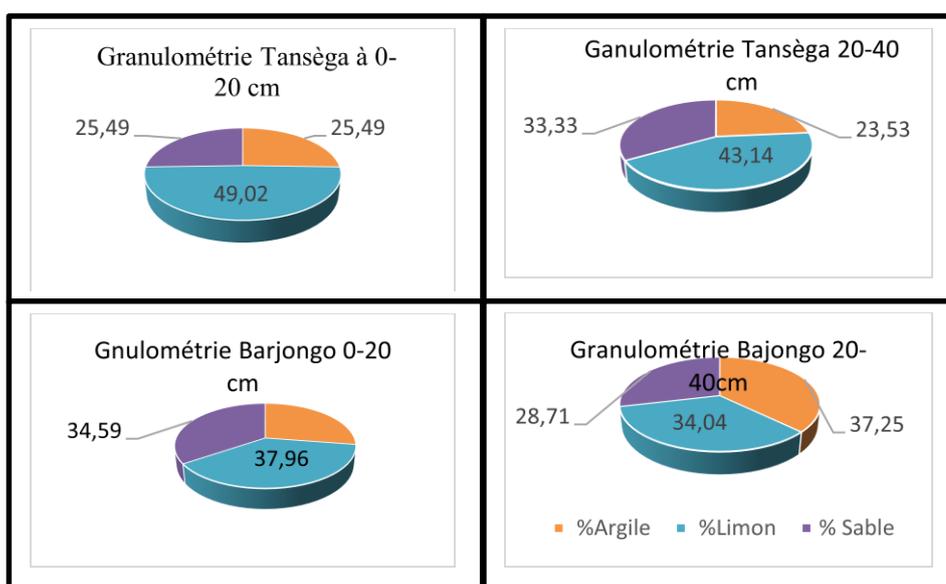


Figure 12 : caractéristiques texturales des sols à Tansèga et Barjongo

La proportion de la fraction granulométrique (argile, limon, sable) des sols des sites prospectés montre que la proportion des limons est prépondérante dans la texture des sols de nos bas-fonds dans l'horizon 0-20cm par rapport aux fractions argileuse et sableuse ; par contre dans l'horizon 20-40cm, l'argile est prépondérante sur les autres fractions. Aussi, dans un même site, il y'a des petites variations entre les proportions des trois fractions sur horizons 0-20 et 20-40 cm.

Nous avons donc déterminé les caractéristiques hydrologiques de nos bas-fonds à partir des bassins versants de chaque site qui sont respectivement dans le tableau II pour le bas-fond de Tansèga et le tableau III pour le bas-fond de Barjongo. Ces tableaux sont accompagnés respectivement des figures 7 et 8, le tableau III en particulier donne les calculs du bassin versant de couleur rose :

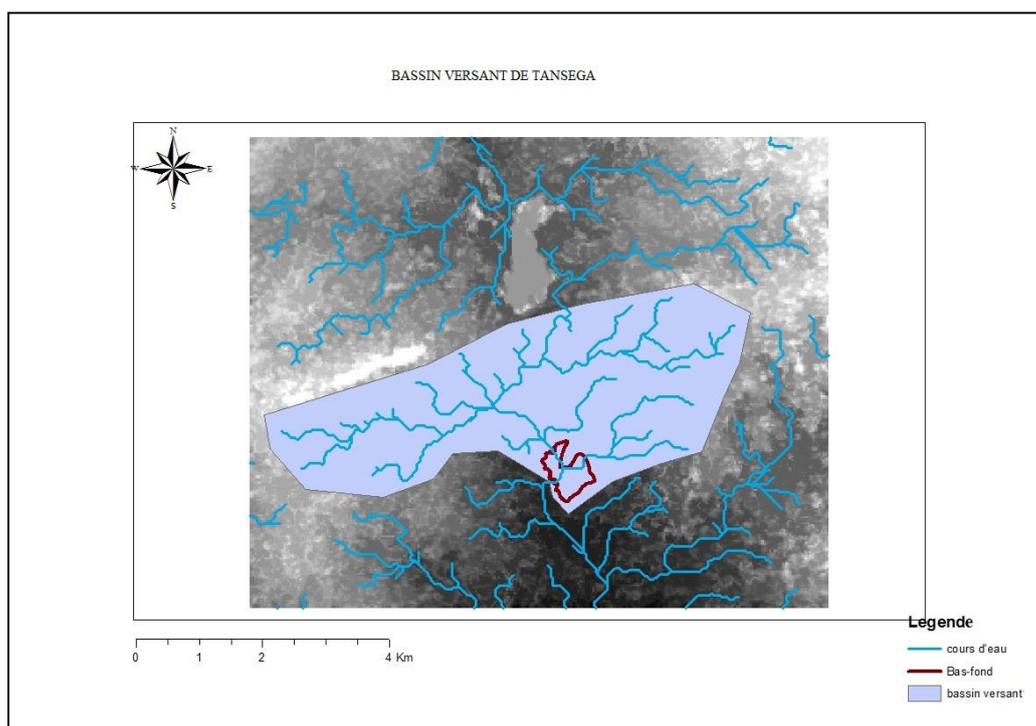


Figure 13 : Carte du Bassin versant de Tansèga

Tableau II : caractéristiques physiques du Bassin Versant de Tansèga

Paramètres Physiques du bassin versant de Tansèga			
paramètre	Symbole	Valeur	Unité
Surface	S	16,09	Km ²
Périmètre	P	18,97	Km
Dénivelée	D	32,00	m
Pluie annuelle	Pan	750,10	mm
Pluie décennale humide	P10	83,46	mm
Abattement	A	0,84	-
Compacité	Icomp	1,33	-
Longueur du rectangle	Lrect	7,27	Km
Longueur du réseau	L	174,50	Km
P10 du bassin	Pm10	70,42	mm
Indice global de pente	Ig	4,40	m/Km
Pente transversale	It	8,50	m/km
Pente corrigée	Igcorr	5,77	m/Km
Relief	R	Faible	-
Infiltrabilité	RI(P3)	11,57	mm/h

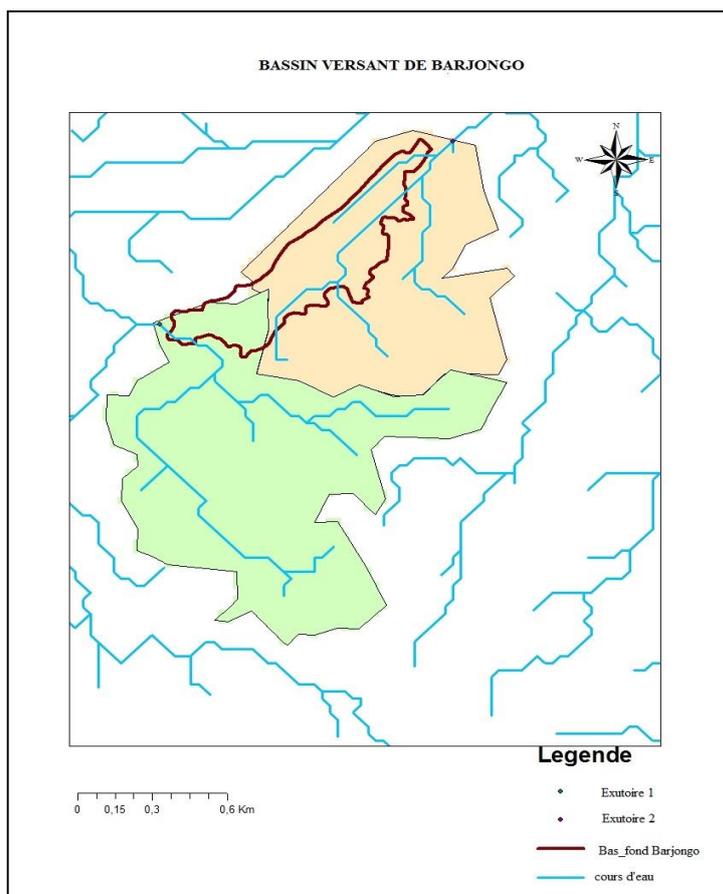


Figure 14 : Carte des Bassins versants de Barjongo

Tableau III: caractéristiques physiques du Bassin Versant de Barjongo

Paramètres Physiques du bassin versant de Barjongo			
paramètre	Symbole	Valeur	Unité
Surface	S	0,72	Km ²
Périmètre	P	3,66	Km
Dénivelée	D	7,20	m
Pluie annuelle	Pan	760,94	mm
Pluie décennale	P10	87,61	mm
Abattement	A	1,02	-
Compacité	Icomp	1,22	-
Longueur du rectangle	Lrect	1,26	Km
Longueur du réseau	L	174,50	Km
P10 du bassin	Pm10	89,22	mm
Indice global de Pente	Ig	5,71	m/Km
Pente transversale	It	9,50	m/km
Pente corrigée	Igcorr	6,98	m/Km
Relief	R	Faible	-
Infiltrabilité	RI(P3)	11,56	-

IV.1.2. Crue décennale

Les crues décennales obtenues selon ORSTOM et CIEH sont récapitulées dans le tableau IV :

Tableau IV: crues décennales

Bas-fonds	Crues décennales (m ³ /s)	
	Méthode ORSTOM	Méthode CIEH
Tansèga	29,79	34,404
Barjongo	3,12	6,661

La crue décennale retenue est celle obtenue avec la méthode CIEH dans les deux cas car elle est plus élevée.

IV.1.3. Apports

Les apports dans les deux bas-fonds sont regroupés dans les tableaux V et VI :

Tableau V: Apports annuels Tanséga

Durée de retour	Ke(%)	P (mm)	Ve(m ³)
Année moyenne	9	750.1	1086557.36
Année quinquennale sèche	6	604.59	583852.56
Année décennale sèche	5	528.53	425334.52
Année quinquennale humide	12	895.63	1729819.78
Année décennale humide	16	971.69	2502296.09

Tableau VI : Apports annuels Barjongo

Durée de retour	Ke(%)	P (mm)	Ve(m3)
Année moyenne	9	760.94	49308.91
Année quinquennale sèche	6	616.38	36982.8
Année décennale sèche	5	540.82	27041
Année quinquennale humide	12	905.50	78235.2
Année décennale humide	16	981.06	113018.11

IV.2. AMENAGEMENT CLASSIQUE

IV.2.1. Type adopté

Au vue des données hydrologiques des deux bassins versants, il a été retenu pour l'aménagement des bas-fonds, l'aménagement de type DCN de type T7, (selon la classification du PAFR qui a été un programme national ayant eu à son actif l'expérimentation de plusieurs types d'aménagement de bas fond).

Pour ce qui est du dimensionnement de la diguette T7, le manuel technique d'aménagements des bas-fonds rizicoles au Burkina Faso édition 2006 élaboré par le PAFR donne les dimensions suivantes :

Tableau VII: Dimensions de la diguette T7

Désignation	Dimensions
Largeur en crête avant protection	20 cm
Largeur en crête après protection	48 cm
Largeur à la base avant protection	125 cm
Largeur à la base après protection	243 cm
Hauteur hors Terrain Naturel avant protection	35 cm
Hauteur hors Terrain Naturel après protection	55 cm
Epaisseur de la couche de moellons (ép.)	20 cm
Talus amont	1V/1H
Talus aval	1V/2H

Source : MANUEL TECHNIQUE DES AMENAGEMENTS DE BAS-FONDS RIZICOLES AU BURKINA FASO, 2006

La coupe type d'une diguette T7 est donnée en annexe4.

➤ Les pertuis de vidange

La coupe type d'un pertuis figure en annexe 4.

IV.3. AMENAGEMENT SELON L'APPROCHE SMART-VALLEYS

IV.3.1. Dimensionnement des diguettes

Les dimensions retenues sont consignées dans le tableau VIII.

Ces diguettes sont constituées de terre et de moellons par endroit pour faciliter le drainage de l'eau. La coupe transversale d'une diguette de ceinture en aménagement Smart-Valleys est en annexe 4.

Tableau VIII: Dimensions des diguettes selon l'approche Smart-Valleys

Désignation	Dimensions Diguettes ceintures	Dimensions diguettes secondaires
Largeur en crête	50 cm	40 cm
Largeur à la base	100cm	80 cm
Hauteur	50cm-80cm	40-60cm

IV.3.2. Plan d'aménagement

Les plans d'aménagement de chaque bas-fond avec l'approche Smart-Valleys sont présentés sur les planches 5 et 6 :

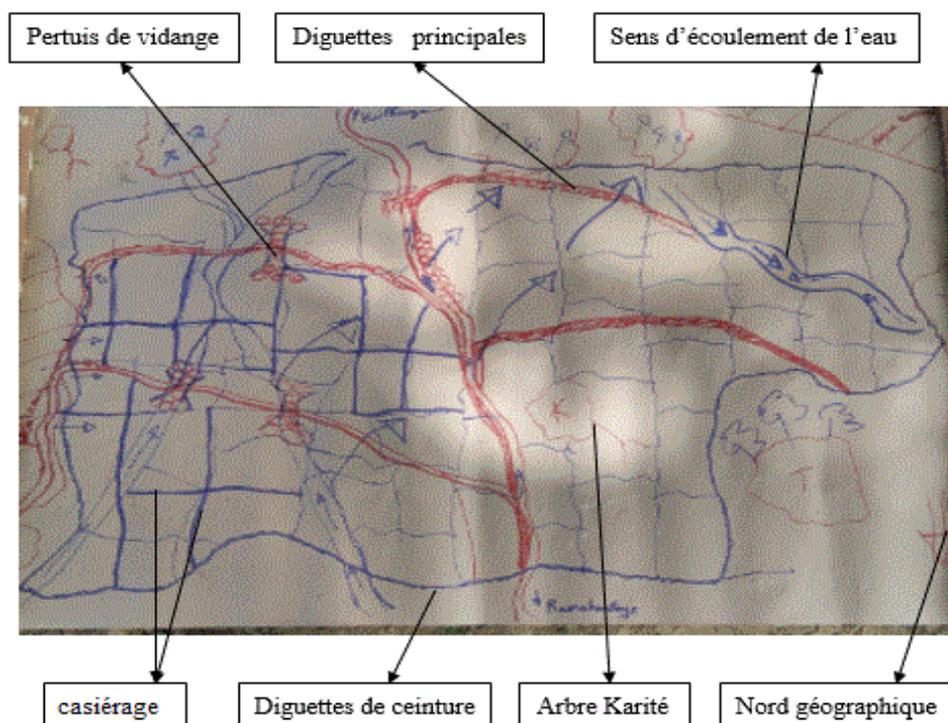


Planche 5 :Plan d'aménagement Tansèga Smart-Valleys

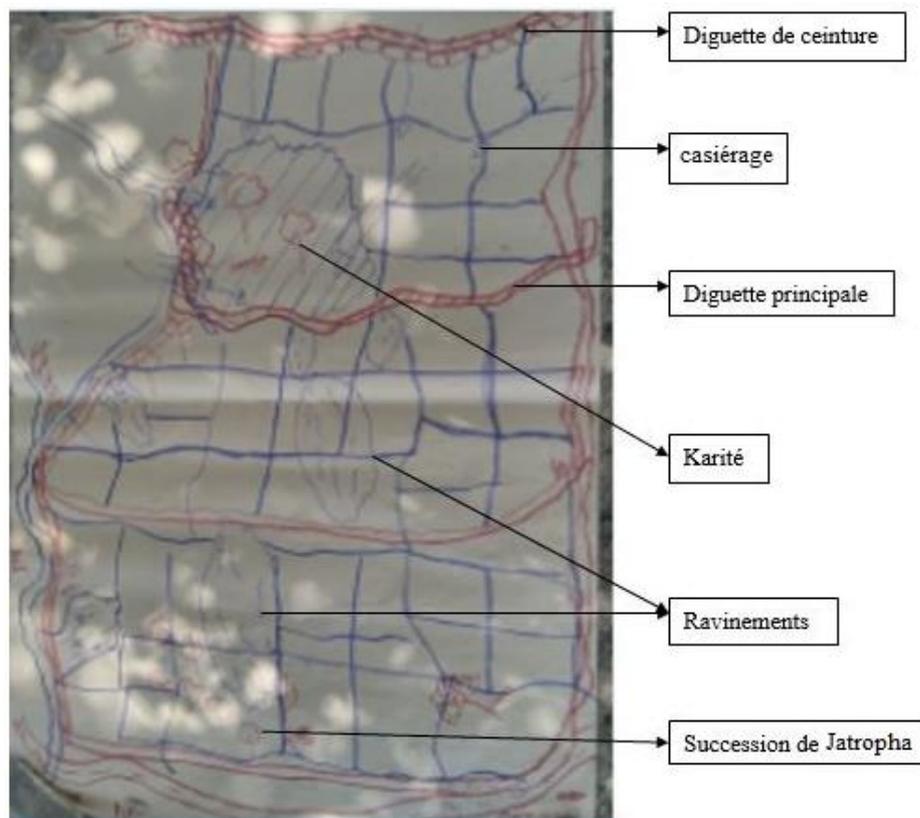


Planche 6 :Plan d'aménagement de Barjongo Smart-Valleys

IV.3.3. Estimation des coûts des travaux

Le devis estimatif des coûts des aménagements Smart-Valleys de nos deux bas-fonds est récapitulé dans les tableaux IX et X :

Tableau IX: Devis estimatif Smart-Valleys Tansèga

DESIGNATIONS		QUANTITE	UNITE	PRIX UNITAIRE	TOTAL(Fcfa)
agrégats	moellons	50	charretée	3000	150000
petits matériel	grande dabas	8		3000	24000
	petites dabas	1		1000	1000
	pioches	10		3000	30000
	pelles	10		2500	25000
	brouettes	2		20000	40000
	bottes et imperméables	2		12500	25000
travaux communautaires	repas	14	jour	15000	210000
labour	tracteur	5	ha	25000	125000
fonctionnement divers		ff			500000
				total (FCFA)	1130000

Tableau X: Devis estimatif Smart-Valleys Barjongo

DESIGNATIONS		QUANTITE	UNITE	PRIX UNITAIRE	TOTAL(Fcfa)
agrégats	moëllons	10	camions	20000	200000
petits matériel	grande dabas	8		3000	24000
	petites dabas	1		1000	1000
	pioches	10		3000	30000
	pelles	10		2500	25000
	brouettes	2		20000	40000
	bottes et imperméables	2		12500	25000
travaux communautaires	repas	14	jour	15000	210000
labour	tracteur	5	ha	25000	125000
Fonctionnement divers		ff	ff	500000	500000
				total (FCFA)	1180000

IV.3.4. Forces et faiblesses des aménagements

Les forces et faiblesses de l'aménagement smart-valleys réalisé sur les deux sites par rapport à l'aménagement classique sont récapitulées dans le tableau ci-dessous :

Tableau XI: Forces et faiblesses des aménagements

	Ouvrages smart-valleys réalisés sur les deux sites	Approche classique (DCN type T7)
Conception, réalisation et Résistance	<p>Forces :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Connaissance endogène, main d’œuvre locale, matériaux locaux ; - Réalisable par les producteurs eux même et peut être dupliquer par d’autres producteurs. L’entretien et la réfection des diguettes est facilement maîtrisée par les paysans ; - Ajustement facile en fonction des problèmes rencontrés. <p>Faiblesses :</p> <ul style="list-style-type: none"> - En terme de résistance, l’aménagement Smart-valleys n’est pas adapté à tous les types de bas-fonds soudano-sahéliens (certaines diguettes de Barjongo n’ont pas pu résister aux premières pluies) - La précision n’est pas de rigueur en ce qui concerne la conception 	<p>Forces</p> <ul style="list-style-type: none"> - La précision lors de la conception et de la réalisation est de rigueur ; - L’aménagement des DCN est adapté à tout type de bas-fonds soudano-sahéliens. - Bonne résistance mais dépend du géotextile utilisé. <p>Faiblesses :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Cartographie, outils SIG, formules, logiciel, topographe, station pluviométrique, matériaux locaux et venu d’ailleurs ; - Pas concevable, ni réalisable par les producteurs seuls ;

<p>Rentabilité économique</p>	<p>Forces :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Le coût de la construction est très faible et est ainsi à la portée des petits producteurs ; - Les réalisations Smart-valleys ne nécessitent pas forcément un financement autre que celui des producteurs. <p>Faiblesses :</p> <ul style="list-style-type: none"> - L'exploitation du bas fond ne peut se faire qu'en saison pluvieuse, et une production de contre saison n'est pas possible par ce système ; - La production ne peut se faire que sur quelques hectares de bas-fonds à exploiter. 	<p>Faiblesses :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Le coût de la réalisation est un peu élevé et pas à la portée des petits producteurs ; - Les réalisations nécessitent un financement autre que celui des petits producteurs - L'exploitation du bas fond ne peut se faire qu'en saison pluvieuse, et une production de contre saison n'est pas possible par ce système ;
-------------------------------	--	---

Outre l'augmentation des rendements de riz, les principaux avantages mentionnés par les producteurs sont une moindre vulnérabilité aux risques de sécheresse grâce à la rétention accrue de l'eau dans leurs champs et la réduction des risques de perte des engrais due à l'inondation. Les dégâts observés à Barjongo pourraient être dus à la forte érosion des sols observés dès le départ, aussi, le bas-fond de Barjongo contrairement à celui de Tansèga est alimenté par deux bassins versants, ce qui montre déjà que nos bas-fonds ne fonctionnent pas de la même façon. Alors bien que les résultats n'y étaient pas assez satisfaisants, l'on remarque une cette amélioration des sols grâce à la limitation de l'érosion et la reconstitution de ceux-ci. Grace aux résultats obtenus avec les différentes variétés de riz, on pourrait déjà suspendre les variétés dont le cycle de croissance est supérieur à 100 jours à savoir FKR62N car elles ne répondent pas à la zone soudano-sahélienne en terme culture pluvial.

IV.4. ANALYSE COMPAREE DES PERFORMANCES HYDRIQUES ET AGRONOMIQUES DES PARCELLES SMART-VALLEY ET DES PARCELLES NON AMENAGEES

IV.4.1. Suivi des réalisations smart-valleys vis-à-vis des pluies enregistrées sur les sites

A Barjongo, après chaque pluie de hauteur supérieur à 50 mm, des dégâts majeurs sur les l'aménagement réalisé ont été observés (Annexe3). Quant à Tansèga, les impacts étaient moindres, ici, la hauteur de pluie maximale est de 29,4 mm le 30 juillet 2018. La figure 11 montre les courbes décrivant l'évolution de la pluie et de la température au cours de cette année 2018 :

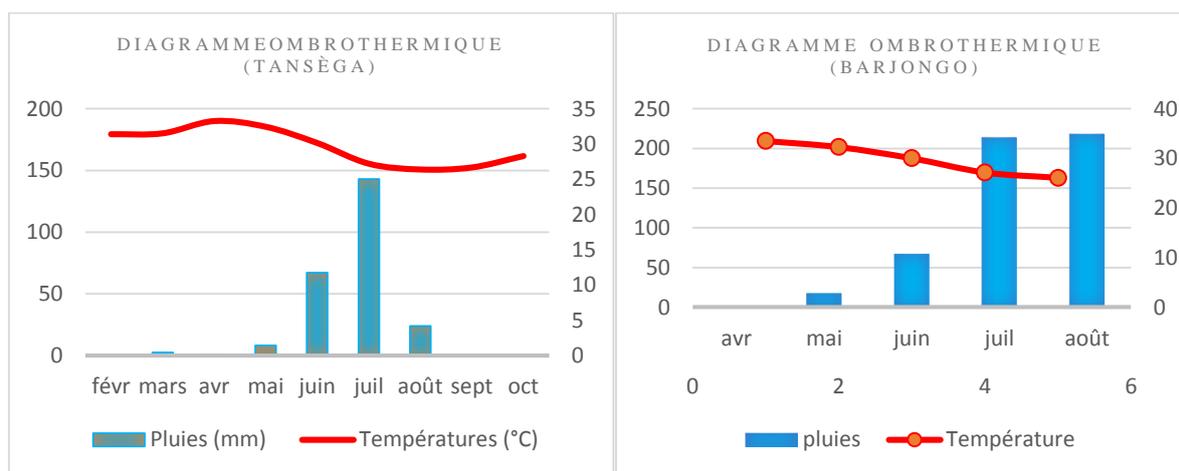


Figure 15 : Variation de la pluie et la température au cours de l'année 2018

Les photos en annexe 3 illustrent les dégâts survenus sur l'aménagement de Barjongo. L'aménagement n'a pas tenu à Barjongo à cause de l'érosion des sols qui y était très avancée. Ainsi donc, les mesures des humidités ont été faites uniquement à Tansèga. La figure 9 montre

à travers les différentes courbes l'évolution de l'humidité selon qu'on soit dans l'aménagement Smart-Valleys ou non.

IV.4.2. Analyse comparée des performances hydriques des parcelles Smart-valley et des parcelles non aménagées

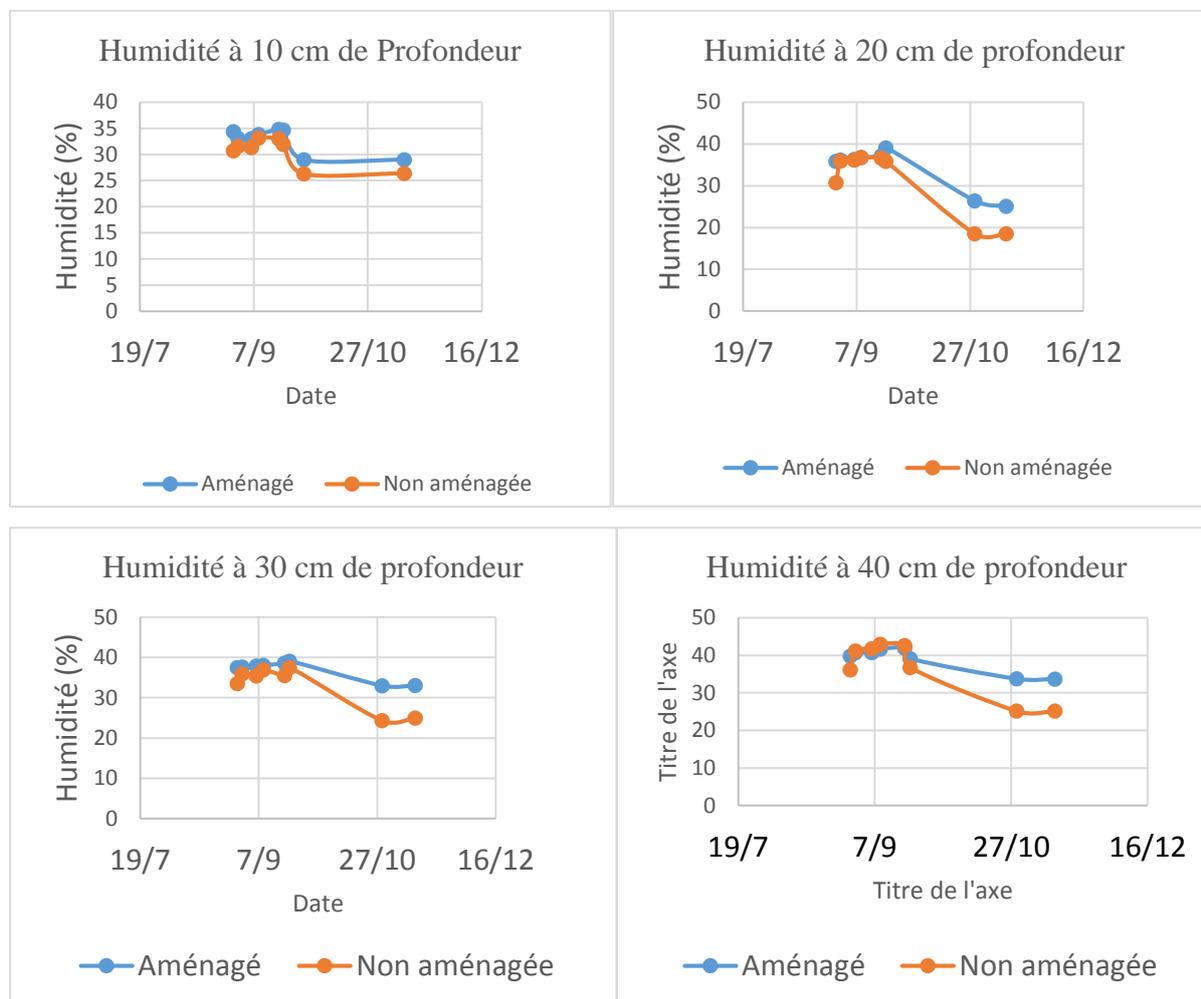


Figure 16 : Courbes d'humidité à différentes profondeurs

Parmi les quatre (04) variétés utilisées, à Tansèga, seuls trois (03) ont produit du riz (ORYLUX6, FKR61N et FKR62N) et deux (02) ont été rentables à savoir ORYLUX6 et FKR61N car ces dernières ont atteint les quantités espérées avec les aménagements Smart-Valleys. En ce qui concerne Barjongo, les deux (02) variétés FKR61N et ORYLUX6 bien qu'ayant produit, n'ont pas été rentables.

IV.4.3. Différence entre les humidités de la parcelle Smart et de la parcelle Non aménagé

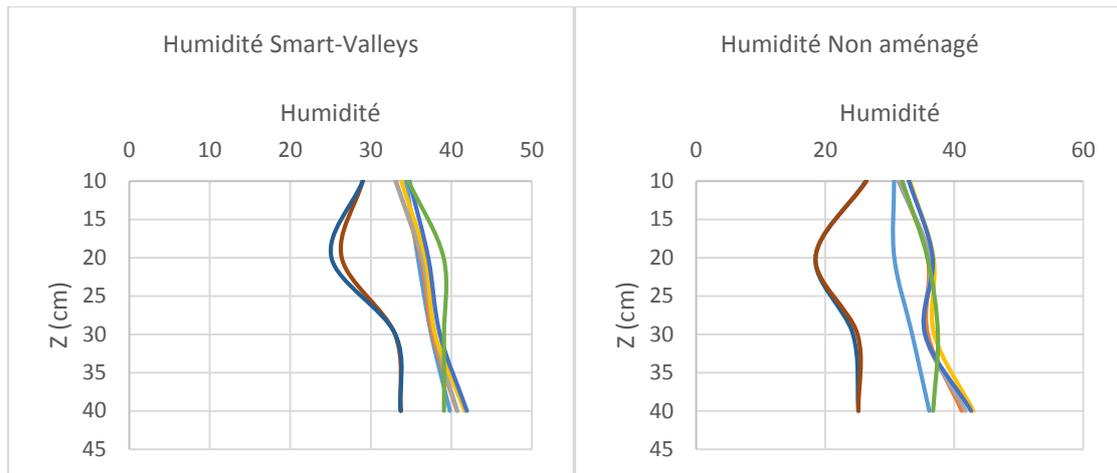


Figure 17 : Profil hydrique

Au vu de ces graphes, nous remarquons que pour les courbes d’humidité obtenues avec l’aménagement Smart-Valleys sont un peu plus resserrées que celles obtenues sans aménagement, ceci pourrait laisser croire que l’aménagement Smart-Valleys favoriserait une meilleure infiltration mais beaucoup plus vers une même direction et retiendrait par conséquent plus d’eau dans le sol. De plus, le pic de l’amplitude de l’aménagement Smart-Valleys est compris entre 25% et 40% d’humidité par contre pour la parcelle non aménagée, il est entre 18% et 36% qui sont des valeurs inférieures aux précédentes.

Les figures 18, 19, 20 et 21 sont des box plots ou boîtes à moustaches pour évaluer la dispersion des humidités à différentes dans l’espace.

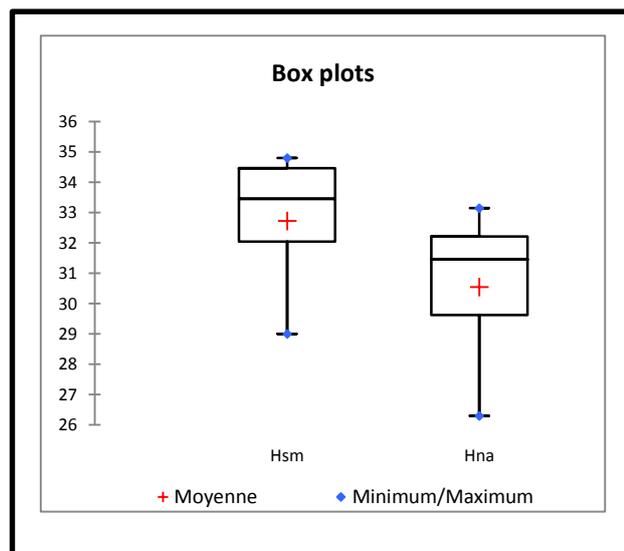


Figure 18 : Analyse des box plots des aménagements à z=10cm

A la profondeur de 10 cm, on constate que la différence entre l’aménagement Smart-Valleys et

la parcelle non aménagée est très significative, la moyenne des humidités de la parcelle non aménagée est largement en dessous de celle de la parcelle Smart-Valleys. Ceci pourrait traduire qu'à cette profondeur, le sol est beaucoup plus humide en aménagement Smart-valleys qu'en parcelle non aménagée.

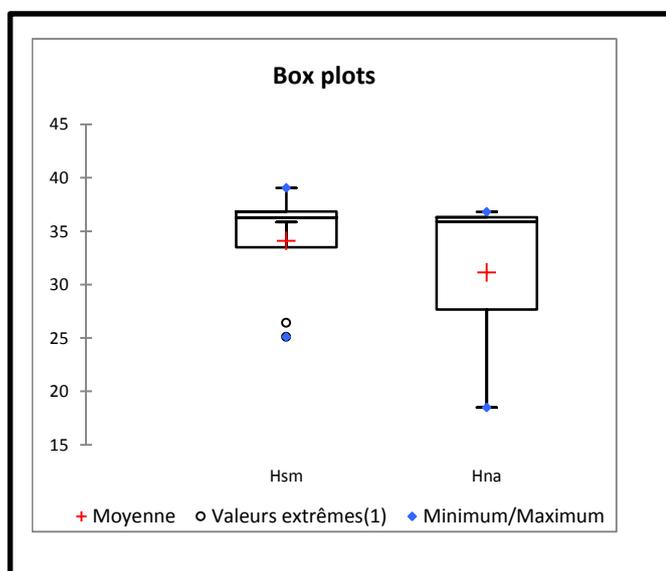


Figure 19 : Analyse des box plots des aménagements à z=20cm

A 20 cm de profondeur, l'écart est là mais beaucoup moins significatif. Les humidités de l'aménagement Smart-Valleys restent tout de même au de dessus de celles de la parcelle non aménagée.

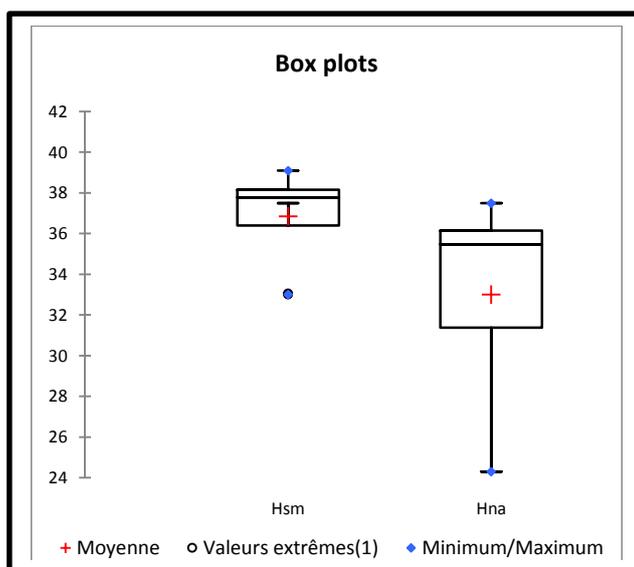


Figure 20 : Analyse des box plots des aménagements à z=30cm

A la profondeur z=30 cm, on observe sensiblement la même chose que pour z=10cm.

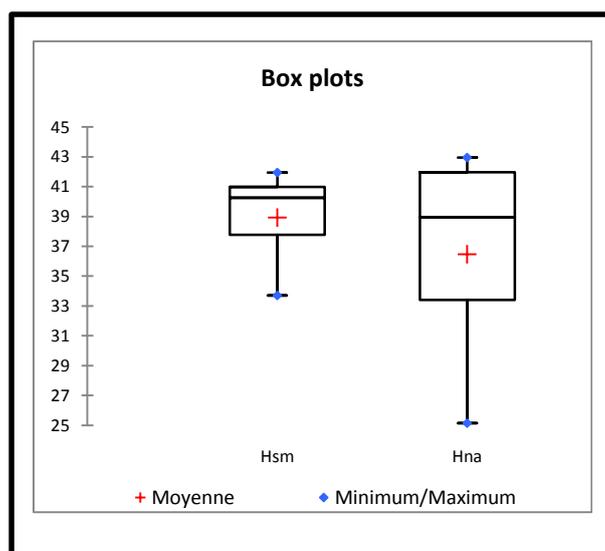


Figure 21 : Analyse des box plots des aménagements à z=40cm

A la profondeur z=40cm, la différence entre les deux cas n'est pas trop importante. Pour ce qui est de la parcelle non aménagée, ses valeurs pourraient être dû à une humidité résiduel présente dans le sol, il serait peut-être intéressant de mesurer des humidités à des profondeurs beaucoup plus importantes avant de conclure.

Nous pouvons néanmoins dire que dans l'ensemble, l'analyse box plots entre l'aménagement Smart-Valleys et la parcelle non aménagée montre que les humidités Smart-Valleys sont plus grandes que celles de la parcelle aménagée, ceci pourrait traduire que l'aménagement Smart-Valleys retient plus d'eau dans le sol. Après l'arrêt des pluies, l'humidité du sol avec l'aménagement Smart-Valleys est préservée pendant trois semaines en moyenne ce qui permet à la plante de continuer sa croissance et si possible atteindre la maturité.

IV.4.4. Analyse comparée des performances agronomiques des parcelles Smart-valley et des parcelles non aménagées

La figure 10 présente les rendements de riz obtenus à partir de chaque variété dans chaque site :

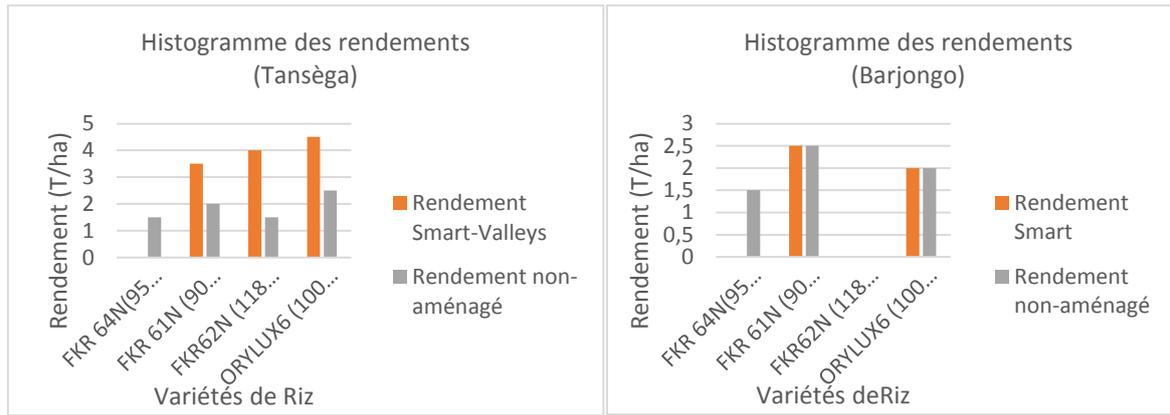


Figure 22 : Rendement de Riz

IV.4.5. Différence entre les récoltes obtenues

Le diagramme suivant montre les différentes récoltes obtenues à Tansèga avec l'aménagement Smart-Valleys :

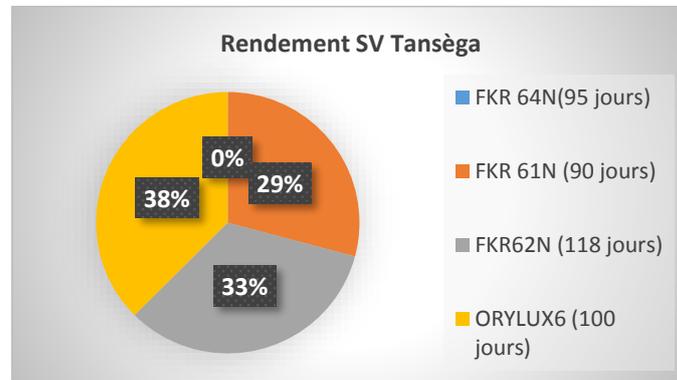


Figure 23 : Pourcentage de chaque Variété de riz avec l'aménagement Smart-Valleys (Tansèga)

A Tansèga, la variété ayant plus donnée est ORYLUX6, ceci pourrait être due à la position que cette variété occupait sur le bas-fond mais également au fait qu'il s'agit d'une variété assez moderne et en cours de certification contrairement aux autres variétés qui sont des variétés en phase test. La FKR64N a connu un échec dès le départ, ceci pourrait être due à sa position sur la parcelle Smart-Valleys et/ou au manque d'entretien de la parcelle par l'agriculteur en charge de cette dernière.

Le diagramme suivant montre les différentes quantités de riz obtenus avec l'aménagement Smart-Valleys :

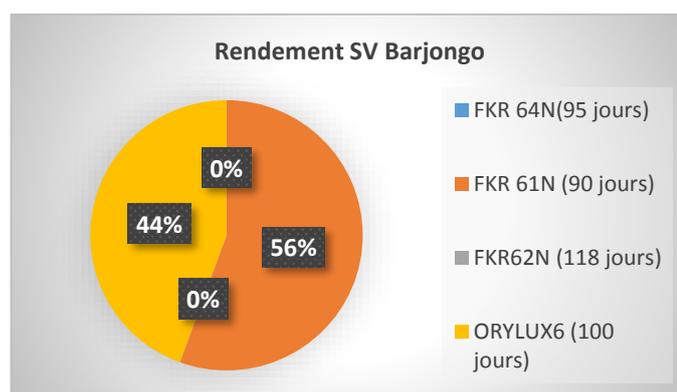


Figure 24 : Pourcentage de chaque Variété de riz avec l'aménagement Smart-Valleys (Barjongo)

Le bas-fond de Barjongo a connu jusqu'à deux échecs en terme de variétés ayant réussies. Sur les quatre (04) initiales, seules ORYLUX6 et FKR61N ont pu donner. Cela pourrait être due au fait qu'à Barjongo, la violence des crues étant plus importante et l'érosion des sols plus accentué, l'aménagement Smart-Valleys n'a pu tenir. C'est l'une des raisons pour lesquelles les résultats des parcelles aménagées Smart-Valleys et celles non aménagées sont similaires.

Il est important de remarque dans nos deux bas-fonds, la variété FKR64N est celle qui a rencontré le plus de problèmes malgré son cycle qui est de 95 jours. On serait tenté de dire que cette variété n'est pas adaptée en zone soudano-sahélienne, néanmoins des répliques avec cette variété sont nécessaires pour déceler le problème réel.

V. CONCLUSION

Le présent travail visait à tester l'aménagement Smart-Valleys en zone soudano-sahélienne dans les régions du Plateau-Central et du Centre-Est respectivement Tansèga et Barjongo. La caractérisation des sols a été faite à travers la détermination des conductivités hydrauliques à saturation par le double anneau de Muntz et la détermination de la texture du sol par l'essai granulométrique. Les résultats ont montré que les sols sont de nature argilo-limoneux avec des coefficients d'infiltration de **11,57** et **11,56** respectivement à Tansèga et à Barjongo. Grâce aux outils SIG et à l'analyse fréquentielle des pluies, nous remarquons que les deux bas-fonds ont des fonctionnements hydrologiques différents, tandis que le bas-fond de Tansèga est alimenté par un seul bassin versant de plusieurs km², celui de Barjongo est alimenté par deux bassins versants dont la surface de chacun est inférieure à 1 km². Les valeurs des crues décennales retenues sont celles obtenues avec la méthode de CIEH, **34,4 m³/s** à Tansèga et **6,66 m³/s** à Barjongo et les apports en décennal humide sont de **2 502 296,09 m³** à Tansèga et de **113 018,11 m³**. Sur la base des résultats précédents, nous avons fait le choix des diguettes de type T7 du PAFR s'il s'agissait d'un aménagement classique. Nos aménagements Smart-Valleys montrent que cette approche, en plus d'être facilement mis en œuvre, a un caractère participatif et le coût est moindre comparé aux aménagements classiques réalisés au Burkina Faso. Ainsi, les aménagements Smart-Valleys coûtent environ **240 000 FCFA** à l'hectare contre environ **3 000 000 FCFA** pour les aménagements classiques.

De plus, la productivité a donné des résultats assez conséquents, à Tansèga, trois (03) variétés ont atteint la maturité, en aménagement Smart-Valleys, on a : **FKR64N=0t/ha**, **FKR61N=3,5t/ha**, **FKR62N=4t/ha** et **ORYLUX6=4,5t/ha** et en parcelle non aménagée, on a **FKR64N=1,5t/ha**, **FKR61N=2t/ha**, **FKR62N=1,5t/ha** et **ORYLUX6=2,5t/ha**. Quant à Barjongo, on a eu en aménagement Smart-Valleys **FKR64N=0t/ha**, **FKR61N=2,5t/ha**, **FKR62N=0t/ha** et **ORYLUX6=2t/ha** et en parcelle non aménagée on a eu **FKR64N=1,5t/ha**, **FKR61N=2,5t/ha**, **FKR62N=0t/ha** et **ORYLUX6=2t/ha**. Dans le bas-fond de Tansèga, des quatre (04) variétés utilisées, uniquement deux ont été rentables, il s'agit d'ORYLUX6 et FKR61N (ils ont atteints les estimations espérées selon Smart-Valleys) dû à leur cycle de croissance assez court et leur facilité d'adaptation au climat comparé aux autres variétés. A Barjongo, les quantités obtenues sont similaires qu'on soit en parcelle aménagée ou non car l'aménagement a cédé très tôt et a ainsi laissé place au découragement des petits producteurs. Nous pouvons donc dire d'après cette campagne de 2018 que l'approche Smart-Valleys est adaptée aussi bien en zone tropical qu'en zone soudano-sahélienne. Elle est donc en bonne voie pour une vulgarisation sûre après ces deux prochaines années. Néanmoins, compte tenu de

l'échec observé à Barjongo, il est important d'approfondir ce travail et voir dans quelle mesure il est possible non seulement de l'associer aux approches classiques d'aménagements de bas-fonds au Burkina Faso mais aussi d'approfondir l'étude sur les types de bas-fonds en zone soudano-sahélienne qui remplissent totalement les conditions pour un type aménagement Smart-Valleys.

VI. LIMITES ET RECOMMANDATIONS

Les limites les plus palpables de l'approche Smart-valleys sont qu'elle ne s'applique pas dans les grands aménagements, et n'est pas adaptée à tous les types de bas-fonds soudano-sahéliens. En ce sens il serait difficile voire impossible de vulgariser l'approche Smart-Valleys au près des grands producteurs rizicoles et à tous les bas-fonds soudano-sahéliens.

A cet effet les recommandations vis-à-vis de l'approche Smart-Valleys seraient les suivantes :

- Faire une étude plus approfondi sur les caractéristiques des bas-fonds soudano-sahéliens qui rempliraient les critères pour une technologie Smart-Valleys ;
- Voir comment combiner en zone soudano-sahélienne l'approche Smart-Valleys aux approches classiques.
- Remplacer les diguettes au besoin par des gabions pour les rendre plus robustes et tenir face crues exceptionnelles.

En ce qui concerne l'INERA, il serait bon de dédommager les producteurs dont la culture de la parcelle n'a pu arriver en maturité en vue de compenser leur perte et garder une meilleure collaboration.

VII. BIBLIOGRAPHIE

- AfricaRice, & CGIAR. (2017). Smart-valleys : Manuel du formateur-facilitateur.
- Albergel, J. (1988). Fonctionnement hydrologique des bas-fonds : synthèse préliminaire.
- Albergel, J., Guiguen, N., PARIENTE, P., & Pépin, Y. (1991). Projet Pilote" Mali-Sud" Bas-fond de KAMBO Rapport de synthèse : HYDROLOGIE-HYDROGEOLOGIE.
- AROUNA, A., & KA, A. A. (s. d.). Impact de la tehnologie Smart-Valley pour l'aménagement des bas-fonds sur le revenu et le rendement des petits producteurs de riz au Bénin.
- Bélières, J.-F., Bosc, P.-M., & Faure (Guy). (2002). Quel avenir pour les agricultures familiales d'Afrique de l'Ouest dans un contexte libéralisé ?
- Boivin, P. (1990). Caractérisation de l'infiltrabilité d'un sol par la méthode Muntz: variabilité de la mesure. *Bulletin-Réseau Erosion*, (10), 14-24.
- Calvès, A.-E. (2004). Deteriorating economic context and changing patterns of youth employment in urban Burkina Faso : 1980-2000. *World development*, 32(8), 1341-1354.
- Courtois, B. (2007). Une brève histoire de l'amélioration génétique du riz. *Cirad, Montpellier Cedex*, 5.
- F.A.O. (s. d.). Apports. Manuel pour l'estimation des crues décennales et des apports pour les petits bassins versants non-jaugés de l'Afrique sahélienne et tropicale. *Bulletin FAO d'irrigation et de drainage*, (54).
- Danvi, C. C. (1995). Cours de l'aménagement des bas-fonds rizicoles. *ETSHER, Ouagadougou*, 65p.
- Delville, L. P. H., Boucher, L., & Vidal, L. (1996). Les bas-fonds en Afrique tropicale humide : stratégies paysannes, contraintes agronomiques et aménagements. *Fertilité du milieu et stratégies paysannes sous les tropiques humides, actes du séminaire international, CIRAD*, 148-161.
- Le Guen, M. (2001). La boîte à moustache de TUKEY, un outil pour initier à la statistique. *Statistiquement votre-SFDS*, (4), 1-3.
- Marcesse, J., & Couchât, P. (1974). Etude hydrodynamique des sols à l'aide d'un humidimètre à neutrons automatique. *Isotope Techniques in Groundwater Hydrology*, 277-280.
- Montoroi, J.-P. (1998). La riziculture inondée en Basse-Casamance (Sénégal).
- Pallo, F. J. P., Sawadogo, N., Sawadogo, L., Sedogo, M. P., & Assa, A. (2008). Statut de la matière organique des sols dans la zone sud-soudanienne au Burkina Faso. *Biotechnologie, Agronomie, Sociétés et Environnement*, 12(3), 291-301.
- UPHOFF, N. (s. d.). Comment faire pour avoir des plants de riz qui croissent mieux et qui produisent plus : Informez-vous et informez les autres. *L'Agronomie Tropicale* (1975).

Raunet, M. (1985). *L'Agronomie Tropicale* (1975), 40(3), 181-201.

RS, O. (s. d.). MISE EN VALEUR AGRICOLE DES BAS FONDS AU SAHEL.

Sié, M., Zongo, J. D., & Dakouo, D. (1998). Prospection des cultivars traditionnels de riz au Burkina Faso. *Revue CAMES, Sciences et Medecine* 00, 21-27.

SP/CPSA, PAFR, INERA, & UNC-CBF. (2006). Manuel Technique d'Aménagements de Bas-fonds Rizicoles au Burkina Faso. *L'Agronomie Tropicale* (1975), 50.

Yaméogo, C. R., & Economiste, D. (2005). Etude sur les créneaux porteurs au Burkina Faso. *Ouagadougou, Burkina Faso : Ministère de.*

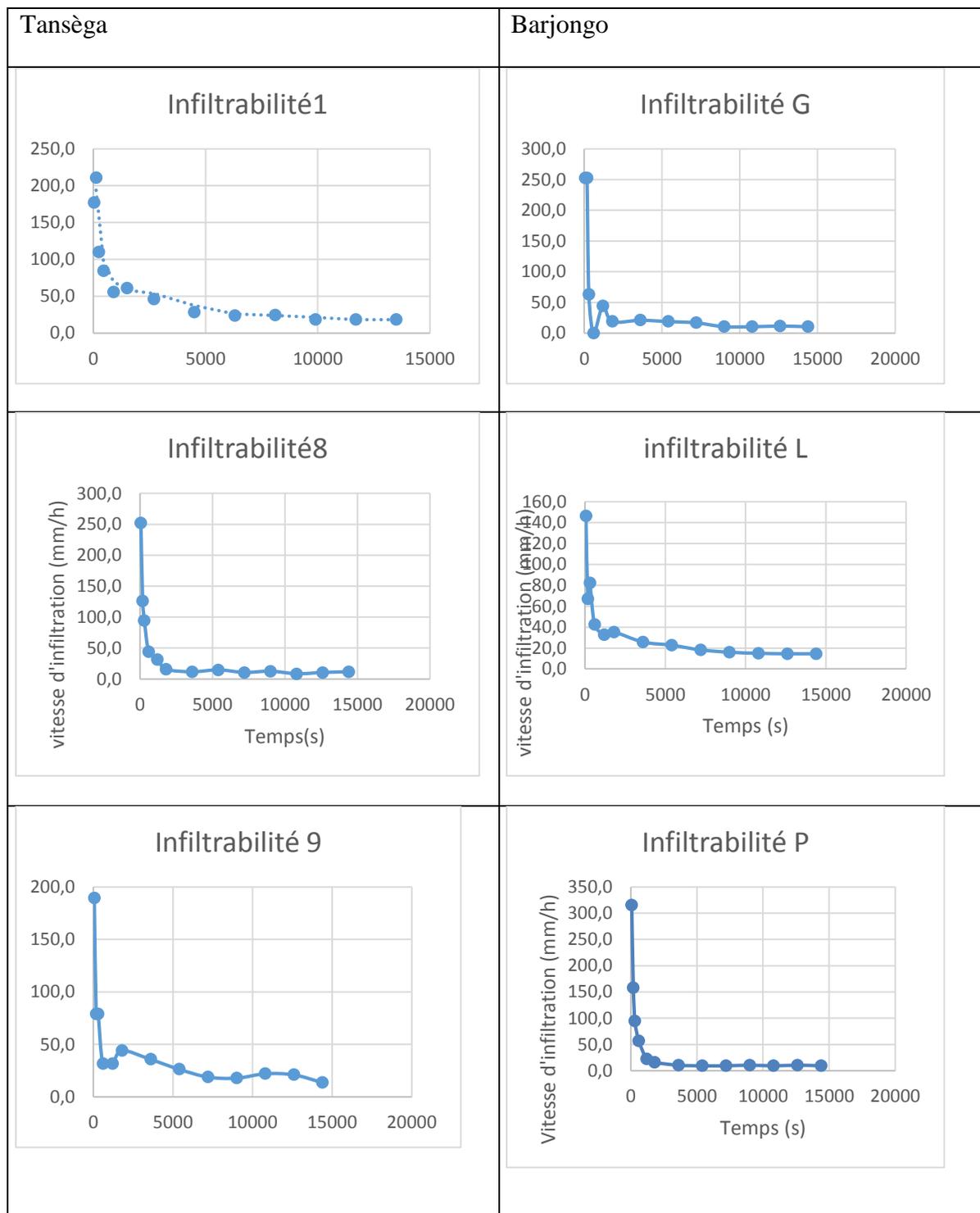
Yaméogo, P. L., Segde, Z., Dakouo, D., & Sedogo, M. P. (2013). Placement profond de l'urée (PPU) et amélioration de l'efficacité de l'utilisation de l'azote en riziculture irriguée dans le périmètre rizicole de Karfiguela au Burkina Faso. *Journal of Applied Biosciences*, 70(1), 5523-5530.

Zerbo, L., & Thimbiano, L. (1996). Caractérisation des sols de la station de recherches agricoles de Katchari par télédétection et données terrain. *Surveillance des sols dans l'environnement par télédétection et système d'information géographique*, 341-350.

VIII. ANNEXES

ANNEXE I : CARACTERISTIQUES HYDROLOGIQUES DES BASSINS VERSANTS

➤ Quelques courbes d'infiltrations à Tansèga et Barjongo



- Analyse fréquentielle complète des pluies annuelles
- **Détermination des paramètres de description de l'échantillon**

Les paramètres de description de l'échantillon sont la moyenne ($X = \frac{1}{n} \sum xi$), l'écart-type ($\sigma = \sqrt{(\frac{1}{n} \sum (xi - x)^2)}$), le coefficient de variation CV ($CV = \frac{\sigma}{x}$) et les pluies annuelles minimale et maximales. Ils seront récapitulés dans le tableau ci-dessous :

Stations	Moyenne	Ecart-type	Coefficient de variation(CV)	Pmin	Pmax
Zorgho	750,1	178,36	23,77	505,5	1200,6
Koupéla	760,94	173,27	22,77	372	1131

- **Histogramme des fréquences empiriques**

Les fréquences empiriques sont obtenues par la formule suivante :

$$\text{fréquence empirique} = \frac{\text{effectif par classe}}{\text{échantillon } n}$$

Pour obtenir l'amplitude des classes, nous avons appliqué la formule

Suivante :

$$\text{Amplitude} = [\text{Pan (max)} - \text{Pan (min)}] * 10\%$$

$$\begin{aligned} \text{Amplitude} &= 69,51 \text{ soit } 70 \text{ pour Zorgho} \\ &= 75,9 \text{ soit } 76 \text{ pour Koupéla} \end{aligned}$$

Le tableau ci-dessous nous donne les fréquences empiriques par classe :

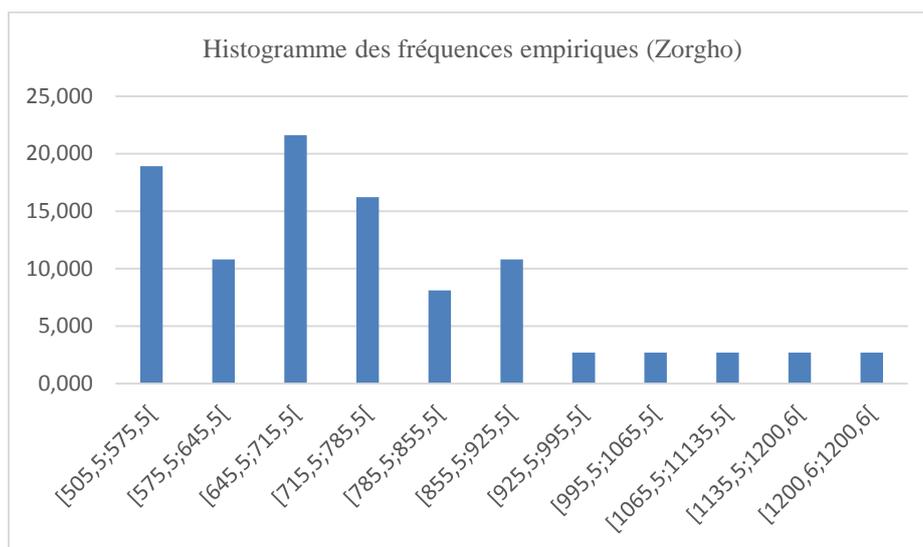
classe	effectif	fréquence (%)
[505,5;575,5[	7	18,919
[575,5;645,5[	4	10,811
[645,5;715,5[	8	21,622
[715,5;785,5[	6	16,216
[785,5;855,5[	3	8,108
[855,5;925,5[	4	10,811
[925,5;995,5[	1	2,703
[995,5;1065,5[	1	2,703
[1065,5;11135,5[	1	2,703
[11135,5;1200,6[	1	2,703
[1200,6;1200,6[	1	2,703

Zorgho

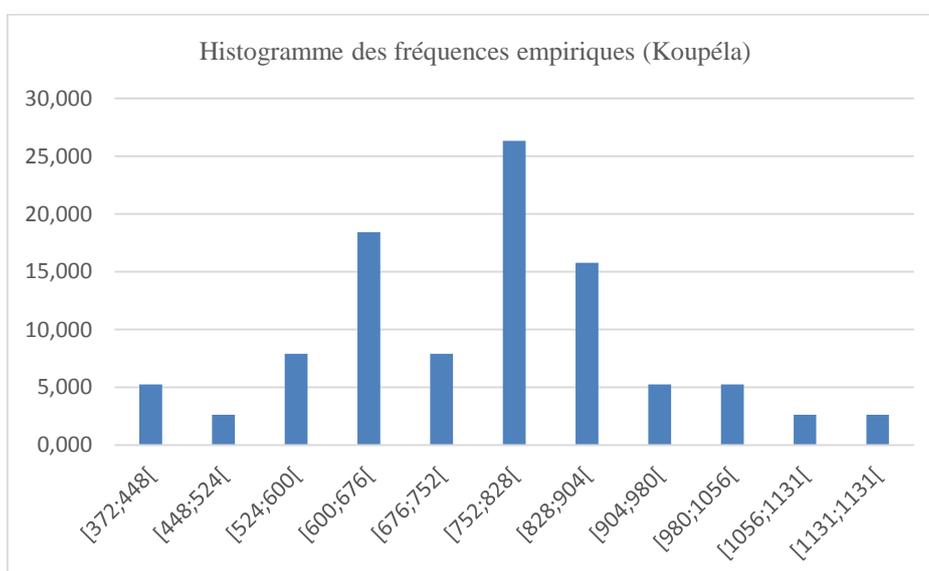
classe	effectif	fréquence (%)
[372;448[	2	5,263
[448;524[	1	2,632
[524;600[	3	7,895
[600;676[	7	18,421
[676;752[	3	7,895
[752;828[	10	26,316
[828;904[	6	15,789
[904;980[	2	5,263
[980;1056[	2	5,263
[1056;1131[	1	2,632
[1131;1131[	1	2,632

Koupéla

L'histogramme des fréquences sont présentés ci-dessous :



Zorgho



Koupéla

Le mode est déterminé en prenant la valeur moyenne de l'intervalle qui a la fréquence la plus élevée (en millimètre) et est donnée par :

X mode= 680,5mm pour Zorgho ;

X mode = 790mm pour Koupéla.

- **Courbe des fréquences cumulées expérimentales**

Les fréquences cumulées F(x) sont données par la loi de Hazen dont La formule est :

$$F(x_i) = \frac{i-0,5}{n}$$

Les tableaux suivants nous donnent les fréquences cumulées :

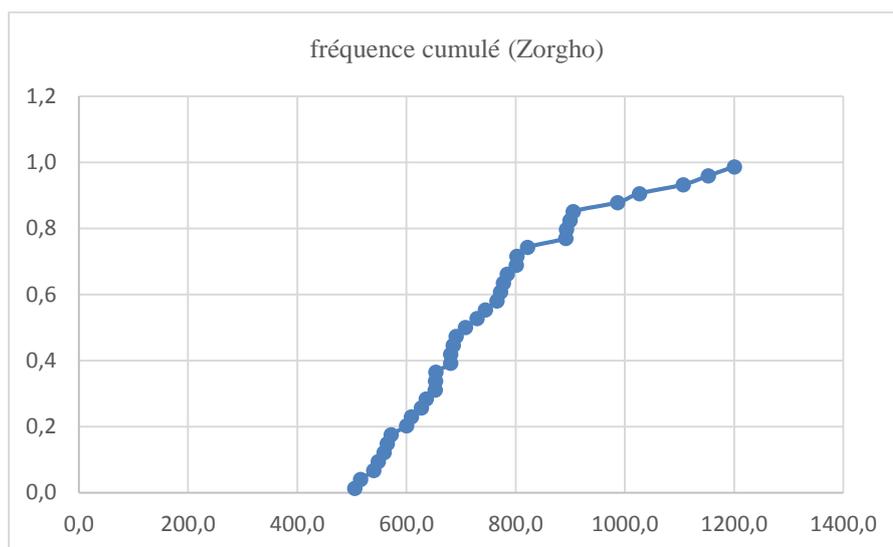
année	Pan(mm)	Pan classée	rang	fréqexp de Hazen	U Gauss	pluie cal	Pmin	Pmax
1980	685,9	505,5	1	0,014	-2,211	355,742	266,230	445,255
1981	627,7	516,0	2	0,041	-1,744	438,978	362,392	515,565
1982	636,3	540,4	3	0,068	-1,494	483,620	413,458	553,782
1983	652,6	548,5	4	0,095	-1,313	515,934	450,122	581,745
1984	559,1	559,1	5	0,122	-1,167	541,985	479,456	604,514
1985	516,0	565,2	6	0,149	-1,042	564,221	504,308	624,134
1986	708,2	572,4	7	0,176	-0,932	583,890	526,128	641,651
1987	572,4	600,2	8	0,203	-0,832	601,719	545,761	657,677
1988	772,7	609,5	9	0,230	-0,740	618,176	563,746	672,606
1989	681,4	627,7	10	0,257	-0,653	633,579	580,450	686,708
1990	548,5	636,3	11	0,284	-0,572	648,158	596,137	700,179
1991	744,7	652,6	12	0,311	-0,494	662,085	611,002	713,168
1992	801,4	653,2	13	0,338	-0,418	675,494	625,198	725,790
1993	729,4	653,8	14	0,365	-0,345	688,494	638,845	738,142
1994	1200,6	681,1	15	0,392	-0,274	701,174	652,044	750,303
1995	766,0	681,4	16	0,419	-0,205	713,611	664,879	762,344
1996	653,8	685,9	17	0,446	-0,136	725,873	677,421	774,325
1997	609,5	691,1	18	0,473	-0,068	738,021	689,736	786,307
1998	681,1	708,2	19	0,500	0,000	750,114	701,884	798,344
1999	802,4	729,4	20	0,527	0,068	762,206	713,921	810,492
2000	565,2	744,7	21	0,554	0,136	774,354	725,902	822,807
2001	540,4	766,0	22	0,581	0,205	786,616	737,884	835,349
2002	600,2	772,7	23	0,608	0,274	799,053	749,924	848,183
2003	905,7	777,6	24	0,635	0,345	811,734	762,085	861,382
2004	784,9	784,9	25	0,662	0,418	824,733	774,437	875,030
2005	893,2	801,4	26	0,689	0,494	838,143	787,060	889,226
2006	505,5	802,4	27	0,716	0,572	852,070	800,048	904,091
2007	691,1	822,1	28	0,743	0,653	866,648	813,520	919,777
2008	777,6	891,8	29	0,770	0,740	882,051	827,622	936,481
2009	1026,7	893,2	30	0,797	0,832	898,508	842,551	954,466
2010	891,8	899,6	31	0,824	0,932	916,338	858,577	974,099
2011	653,2	905,7	32	0,851	1,042	936,006	876,093	995,919
2012	1153,4	986,8	33	0,878	1,167	958,242	895,713	1020,772
2013	822,1	1026,7	34	0,905	1,313	984,294	918,482	1050,106
2014	899,6	1107,3	35	0,932	1,494	1016,607	946,446	1086,769
2015	986,8	1153,4	36	0,959	1,744	1061,249	984,663	1137,835
2016	1107,3	1200,6	37	0,986	2,211	1144,485	1054,972	1233,997

Zorgho

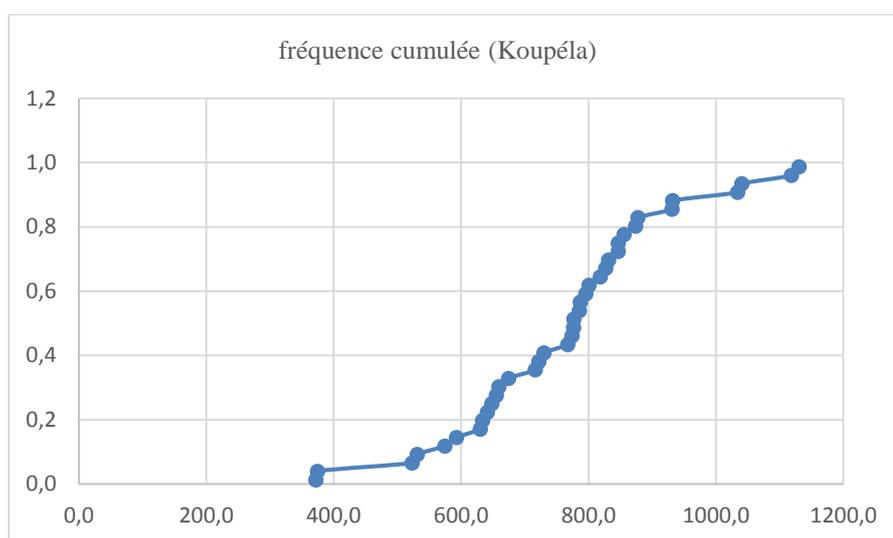
année	Pan(mm)	Pan classée	rang	fréqexpHaz	U Gauss	pluie cal	Pmin	Pmax
1980	641,3	372,0	1	0,013	-2,222	376,024	289,932	462,117
1981	674,6	374,5	2	0,039	-1,757	456,541	382,810	530,271
1982	574,5	523,1	3	0,066	-1,508	499,671	432,087	567,255
1983	634	531,3	4	0,092	-1,328	530,859	467,440	594,279
1984	523,1	574,5	5	0,118	-1,183	555,981	495,706	616,255
1985	531,3	592,9	6	0,145	-1,059	577,403	519,639	635,168
1986	776,7	630,5	7	0,171	-0,950	596,335	540,639	652,032
1987	730,1	634,0	8	0,197	-0,851	613,481	559,522	667,440
1988	777,1	641,3	9	0,224	-0,760	629,292	576,808	681,775
1989	877,8	648,6	10	0,250	-0,674	644,075	592,852	695,297
1990	659,6	655,7	11	0,276	-0,594	658,052	607,908	708,195
1991	800,8	659,6	12	0,303	-0,517	671,389	622,165	720,613
1992	774,3	674,6	13	0,329	-0,443	684,215	635,769	732,662
1993	874,1	716,5	14	0,355	-0,371	696,634	648,835	744,433
1994	1118,8	722,0	15	0,382	-0,301	708,730	661,459	756,001
1995	655,7	730,1	16	0,408	-0,233	720,577	673,721	767,433
1996	722	767,7	17	0,434	-0,166	732,238	685,689	778,787
1997	372	774,3	18	0,461	-0,099	743,770	697,423	790,116
1998	827,5	776,7	19	0,487	-0,033	755,226	708,981	801,472
1999	846,7	777,1	20	0,513	0,033	766,658	720,412	812,904
2000	648,6	786,0	21	0,539	0,099	778,114	731,768	824,461
2001	630,5	787,5	22	0,566	0,166	789,646	743,097	836,196
2002	767,7	796,0	23	0,592	0,233	801,307	754,451	848,163
2003	818,5	800,8	24	0,618	0,301	813,154	765,883	860,425
2004	786	818,5	25	0,645	0,371	825,250	777,452	873,049
2005	855,8	827,5	26	0,671	0,443	837,669	789,222	886,115
2006	716,5	832,0	27	0,697	0,517	850,495	801,271	899,719
2007	1131	846,7	28	0,724	0,594	863,832	813,689	913,976
2008	1034,3	847,0	29	0,750	0,674	877,809	826,587	929,032
2009	847	855,8	30	0,776	0,760	892,593	840,109	945,076
2010	931,5	874,1	31	0,803	0,851	908,403	854,444	962,362
2011	592,9	877,8	32	0,829	0,950	925,549	869,853	981,245
2012	832	931,5	33	0,855	1,059	944,481	886,716	1002,245
2013	787,5	932,5	34	0,882	1,183	965,904	905,629	1026,178
2014	932,5	1034,3	35	0,908	1,328	991,025	927,605	1054,444
2015	796	1041,0	36	0,934	1,508	1022,213	954,629	1089,798
2016	1041	1118,8	37	0,961	1,757	1065,344	991,613	1139,074
2017	374,5	1131,0	38	0,987	2,22151959	1145,860	1059,767	1231,953

Koupéla

Les courbes des fréquences cumulées sont données à la page suivante :



Zorgho



Koupela

Par définition la médiane est la valeur non dépassée par 50% des cas ($F=0,5$). On lit donc sur les courbes les médianes d'environ 710 mm pour Zorgho et 780 mm pour Koupéla.

Proposition de la loi d'ajustement

Plusieurs lois permettent l'ajustement d'un échantillon. On choisit d'utiliser la loi de Gauss parce que les valeurs de la moyenne, le mode ainsi que la médiane de l'échantillon sont voisines. Donc elles suivent la loi Gaussienne.

- Ajustement graphique

Expressions et calculs

Pour l'intervalle de confiance (IC) on utilise la formule suivante :

$$xp = xp \pm \frac{U_{1-\alpha}}{2} * \frac{\sigma}{\sqrt{2N}} * \sqrt{Up^2 + 2}$$

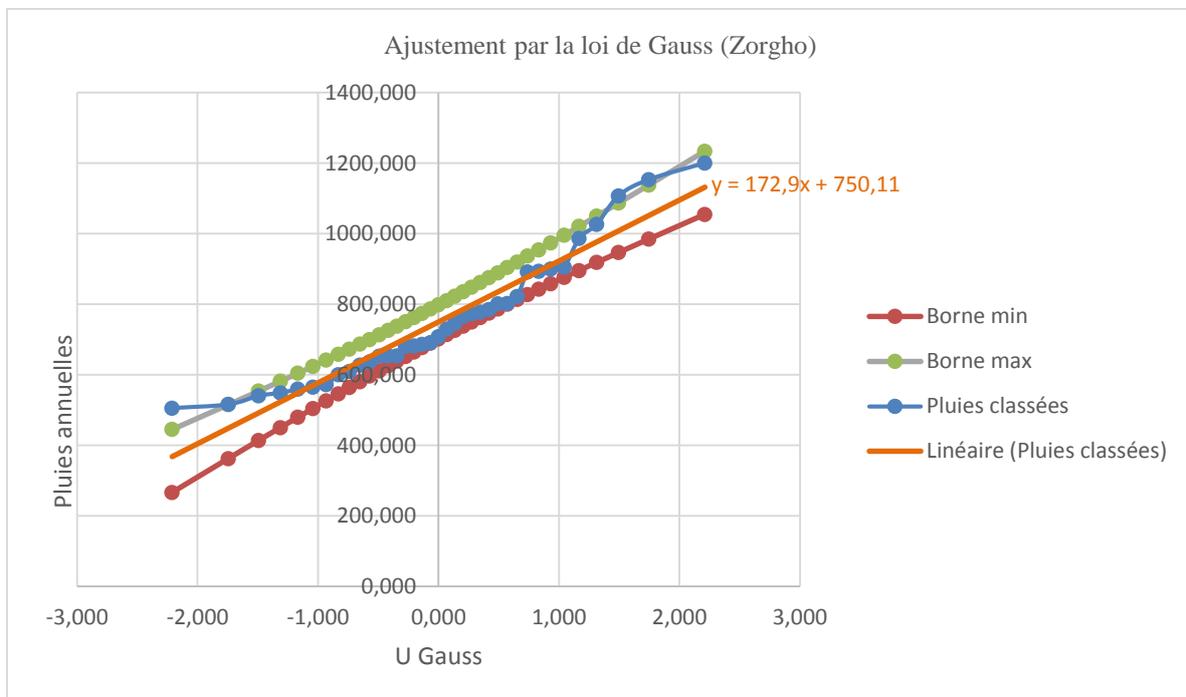
$$\alpha=90\% \text{ donc } \frac{U_{1-\alpha}}{2} = -1,64$$

T(ans)		f	uGauss	pluies(mm)
5	humide	0,8	0,842	895,63
	sèche	0,2	-0,842	604,59
10	humide	0,9	1,282	971,69
	sèche	0,1	-1,282	528,53
100	humide	0,99	2,326	1152,34
	sèche	0,01	-2,326	347,88

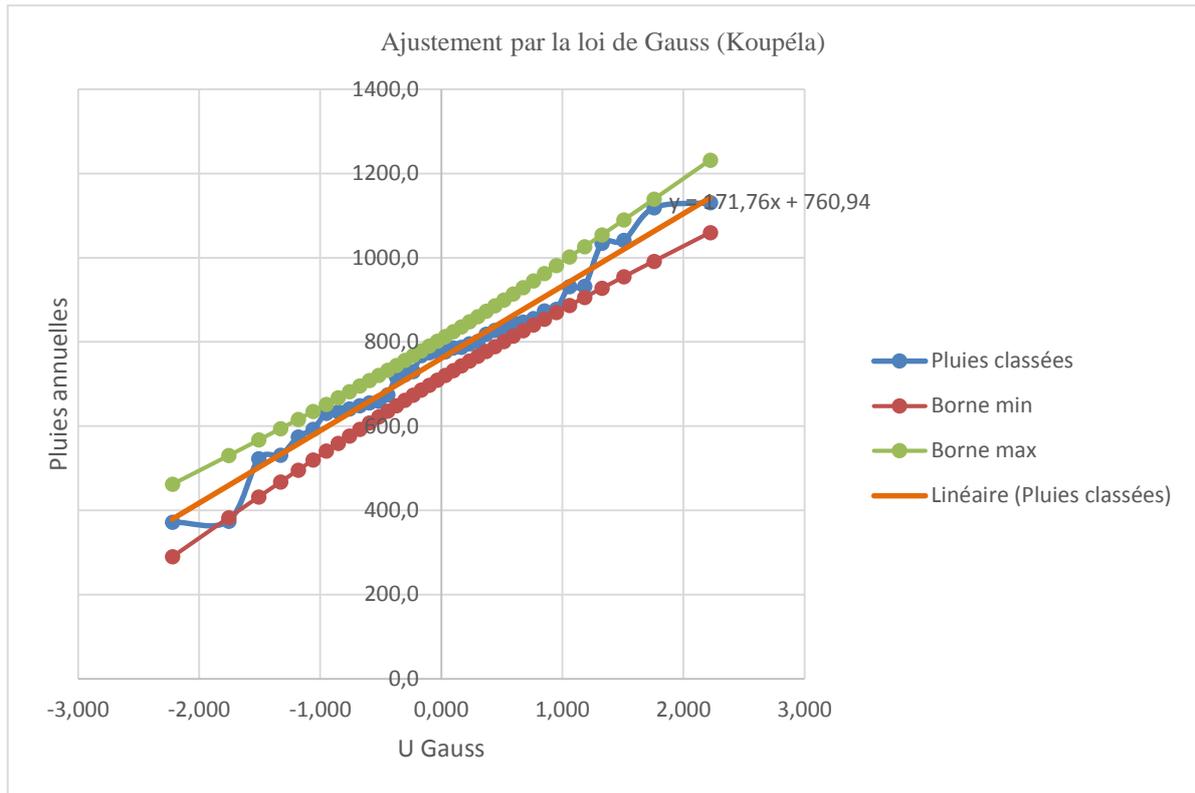
Zorgho

T(ans)		f	U	Pluies
5	Humide	0,8	0,840	905,497
	seche	0,2	-0,840	616,383
10	Humide	0,9	1,280	981,059
	seche	0,1	-1,280	540,821
100	Humide	0,99	2,326	1160,514
	seche	0,01	-2,326	361,366

Koupéla



zorgho



Koupéla

On peut dire que la loi est validée car 90% des valeurs sont dans l'intervalle de confiance.

➤ **ANALYSE FREQUENTIELLE COMPLETE DES PLUIES JOURNALIERES MAXIMALES**

- **Détermination des paramètres de description de l'échantillon**

Les paramètres de description de l'échantillon sont la moyenne ($\bar{X} = \frac{1}{n} \sum xi$), l'écart-type

($\sigma = \sqrt{\frac{1}{n} \sum (xi - \bar{x})^2}$), le coefficient de variation CV ($CV = \frac{\sigma}{\bar{x}}$) et les pluies annuelles minimale

et maximales. Ils seront récapitulés dans le tableau ci-dessous :

Stations	Moyenne	Ecart-type	Coefficient de variation(CV)	Pmin	Pmax
Zorgho	61	17,09	27,95	36	105
Koupéla	66	16,50	24,98	41,3	102,27

- **Histogramme des fréquences empiriques**

Les fréquences empiriques sont obtenues par la formule suivante :

$$\text{fréquence empirique} = \frac{\text{effectif par classe}}{\text{échantillon } n}$$

Pour obtenir l'amplitude des classes, la formule

Suivante est appliquée :

$$\text{Amplitude} = [P(\text{max}) - P(\text{min})] * 10\%$$

Amplitude= 6,9 soit 7 pour Zorgho

Amplitude= 6,097 soit 7 pour Koupéla

Les tableaux ci- dessous donnent les fréquences empiriques par classe :

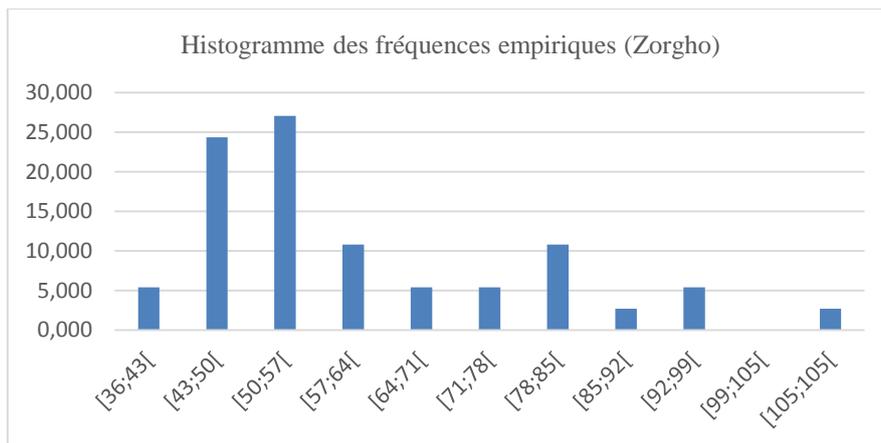
classe	effectif	fréquence (%)
[36;43[	2	5,405
[43;50[	9	24,324
[50;57[	10	27,027
[57;64[	4	10,811
[64;71[	2	5,405
[71;78[	2	5,405
[78;85[	4	10,811
[85;92[	1	2,703
[92;99[	2	5,405
[99;105[	0	0,000
[105;105[	1	2,703

Zorgho

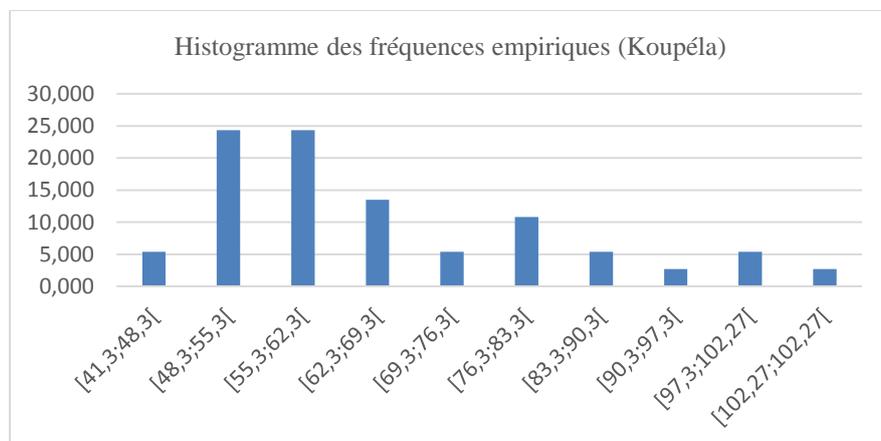
classe	effectif	fréquence (%)
[41,3;48,3[	2	5,405
[48,3;55,3[	9	24,324
[55,3;62,3[	9	24,324
[62,3;69,3[	5	13,514
[69,3;76,3[	2	5,405
[76,3;83,3[	4	10,811
[83,3;90,3[	2	5,405
[90,3;97,3[	1	2,703
[97,3;102,27[	2	5,405
[102,27;102,27[	1	2,703

Koupéla

L'histogramme des fréquences se présente comme ci-dessous :



Zorgho



Koupéla

Le mode est déterminé en prenant la valeur moyenne de l'intervalle qui a la fréquence la plus élevée (en millimètre) et est donnée par :

X mode= 53,5 mm pour Zorgho ;

X mode = 55,3 mm pour Koupéla.

- **Courbe des fréquences cumulées expérimentales**

Nous utiliserons la loi de weibull :

$$F(x) = \frac{i}{n + 1}$$

Les tableaux ci-dessous donnent les fréquences cumulées :

PJ max classées	rang	fréqexp(hazen)	U Gumbell	pluie cal	k	Pmax	Pmin
36	1	0,01	-1,460	34,001	-1,589	37,895	30,107
37	2	0,04	-1,165	37,930	-1,359	41,250	34,609
44	3	0,07	-0,991	40,244	-1,223	43,264	37,224
45	4	0,09	-0,858	42,022	-1,119	44,837	39,207
45	5	0,12	-0,745	43,525	-1,031	46,188	40,861
45	6	0,15	-0,645	44,859	-0,953	47,408	42,310
47	7	0,18	-0,553	46,082	-0,882	48,545	43,619
48	8	0,20	-0,468	47,227	-0,815	49,627	44,827
49	9	0,23	-0,386	48,316	-0,751	50,673	45,958
49	10	0,26	-0,307	49,364	-0,690	51,698	47,030
49	11	0,28	-0,231	50,383	-0,630	52,711	48,056
50	12	0,31	-0,156	51,383	-0,572	53,720	49,046
52	13	0,34	-0,082	52,370	-0,514	54,732	50,008
52	14	0,36	-0,008	53,350	-0,457	55,751	50,949
52	15	0,39	0,065	54,330	-0,399	56,784	51,877
55	16	0,42	0,139	55,315	-0,342	57,835	52,795
56	17	0,45	0,214	56,309	-0,283	58,908	53,710
56	18	0,47	0,289	57,318	-0,224	60,009	54,627
56	19	0,50	0,367	58,346	-0,164	61,141	55,551
56	20	0,53	0,446	59,399	-0,103	62,311	56,487
56	21	0,55	0,527	60,483	-0,039	63,524	57,442
57	22	0,58	0,611	61,604	0,026	64,788	58,420
63	23	0,61	0,698	62,770	0,095	66,110	59,430
63	24	0,64	0,790	63,990	0,166	67,502	60,478
63	25	0,66	0,886	65,273	0,241	68,973	61,574
67	26	0,69	0,988	66,634	0,321	70,541	62,728
69	27	0,72	1,097	68,089	0,406	72,222	63,955
71	28	0,74	1,215	69,657	0,497	74,042	65,272
73	29	0,77	1,343	71,367	0,597	76,033	66,700
78	30	0,80	1,485	73,256	0,708	78,240	68,272
79	31	0,82	1,644	75,378	0,832	80,725	70,031
80	32	0,85	1,827	77,814	0,975	83,585	72,043

81	33	0,88	2,043	80,693	1,143	86,973	74,412
86	34	0,91	2,309	84,241	1,351	91,159	77,324
97	35	0,93	2,660	88,920	1,624	96,689	81,152
98	36	0,96	3,185	95,919	2,034	104,977	86,862
105	37	0,99	4,297	110,750	2,902	122,580	98,921

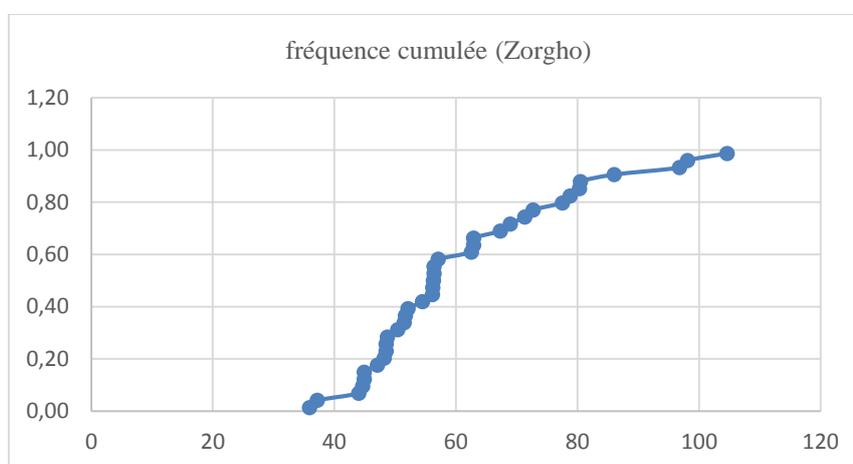
Zorgho

Pjmax classée	rang	fréqexpHazen	U Gumbel	pluie cal	k	Pmax	Pmin
41	1	0,014	-1,460	39,859	-1,589	43,619	36,099
47	2	0,041	-1,165	43,652	-1,359	46,858	40,446
48	3	0,068	-0,991	45,887	-1,223	48,803	42,971
50	4	0,095	-0,858	47,604	-1,119	50,322	44,886
50	5	0,122	-0,745	49,054	-1,031	51,626	46,483
50	6	0,149	-0,645	50,343	-0,953	52,804	47,882
50	7	0,176	-0,553	51,523	-0,882	53,901	49,146
51	8	0,203	-0,468	52,629	-0,815	54,946	50,312
53	9	0,230	-0,386	53,680	-0,751	55,956	51,404
53	10	0,257	-0,307	54,692	-0,690	56,946	52,439
54	11	0,284	-0,231	55,676	-0,630	57,924	53,429
56	12	0,311	-0,156	56,641	-0,572	58,898	54,385
56	13	0,338	-0,082	57,594	-0,514	59,875	55,314
56	14	0,365	-0,008	58,541	-0,457	60,859	56,223
57	15	0,392	0,065	59,487	-0,399	61,857	57,118
59	16	0,419	0,139	60,438	-0,342	62,871	58,005
61	17	0,446	0,214	61,398	-0,283	63,907	58,888
61	18	0,473	0,289	62,372	-0,224	64,970	59,774
61	19	0,500	0,367	63,364	-0,164	66,063	60,666
62	20	0,527	0,446	64,381	-0,103	67,192	61,570
65	21	0,554	0,527	65,428	-0,039	68,364	62,491
67	22	0,581	0,611	66,510	0,026	69,584	63,436
68	23	0,608	0,698	67,636	0,095	70,861	64,411
68	24	0,635	0,790	68,813	0,166	72,204	65,423
69	25	0,662	0,886	70,053	0,241	73,625	66,481
72	26	0,689	0,988	71,367	0,321	75,139	67,596
74	27	0,716	1,097	72,771	0,406	76,762	68,780
77	28	0,743	1,215	74,285	0,497	78,519	70,051

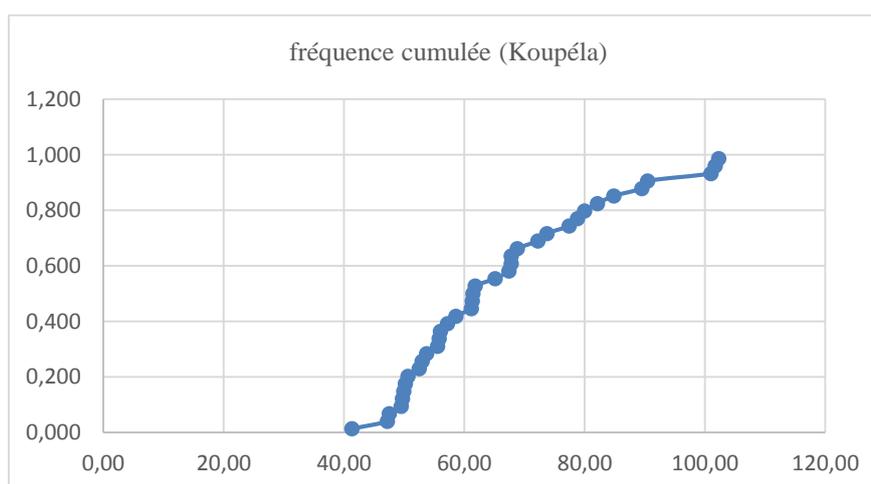
79	29	0,770	1,343	75,936	0,597	80,442	71,431
80	30	0,797	1,485	77,760	0,708	82,572	72,948
82	31	0,824	1,644	79,809	0,832	84,972	74,647
85	32	0,851	1,827	82,161	0,975	87,733	76,589
90	33	0,878	2,043	84,940	1,143	91,004	78,877
90	34	0,905	2,309	88,367	1,351	95,045	81,688
101	35	0,932	2,660	92,885	1,624	100,385	85,384
102	36	0,959	3,185	99,642	2,034	108,387	90,897
102	37	0,986	4,297	113,962	2,902	125,383	102,540

Koupéla

Les Courbes de fréquences cumulées sont données ci-dessous :



zorgho



Koupéla

Par définition la médiane est la valeur non dépassée par 50% des cas ($F=0,5$). On lit donc sur la courbe la médiane d'environ 55,5mm pour Zorgho et 61 mm pour Koupéla

Justification du choix de la loi

Ici aussi les valeurs de la moyenne, le mode et la médiane sont très voisines, ce qui suggère que cet échantillon peut être ajusté à des lois statistiques telles que GAUSS, etc. Cependant, puisque nous traitons de valeurs extrêmes, la loi de GUMBEL est la loi la plus indiquée. De plus, on a mode < médiane < moyenne

Ajustement graphique

On sait que $x_p = \frac{1}{a}u_p + x_0$

On obtient x_0 en lisant graphiquement la valeur de x_p pour $u_p=0$ et $\frac{1}{a}$ en remplaçant le point de coordonnées (-2; 20) dans l'équation de la droite

Ces valeurs sont reportées dans le tableau ci-dessous

Stations	X0	1/a
Zorgho	53,46	13,33
Koupéla	58,65	12,87

Intervalle de confiance

Expressions et calculs

Pour l'intervalle de confiance (IC) on utilise la formule suivante :

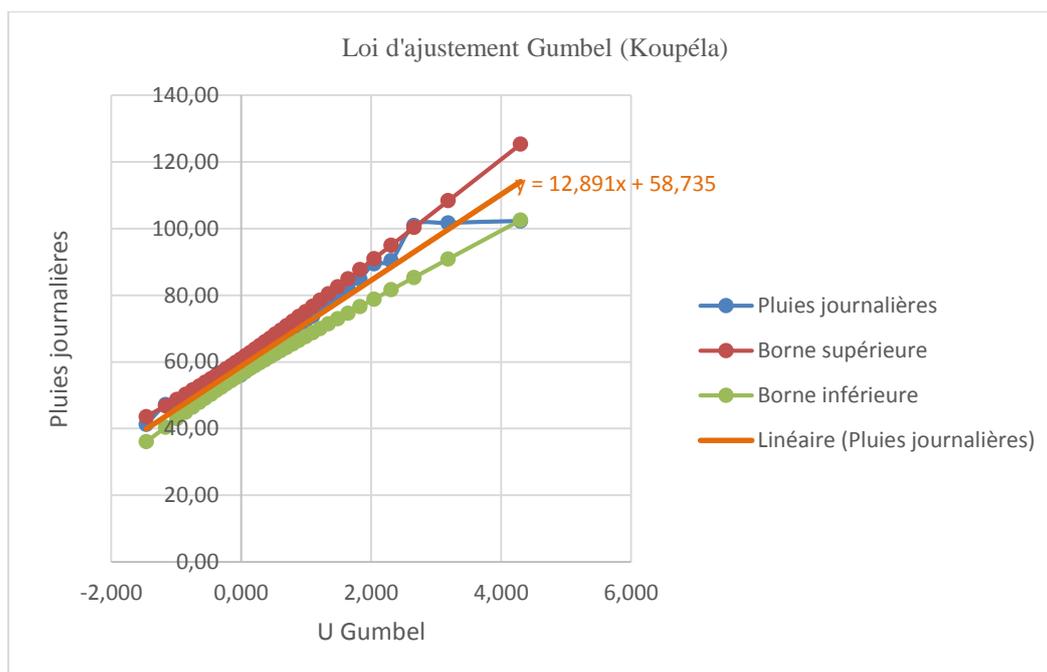
$$IC x_p = x_p \pm U_{\frac{1-\alpha}{2}} \frac{s}{\sqrt{N-1}} \sqrt{1+1.4K+1.1K^2}$$

$$K = 0.780(U_p - 0.577)$$

$$\alpha=90\% \text{ donc } \frac{U_{1-\alpha}}{2} = -1,097$$



Zorgho



Koupéla

On peut dire que la loi est validée car plus de 90% des valeurs sont dans l'intervalle de confiance.

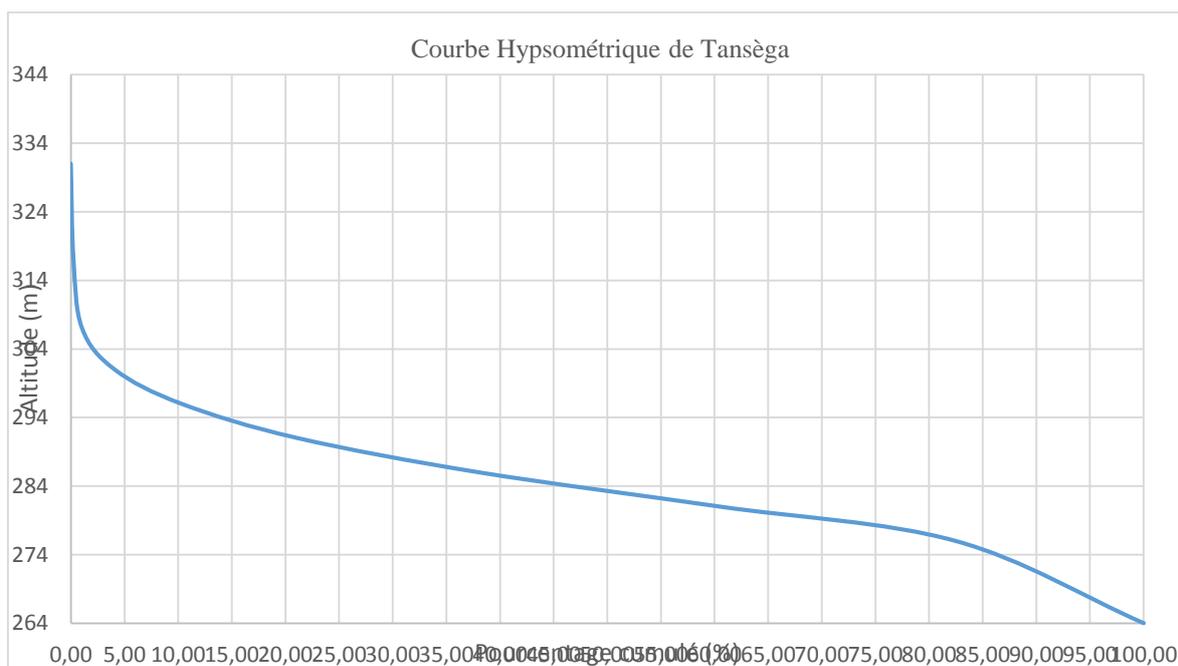
➤ **Prédétermination des crues du bassin versant de Tansèga et Barjongo**

- **Détermination des caractéristiques des Bassins Versants**

Courbe hypsométrique

Après avoir déterminé les surfaces partielles de notre bassin versant, nous les avons rangées dans le tableau suivant afin de déterminer le tracé de la courbe hypsométrique :

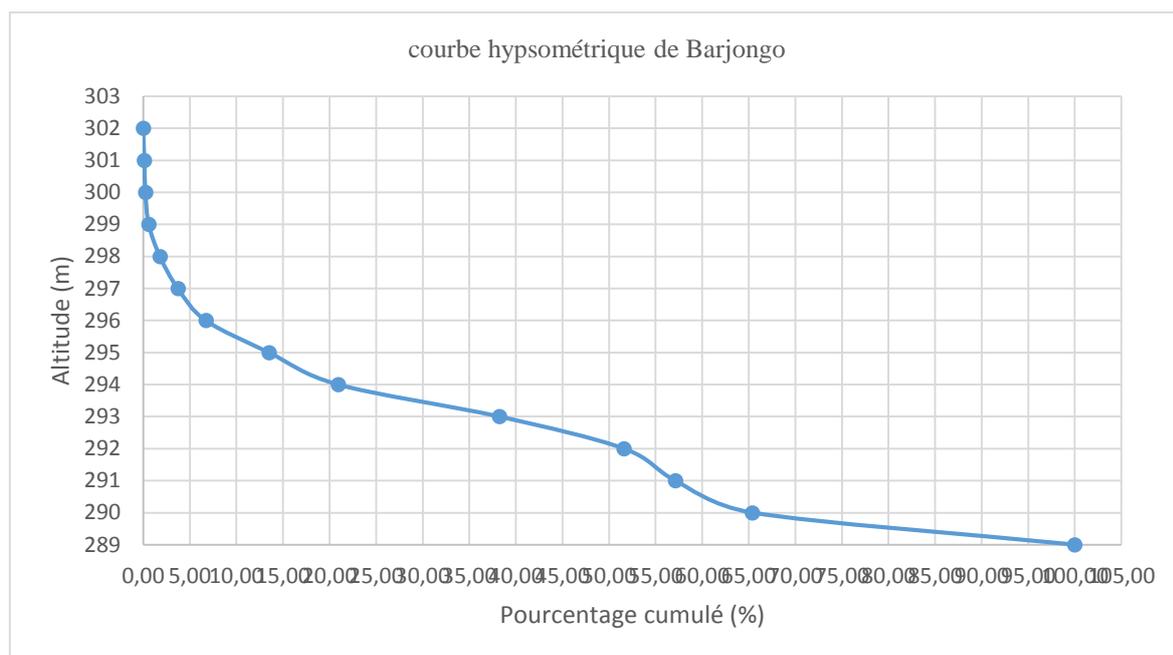
Altitude (m)	atitude (m)	aire (m2)	pourcentage partiel	pourcentage cumul
264-276	264	16076819	17,55	100,00
276-281	276	13254830	21,94	82,45
281-286	281	9728030	22,46	60,51
286-291	286	6116608	16,92	38,05
291-296	291	3396150	10,81	21,12
296-301	296	1658324	6,23	10,32
301-307	301	656612	3,03	4,08
307-317	307	169226	0,80	1,05
317-331	317	40306	0,25	0,25
	331	0		0,00



Bassin Versant de Tansèga

altitude (m)	aire (m2)	pourcentage partiel	pourcentage cumul
289	774738	34,62	100,00
290	506499	8,25	65,38
291	442594	5,52	57,13
292	399841	13,38	51,61
293	296211	17,31	38,23
294	162125	7,42	20,93
295	104605	6,78	13,50
296	52089	3,00	6,72
297	28835	1,92	3,72
298	13952	1,20	1,80
299	4651,00	0,36	0,60
300	1860,00	0,12	0,24
301	930	0,120040581	0,120040581
302	0		0

Barjongo



Bassin Versant de Barjongo

Longueur du rectangle équivalent L

La longueur équivalente L est donnée par la relation :

$$L = \frac{K_G \times \sqrt{S}}{1.128} \times \left(1 + \sqrt{1 - \left(\frac{1.128}{K_G} \right)^2} \right)$$

L est exprimé en km ;

K_G est l'indice de compacité, sans dimension ;

S est la superficie du bassin versant, exprimée en km^2 .

Indice de compacité du bassin

L'indice de compacité encore appelé indice de GRAVELIUS(K_G) est un coefficient qui caractérise la forme du BV l'indice de forme est donné par la relation

$$K_G = \frac{P}{2 \times \sqrt{\pi \times S}}$$

On constate que $K_G > 1$ donc nos bassins versants sont de forme allongée

Indice global de pente

Cet indice caractérisant le relief d'un bassin. Il est défini par la formule $I_g = \frac{D}{L}$ où, D représente la dénivelée, exprimée en mètres, séparant les altitudes ayant approximativement 5% et 95% de la surface du bassin au-dessus d'elles; ces altitudes sont déterminées sur la courbe hypsométrique;

L est la longueur du rectangle équivalent, exprimée en km;

Ig est exprimé en m/km.

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

La pluie moyenne de fréquence décennale est calculée en appliquant à P_{10} le coefficient d'abattement A, déterminé à l'aide de l'équation de Vuillaume. Sa valeur est donnée par la formule suivante :

$$P_{m10} = A \times P_{10} \text{ où}$$

$$A = 1 - 0.001(9 \log T - 0.042 P a n + 152 = \log S)$$

➤ **Calcule du débit de crue décennale par les méthodes ORSTOM et CIEH.**

- **Méthode ORSTOM**

Détermination du coefficient de ruissellement décennal : K_{rP10} pour $P_{10} = 115,4$ mm Sa valeur est déterminée par extrapolation linéaire entre K_{r70} pour $P_{10} = 70$ mm et K_{r100} pour $P_{10} = 100$ mm

Le coefficient de ruissellement décennal est :

$$K_{r70} \text{ ou } K_{r100} = \frac{a}{(S+b)} + c$$

$$K_{r10} = \frac{(P_{10} - 100) * (K_{r70} - K_{r100})}{70 - 100} + K_{r100}$$

Les valeurs de K_{r10} trouvées sont contenues dans le tableau suivant :

Bas-fond	pluie	Kr	Valeurs de Kr (%)
Tansèga		K_{r70}	24,04
		K_{r100}	27,21
		K_{r10}	25,46
Barjongo	70	K_{r70}	25,5
	100	K_{r100}	30
	92	K_{r10}	28,8

Estimation de la lame ruisselée décennale : L_{r10}

Sa valeur est fournie par la formule ci –après :

$$L_{r10} = K_{r10} * P_{m10} = 17,93 \text{ mm pour Zorgho}$$

$$= 25,69 \text{ mm pour Koupéla.}$$

Estimation du volume ruisselé décennal : V_{r10}

Sa valeur est calculée par cette formule :

$$V_{r10} = 1000 * L_{r10} * S$$

Détermination du temps de base :

$$T_{b10} = 126 * S^{0,35} + 100 \text{ pour Tansèga}$$

$$T_{b10} = 13,9 * S + 255 \text{ pour Barjongo}$$

Détermination du débit moyen de ruissellement : Q_{mr10}

Sa valeur se calcule par la relation : $Q_{mr10} = V_{r10}/T_{b10}$

Estimation du coefficient de pointe : α_{10} on n'admet que $\alpha_{10} = 2,6$

Estimation du débit maximum de ruissellement : Q_{r10}

Sa valeur est donné par l'expression $\alpha_{10} Q_{mr10}$, soit: $Q_{r10} = 2,6 * Q_{mr10}$

Estimation du débit de pointe décennal :

Q_{10} Le débit de pointe ou débit maximal total Q_{10} comprend le débit maximal de ruissellement Q_{r10} et le débit dû à l'écoulement retardé Q_{ret10} . En consultant la check list, on s'aperçoit que $Q_{ret10} = 0,03 * Q_{r10}$.

$Q_{10} = 1,03 * Q_{r10}$

Détermination du volume d'écoulement retardé : V_{ret10}

Sa valeur est calculée à partir de la formule : $V_{ret10} = Q_{ret10} * T_{b10} = 0,03 \times Q_{r10} \times T_{b10}$

Calcul du volume total de crue : V_{c10}

C'est la somme du volume ruisselé V_{r10} et du volume d'écoulement retardé V_{ret10} :

Le temps de montée : T_{m10}

$T_{m10} = 32 * S^{0,35} + 23$ pour Tansèga

$T_{m10} = 2,5 * S + 60$ pour Barjongo

Tb10(min))	433,21	
Qm10	11,12	m3/s
Qr10	28,92	m3/s
Q10	29,79	(Petit bassin imperméable)m3/s
vr10	288578,86	m3
Qret10	0,87	m3/s
vc10	311133,02	m3
Tm10	107,62	min

Tansèga

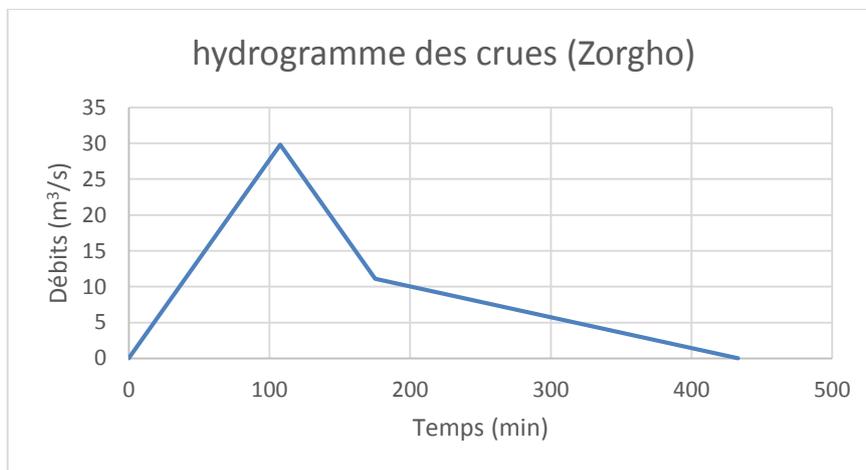
Tb10(min)	265,008	
Qm10	1,165893172	m3/s
Qr10	3,031322247	m3/s
Q10	3,122261914	(Petit bassin imperméable) m3/s
vr10	18501,25855	m3
Qret10	0,090939667	m3/s
vc10	19947,24291	m3
Tm10	61,8	min

Barjongo

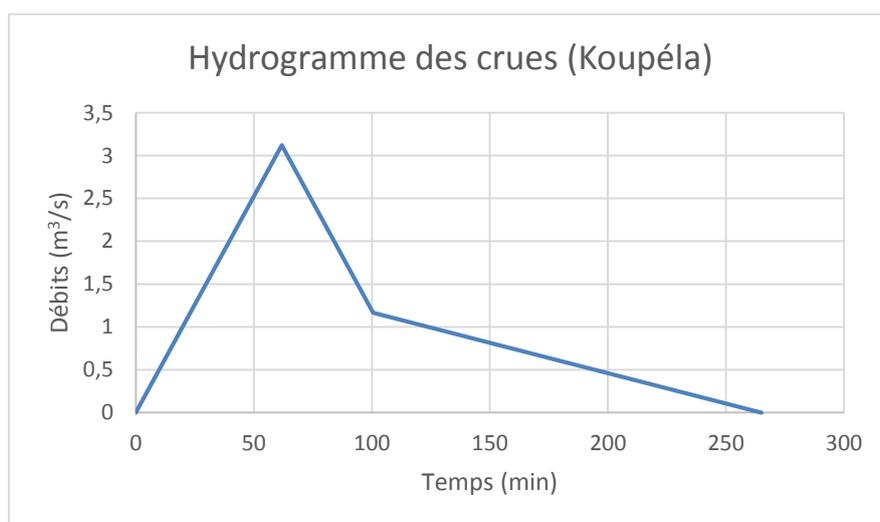
Hydrogramme de crue

$$\frac{Q}{Q_{\max}} = \frac{2}{\alpha_{10}} * \frac{T_{b10} - \alpha_{10} T_{m10}}{T_{b10} - 2T_{m10}}$$

On obtient les hydrogrammes de crues ci-dessous :



Zorgho



Koupéla

- Méthode CIEH

La formulation retenue pour retrouver l'expression du débit de pointe Q_{10} est basée sur un schéma de régression multiple et se présente sous la forme :

$$Q_{10} = aS^b P_{an}^c I_g^d K_{r10}^e$$

Où:

a, s, p, i, k, d.....sont des coefficients à déterminer et

S est la surface du bassin km²,

Ig est l'indice global de pente (m/km) ;

Pan est la pluie annuelle moyenne (mm)

Kr10 est le coefficient de ruissellement décennal (%)

Les numéros des différentes équations retenus et les résultats sont dans les tableaux suivants :

numéro des équations (sélection de la FAO)	description	les coefficients de l'équation				Q10
		a	S	Ig	Kr10	$a \cdot S^a \cdot Ig^i \cdot Kr^k$
10	découpage climatique/ pluviométrie 400-800 mm	0,0833	0,696	0,953	0,534	18,018548
18	Longitude compris entre 10 ° ouest et 10° Est	0,0678	0,661	0,412	1,105	34,403775
27	découpage par pays/Afrique de l'ouest	0,56	0,619	0,279	0,51	27,745468
40	BurkinaFaso	0,254	0,462	0,101	0,976	28,018617
42	Burkina Faso+Mali+Niger	0,0912	0,643	0,399	1,019	32,334908

CIEH Tansèga

numéro des équations (sélection de la FAO)	description	les coefficients de l'équation				Q10
		a	S	Ig	Kr10	$a \cdot S^a \cdot Ig^i \cdot Kr^k$
10	découpage climatique/ pluviométrie 400-800 mm	0,0833	0,696	0,953	0,534	2,460
18	Longitude compris entre 10 ° ouest et 10° Est	0,0678	0,661	0,412	1,105	4,665
27	découpage par pays/Afrique de l'ouest	0,56	0,619	0,279	0,51	4,231
40	BurkinaFaso	0,254	0,462	0,101	0,976	6,661
42	Burkina Faso+Mali+Niger	0,0912	0,643	0,399	1,019	4,633

CIEH Barjongo

Les débits décennaux retenus pour Zorgho et Koupéla sont respectivement :

Q10=34,4m³/s pour le site de Tansèga et Q10=6,66m³/s

ANNEXE 2 : DEGATS CAUSES PAR LA PLUIE ET EVOLUTION DES CULTURES

Date et hauteur de pluie (Barjongo)	Dégâts causés par la pluie
<ul style="list-style-type: none"> - 16/07/2018, - Hauteur de pluie = 58mm 	
<ul style="list-style-type: none"> - 28/08/2018, - Hauteur de pluie : 54mm 	

Evolution des cultures à Tanséga



Avant aménagement



1 moi environ après avoir semé



2 mois après avoir semé

Evolution des cultures à Barjongo



Sol avant aménagement

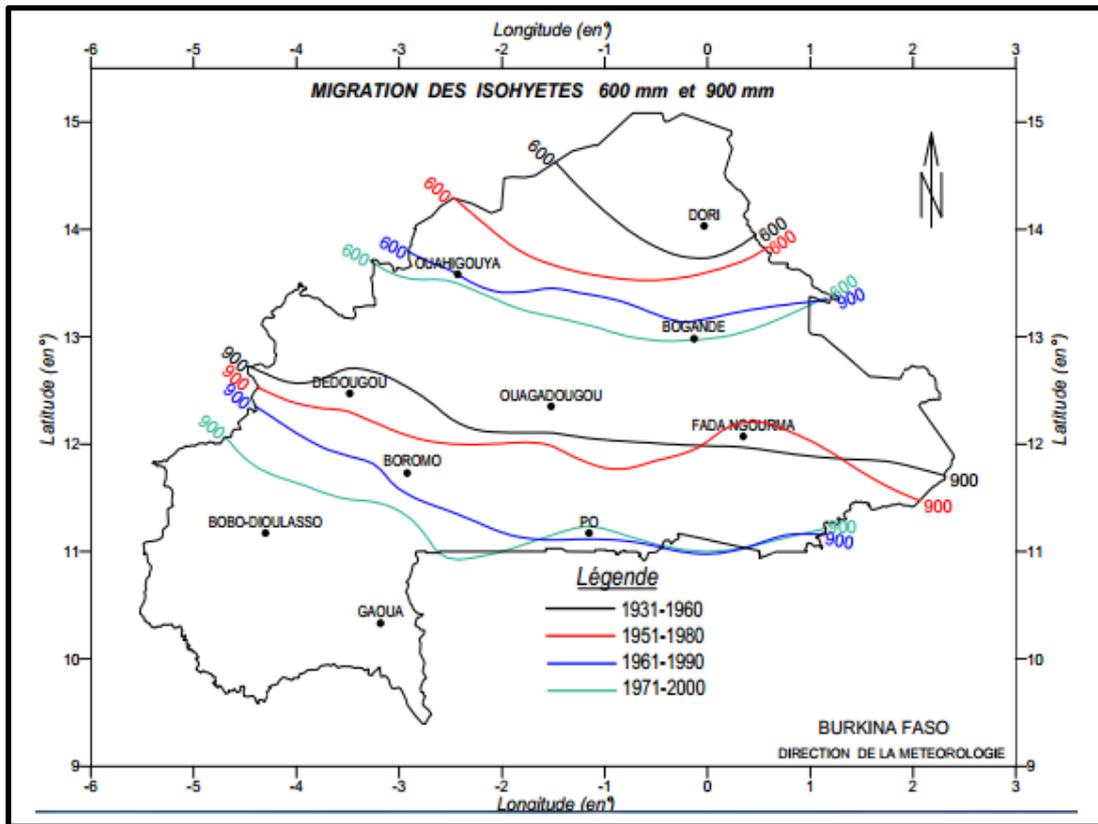


1 moi environ après avoir semé

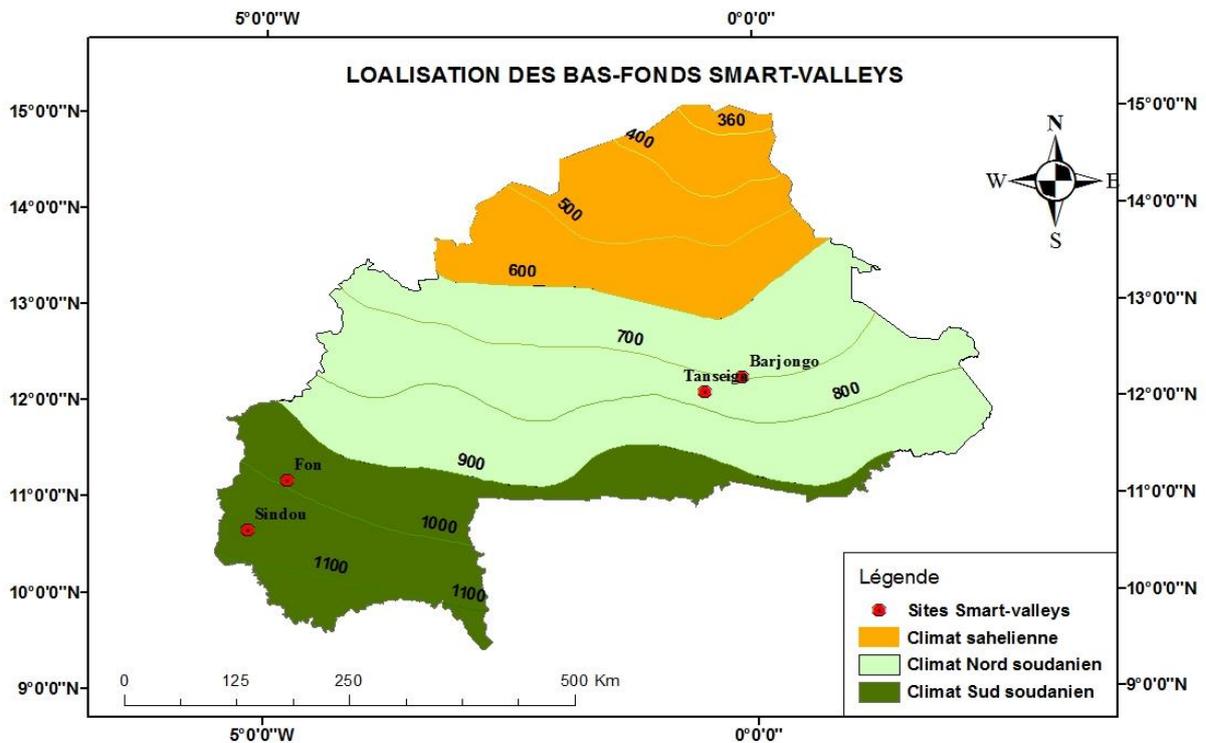


2 mois environ après avoir semé

ANNEXE 3 : DIFFERENTES CARTES



Migration des isohyètes 600 et 900 mm due à l'évolution du climat. *Source : (MAHRH, 2004)*



Réalisée par : Elvire Vanessa NGNEPI T.

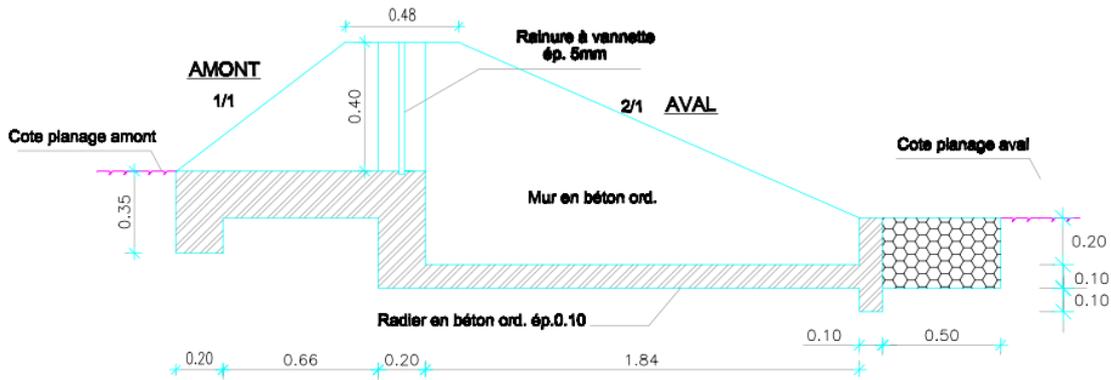
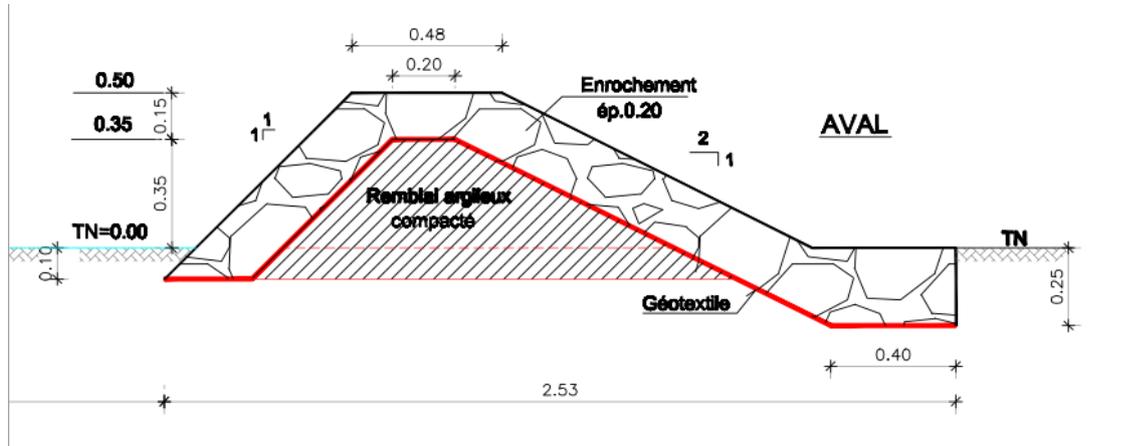
23/06/2018

Source: IGB / BNDT

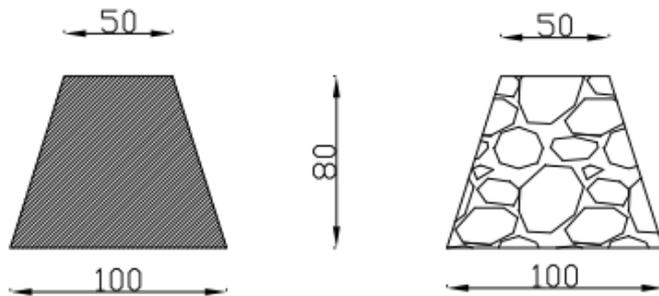
Carte des différents sites en fonction des isohyètes

ANNEXE4 : COUPES DES DIFFERENTES DIGUETTES DE NOS AMENAGEMENTS

- Aménagement classique PAFR



- Aménagement SMART-VALLEYS



Diguette smart-valleys

Diguette et ou pertuis smart-valleys

ANNEXE5 : MODE OPERATOIRE DE LA DETERMINATION DE L'INFILTRABILITE ET DE L'HUMIDITE DU SOL

- Infiltrabilité

Le dispositif double-anneau, ou dispositif Muntz, est destiné à caractériser l'infiltrabilité d'un sol dans le cas d'un écoulement monodimensionnel vertical.

Le dispositif double-anneau est l'une des méthodes permettant d'évaluer l'infiltrabilité des sols "in situ". C'est la méthode que nous avons retenue pour évaluer les variations spatiales de l'infiltrabilité des sols des bas-fonds de Tansèga et Barjongo faisant l'objet d'aménagements hydro-agricoles. Une parcelle de cinq (05) hectares a été retenue sur chaque site, sur lesquelles 48 essais d'infiltration ont été conduits soit 24 par site.

Le principe de l'expérimentation est de mesurer l'infiltration d'une lame d'eau sous charge constante, s'infiltrant verticalement dans le sol. Le dispositif utilisé est un dispositif double anneau, schématisé en figure 1, dont la réalisation est due à P.Zante (1988). Il est composé de deux anneaux en tôle d'acier, de bidons et de sceaux pour l'alimentation en eau et de burettes. L'anneau extérieur est appelé "anneau de sarde" et a pour fonction de garantir une infiltration verticale dans l'anneau central. Les deux anneaux sont disposés de façon concentrique sur le sol, puis enfoncés d'une dizaine de centimètres environ. L'enfoncement est réalisé de façon lente et régulière, pour éviter de perturber le sol au voisinage des anneaux. L'alignement des anneaux est contrôlé au niveau à bulle. La mise en charge devant être instantanée, un film plastique est déposé sur le sol, pour protéger la surface lors du versement de la lame d'eau initiale, préalablement dosée dans un seau. Une fois la lame d'eau initiale versée, l'appoint d'eau dans les deux anneaux est réalisé manuellement par un opérateur, qui maintient le niveau constant au moyen d'une burette graduée ; à chaque apport d'eau, l'opérateur note le temps écoulé et la lame d'eau infiltrée par lecture de la jauge de la burette d'alimentation. L'épaisseur de la lame d'eau en charge a été fixée arbitrairement à 3cm. Le résultat d'un essai d'infiltration est l'obtention d'une série de couples (lame infiltrée, temps).

- Humidité du sol

Pour déterminer l'humidité dans le sol, cela consiste à marquer les différents points où les sondes à humidité seront mises en place. A l'aide d'une tarière, on creuse le sol aux différents points marqués. Après 40 cm de profondeur, on peut s'arrêter afin d'introduire un tube à humidité. Pour faire chaque mesure, on introduit la sonde et à chaque 10 cm, 20 cm, 30 cm et 40 cm on effectue une lecture des différentes valeurs des humidités aux différentes profondeurs y afférentes. La mesure des humidités se fait durant la journée à la même heure (8 heure du matin).