



**ETUDE TECHNIQUE DETAILLEE POUR L'AMENAGEMENT
DE 10 HA D'UN BAS-FOND ET D'UN PERIMETRE MARAICHER
DANS LA REGION DE OIO, EN REPUBLIQUE DE GUINEE
BISSAU**

**MEMOIRE POUR L'OBTENTION DU DIPLOME D'INGENIEUR 2IE AVEC GRADE DE
MASTER**

**SPECIALITE : GENIE DE L'EAU DE L'ASSAINISSEMENT ET DES
AMENAGEMENTS HYDRO AGRICOLES (GEAAH)**

Présenté et soutenu publiquement le [Date] par

Wendlassida Ange Bertille KABORE (20210957)

Directeur de mémoire :

Encadrant 2iE : Bassirou BOUBE

Maître de stage : Franck BAMBARA, Ingénieur à AGEIM I C

Structure (s) d'accueil du stage : AGEIM IC

Jury d'évaluation du stage :

Président : Pr Amadou KEITA

Membres et correcteurs :

M. Zacharia SOULGA

M. Armel GUY

Promotion [2024/2025]

DEDICACE

Je dédie ce travail :

À mes parents, qui se sont sacrifiés pour moi, ont cru en moi, m'ont soutenue depuis toujours.

À mon frère et mes sœurs, pour la confiance, le soutien et l'amour inconditionnel.

Veillez recevoir ma profonde gratitude.

REMERCIEMENTS

J'adresse mes sincères remerciements à :

l'ensemble du corps professoral et administratif de l'institut 2iE, plus particulièrement à ceux qui ont été mes enseignants ;

mon encadrant académique, M. BOUBE pour son encadrement, ses précieux conseils et sa disponibilité tout au long de la rédaction du présent mémoire ;

l'ensemble de l'administration de AGEIM IC, qui grâce à leur aide, leur soutien, a rendu mon stage possible en m'encadrant dans la réalisation de ce document.

M. Franck BAMBARA, mon maître de stage, pour son encadrement, son temps accordé à ma personne durant les mois passés à l'entreprise.

ma famille pour l'amour inconditionnel, le soutien moral et financier qu'ils ont eu à mon égard durant tout mon parcours.

à tous ceux qui, de près ou de loin, ont contribué à la réalisation de ce travail.

RESUME

Dans la plupart des pays d'Afrique, qui sont en proie aux effets du changement climatique, les paysans agricoles optent pour des lieux stratégiques pour la production rizicole, maraîchère et bien d'autres cultures. En République de Guinée Bissau qui n'est pas en reste des effets du changement climatique, les populations font recours à des zones dites bas-fonds pour la production agricole. Ceci en raison de l'humidité de ces zones et du fait qu'elles soient des lieux privilégiés des dépôts très souvent riches en éléments nutritifs pour le sol. Cependant, l'exploitation de ces bas-fonds, passe par un aménagement qui nécessite des études approfondies pour une gestion optimale des ressources en eaux. Dans le cadre d'aménagement d'un bas-fond de 5ha et d'un périmètre irrigué de 5ha dans la Région de l'Oio en République de Guinée Bissau, ce travail a fait l'objet d'une étude d'avant-projet détaillée pour la production maraîchère et rizicole. Cette étude a été réalisée selon une chronologie rigoureuse : acquisition des données de base, traitement de ces données, puis analyse des résultats. L'étude technique détaillée, a révélé que pour l'aménagement de ces espaces, il faut mettre en place un seuil rizicole déversant de 4 m de longueur montée sur une digue en moellon de 439 m de longueur. Le seuil sera calé à une côte de 5,4 m permettant la vidange du trop-plein d'eau dans l'aménagement et le maintien de la lame d'eau (5 à 15 cm) favorable au riz. Sur le périmètre irrigué, la méthode d'irrigation est la micro-aspersion. La source d'eau utilisée provient d'un forage d'environ 7 m³/h et alimenté par une source d'énergie solaire. La spéculaculture choisie est la tomate qui a une dose brute estimée à 25,5 mm. Le coût total du projet s'élève à 93 440 516 F CFA soit 64 940 516 F CFA pour le périmètre maraîcher et 28 500 000 F CFA pour l'aménagement de bas-fond. Ces aménagements sont proposés dans un contexte d'amélioration du cadre de vie de la population.

Mots clefs :

- Micro-aspersion ;
- Périmètre maraîcher ;
- Pompage photovoltaïque ;
- Aménagement de Bas-fond ;
- République de Guinée Bissau.
- Périmètre rizicole

ABSTRACT

In most African countries plagued by the effects of climate change, farmers are opting for strategic locations for rice production, market gardening and many other crops. In the Republic of Guinea Bissau, which is not immune to the effects of climate change, people are turning to so-called lowland areas for agricultural production. This is due to the humidity of these areas and the fact that they are favored places for deposits that are often rich in soil nutrients. However, to exploit these lowlands, it is necessary to carry out in-depth studies to ensure optimum management of water resources. As part of the development of a 5-hectare lowland and a 5-hectare irrigated perimeter in the Oio Region of the Republic of Guinea Bissau, this work was the subject of a detailed preliminary design study for market-garden and rice production. This study was carried out according to a rigorous chronology: acquisition of basic data, processing of this data, then analysis of the results. The pre-project study revealed that, develop these areas, a 4 m long rice-growing overflow weir mounted on a 439 m long rubble dyke would have to be installed. The weir will be set at a height of 5.4 m, allowing the overflow to drain into the development and maintaining the water level (5 to 15 cm) favorable to rice. On the irrigated perimeter, the irrigation method is micro-sprinkling. The water source comes from a 7 m³/h solar-powered borehole. The chosen crop is tomato, with an estimated gross yield of 25.5 mm. The total cost of the project is 93,440,516 fcfa, i.e 64,940,516 fcfa for the market garden perimeter and 28 500 000 fcfa for the lowland development. These developments are proposed in the context of improving the living environment of the population.

Keywords:

- **Micro-sprinkler;**
- **Market garden perimeter;**
- **Photovoltaic pumping;**
- **Bas-fond development;**
- **Republic of Guinea Bissau;**
- **Rice growing area**

SOMMAIRE

DEDICACES	i
REMERCIEMENTS	ii
RESUME.....	iii
ABSTRACT	iv
LISTE DES ABREVIATIONS.....	4
LISTE DES TABLEAUX	5
LISTE DES FIGURES.....	6
I. INTRODUCTION.....	7
II. Présentation de la structure d'accueil et de la zone d'étude.....	8
II.1. Présentation de la structure d'accueil.....	8
II.2. Présentation de la zone d'étude	8
II.2.1. Localisation du site.....	8
II.2.2. Caractéristiques du milieu physique	9
II.2.3. Caractéristiques du milieu humain.....	11
III. Présentation du projet.....	11
III.1. Contexte et justification du projet	11
III.2. Objectif général de l'étude	12
III.3. Objectifs spécifiques de l'étude	12
III.4. Résultats attendus.....	13
IV. Revue bibliographique sur la problématique des aménagements hydro-agricoles dans les pays en développement.....	14
IV.1. Contexte et enjeux.....	14
IV.2. Perspectives d'amélioration	14
IV.3. Pistes de solutions	15
V. Matériels et données de base.....	16
V.1. Matériels.....	16
V.2. Données de base de l'étude	16
V.2.1. Contenu des études de base.....	17
VI. Organisation de chaque aménagement.....	18
VI.1. Le bas-fond.....	18
VI.2. Le périmètre maraîcher	18
VII. Méthodologie de conception de l'étude	18

VII.1.	Méthodologie de collecte des données de base	18
VII.1.1.	Les études d'investigation topographique.....	19
VII.1.2.	L'étude agro-pédologique.....	19
VII.1.3.	L'étude pluviométrique	20
VII.1.4.	L'étude hydrogéologique.....	20
VII.2.	Méthodologie de dimensionnement des aménagements	21
VII.2.1.	Méthodologie de dimensionnement du bas-fond	21
VII.2.2.	Méthodologie de dimensionnement du périmètre irrigué	23
VII.3.	Dimensionnement du système d'alimentation solaire.....	30
VII.3.1.	Sélection de la pompe	30
VIII.	Résultat d'études	31
VIII.1.	Résultats agro pédologique et géophysique	31
VIII.1.1	Classes d'aptitude culturale de la zone du projet	31
VIII.2.	Traitement de données topographiques	32
VIII.3.	Traitement de données hydrogéologiques	33
VIII.4.	Traitement de données pluviométriques.....	34
VIII.5.	Hypothèse de calage des Digue de protection	34
VIII.6.	Résultats d'aménagement de bas-fond.....	35
VIII.6.1.	Présentation des différents sites de bas fond	35
VIII.6.2.	Présentation du site retenu.....	35
VIII.6.3.	Dimensionnement du seuil rizicole	36
VIII.7.	Résultats dimensionnement des périmètres irrigués	39
VIII.7.1.	Présentation des différents sites de périmètres maraîchers	39
VIII.7.2.	Présentation du site retenu.....	39
VIII.7.3.	Choix de la spéculature retenue pour dimensionnement.....	40
VIII.7.4.	Dimensionnement préliminaire	41
VIII.7.5.	Dimensionnement final	42
VIII.7.6.	Organisation de l'arrosage.....	42
VIII.7.7.	Choix des micro-asperseurs	43
VIII.7.8.	Dimensionnement des conduites.....	44
VIII.7.8.2.	Dimensionnement de la conduite de refoulement	46
VIII.7.8.3.	Sélection de la pompe	46

IX.	Evaluation financière du projet	47
IX.1.	Evaluation financière du périmètre maraîcher	47
IX.2.	Evaluation financière du bas-fond.....	48
IX.3.	Rentabilité des aménagements proposés	48
IX.4.	Evaluation des charges d'exploitation et des charges fixes	49
IX.5.	Compte d'exploitation.....	49
X.	Notice d'impact environnemental et sociale	50
X.1.	Plan de gestion environnemental et social (PGES).....	II
XI.	Conclusion.....	IV
	Bibliographie.....	V
	ANNEXES	V

LISTE DES ABREVIATIONS

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

ABF : Aménagement des Bas-Fonds

ARFA : Association pour la Recherche et la Formation en Agroécologie

BDOT : Bases de Données d'Occupation des Terres

DIARPA : Diagnostic Rapide de Pré Aménagement

FAO : Food and Agriculture Organization

HMT : Hauteur Manométrique Totale

IST : Infection Sexuellement Transmissible

MST : Maladie Sexuellement Transmissible

PU : Prix Unitaire

PT : Prix Total

SIDA : Syndrome d'Immunodéficience Acquise

TN : terrain naturel

VIH : Virus de l'Immunodéficience Humaine

RECOPA : Réseau de communication sur le pastoralisme

PAIPV : Projet à l'Intensification de la Production Vivrière en Guinée Bissau

PEHD : Polyéthylène Haute Densité

PVC : Polychlorure de Vinyle

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Types de sol de la zone d'étude.....	10
Tableau 2 : Ensemble des études de base	17
Tableau 3 : Formules de dimensionnement préliminaire	26
Tableau 4 : Formules de dimensionnement final.....	29
Tableau 5 : Caractéristiques culturales	32
Tableau 6 : Caractéristique du bassin versant	37
Tableau 7 : Récapitulatif des résultats d'étude de conception du seuil	38
Tableau 8 : Caractéristique agronomique de la plante de tomate	40
Tableau 9 : Evaluation des besoins en eau	41
Tableau 10: Résultat du dimensionnement préliminaire	41
Tableau 11: Organisation de l'arrosage.....	43
Tableau 12: Caractéristique de l'asperseur	44
Tableau 13: Descriptif des conduites du système par aspersion	45
Tableau 14: Caractéristique de la conduite de transport/principale	46
Tableau 15: Caractéristiques de la pompe choisie.....	46
Tableau 17: Estimation financière du périmètre maraîcher.....	47
Tableau 18: Estimation financière du bas-fond.....	48
Tableau 19: Impact du projet d'aménagement.....	51
Tableau 20: Mesures d'atténuation	I

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Carte hydrologique de la Guinée Bissau	9
Figure 2 : Carte des altitudes de la Guinée Bissau	10
Figure 3 : Carte d'aptitude culturale de la zone d'étude	31
Figure 4 : Carte hydrogéologique de la Guinée Bissau.....	33
Figure 5: Représentation des pluies moyennes annuelles	34
Figure 6 : Sites potentiels d'aménagement de bas-fond	35
Figure 7 : Site d'aménagement retenu	36
Figure 8 : Bassin versant du site d'aménagement de bas-fond	36
Figure 9: Sites potentiels d'aménagement de périmètres maraîchers.....	39
Figure 10: Site du périmètre maraîcher retenu	40
Figure 11: Asperseur choisi	44

I. INTRODUCTION

La République de Guinée-Bissau est un pays à vocation essentiellement agricole. L'agriculture constitue le principal pilier de l'économie nationale. En effet, elle est un moyen de subsistance pour plus de 70% de la population (FAO_AQUASTA 2005). En Guinée-Bissau, la production agricole se tourne essentiellement vers les cultures de rentes et d'exportations telles que l'anacarde et la pomme d'acajou au détriment des cultures céréalières et maraîchères. La région offre un couvert naturel favorable à l'agriculture composé de terres fertiles, de climat propice, et de disponibilité en ressources hydriques. Malgré ce potentiel, le secteur agricole reste caractérisé par une insuffisance d'infrastructures de base, une utilisation limitée des techniques modernes, une faible maîtrise de l'eau. La région d'Oio, illustre bien ces défis. Bien que dotée de terres cultivables et de ressources en eau mobilisable, cette région souffre d'un manque d'infrastructures agricoles de base, en particulier d'aménagements hydro-agricoles capables de garantir une irrigation régulière et contrôlée. En saison sèche, la rareté de l'eau compromet les cultures, tandis que les excès d'eau en saison des pluies ne sont pas toujours bien maîtrisés, entraînant parfois des inondations ou des pertes de rendement (Gadelle 2022).

C'est dans ce cadre que le Projet d'Appui à l'Intensification de la Production Vivrière en Guinée Bissau (PAIPV) a initié un projet d'aménagement hydro-agricole portant sur la mise en place de périmètres maraîchers et d'aménagements de bas-fond. Ce présent mémoire d'ingénieur retrace l'ensemble des activités menées durant la période de stage sur le thème : « **Etude technique détaillée pour l'aménagement de 10 ha d'un bas-fond et d'un périmètre maraîcher dans la région d'Oio, en République de Guinée Bissau** ». Ce projet constitue un exemple concret d'intervention ciblée visant à stabiliser les revenus agricoles, à améliorer la production agricole pour ainsi lutter contre l'insécurité alimentaire et hydrique.

Ce présent rapport s'articulera sur la présentation de la zone d'étude afin de mieux cerner le sujet. Puis, il décrira les méthodologies et matériels adoptés pour aboutir aux résultats sur lesquels une analyse sera portée et des recommandations proposées.

II. Présentation de la structure d'accueil et de la zone d'étude

II.1. Présentation de la structure d'accueil

AGEIM Ingénieurs Conseils, Agence d'Etudes d'Ingénierie et de Maitrise d'œuvres est un bureau d'ingénieurs Conseils, créé en janvier 2000 dans une perspective pluridisciplinaire.

Reconnue sous le statut juridique de société à responsabilité limitée (Sarl), AGEIM Ingénieurs Conseils intervient dans les disciplines du développement économique et social :

- Infrastructures de transport,
- Aménagements hydrauliques et environnement,
- Bâtiments et ouvrages d'art

Sa zone d'intervention couvre plusieurs pays en Afrique à savoir le Burkina Faso, le Bénin, la Côte d'Ivoire, Guinée Bissau, Guinée Conakry, Mauritanie, Mali, Niger, Togo et le Tchad.

L'Objectif principal est la satisfaction de la clientèle qui demeure leur principale préoccupation.

Se faisant, AGEIM Ingénieurs Conseils apporte sa modeste contribution au développement des Pays de sa zone intervention.

L'approche d'intervention utilisée par AGEIM Ingénieurs Conseils est orientée vers la résolution des problèmes et l'élaboration de solutions adaptées aux besoins et préoccupations de sa clientèle. Une méthodologie distinctive est développée pour chaque projet, afin de fournir aux clients des résultats qui assurent le maximum d'efficacité au meilleur coût.

II.2. Présentation de la zone d'étude

II.2.1. Localisation du site

Le Projet d'Appui à l'Intensification de la Production Vivrière en Guinée-Bissau (PAIPV) est un projet d'aménagement implémenté dans la localité de Mandingara de coordonnées géographiques 12°28'60'' de latitude et 15°13'0'' de longitude. Il est situé dans la région d'Oio, chef-lieu Farim en république de Guinée-Bissau. Par ailleurs, la Guinée-Bissau, d'une superficie de 36 120 km² est délimitée au nord par le Sénégal, au sud et à l'est par la Guinée, et à l'ouest par l'océan Atlantique (FAO_AQUASTA 2005).

II.2.2. Caractéristiques du milieu physique

II.2.2.1 Climat

Le projet est situé en zone tropicale de type chaud. Cette zone connaît deux saisons à savoir la saison sèche et la saison pluvieuse. La saison sèche débute de Décembre à Mai, avec des températures comprises entre 20 °C (68 °F) et 30 °C (86 °F) (FAO_AQUASTA 2005). La saison des pluies s'étend généralement de Mai à Novembre. La région reçoit une pluviométrie moyenne d'environ 1 000 mm, contre 2 000 mm pour les régions côtières. Les régions intérieures sont couvertes de savane boisée claire.

II.2.2.2 Réseau hydrographique

La zone d'étude se situe à proximité du fleuve Rio, ce qui constitue un avantage pour les aquifères de la région. Le régime du fleuve est pluvial tropical, très saisonnier. Certains cours d'eau deviennent temporaires ou stagnants en amont. Le débit moyen du Rio à l'embouchure peut atteindre plus de 1 000 m³/s en saison des pluies, et descendre en dessous de 100 m³/s pendant la saison sèche.

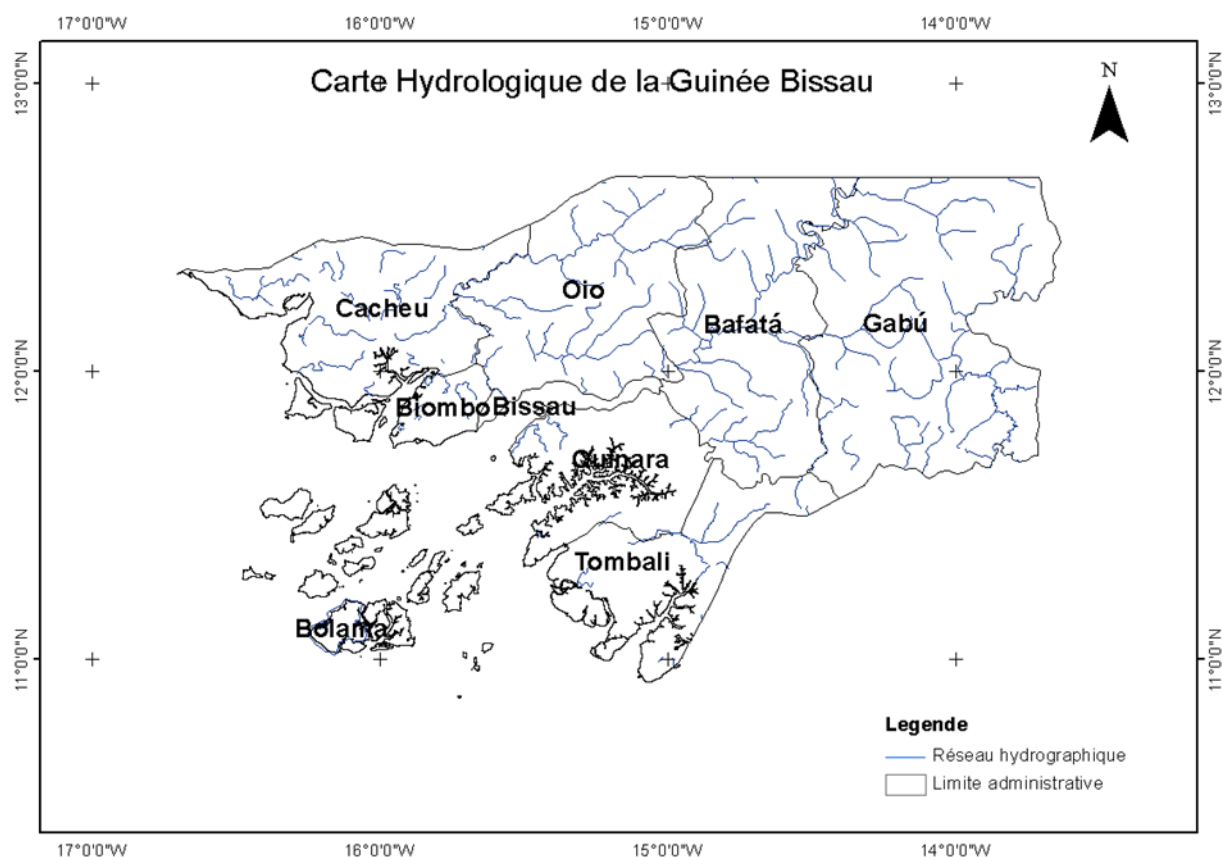


Figure 1 : Carte hydrologique de la Guinée Bissau

II.2.2.3. Relief et Sol

Le relief de la Guinée Bissau est peu accidenté et son altitude ne dépasse pas 100m, à l'exception des collines de Boé au Sud est qui atteignent 300m.



Figure 2 : Carte des altitudes de la Guinée Bissau

Source : (« Oio region » 2025)

Les sols prédominants sont groupés, selon leurs caractéristiques, aux classes consignés dans le tableau ci-dessous :

Tableau 1 : Types de sol de la zone d'étude

N°	Type de sols	Superficies (ha)	% du total
1	Ferralitiques et Fersialitiques	1 960 000	62
2	Litoliques et Litosolos	550 000	17
3	Regosols Psamitiques	20 000	1
4	Sols hydromorphiques	650 000	20
4.1	Continantaux	150 000	5
4.2	Dérivés d'alluvions Maritimes	500 000	15

4.2.1	Polers tropicaux	400 000	12
-------	------------------	---------	----

Source : Rapport Agro pédologiques

II.2.3. Caractéristiques du milieu humain

II.2.3.1 Population

La population totale de la Guinée-Bissau est estimée à environ 1 000 054 habitants, dont 65 % sont des ruraux (FAO_AQUASTA 2005). La densité moyenne est de 43 habitants/km², la croissance démographique s'élève à environ 3 % et l'espérance de vie à la naissance est estimée à 45 ans. En 1994, 50 % de la population vivaient en dessous du seuil de pauvreté (1 dollar EU/jour par personne) et 26 % en extrême pauvreté. Avec l'évolution du cadre de vie et une prise de conscience des acteurs politiques du pays, en 2002, 59 % de la population ont eu l'accès à l'eau potable : 79 % en milieu urbain et 49 % en milieu rural (FAO_AQUASTA 2005). Le taux d'alphabétisation des adultes atteignait 38 % en 2000 et la scolarisation en primaire 41 % entre 1996 et 2002.

II.2.3.2 Le sous -secteur agricole

L'agriculture constitue la base de l'économie de la Guinée Bissau, elle contribue à près de 50% du produit intérieur brut (PIB). Ce sous-secteur permet d'offrir 80% d'emploi et participe à plus de 90% dans la balance d'exportation du pays (FAO_AQUASTA 2005). On compte une multitude de concessions agricoles appartenant aux « ponterios » (pratiquants de l'agriculture mécanisée), peu évolue dans l'agriculture intensifiée. Cela s'explique par le fait que ces exploitants sont plutôt tournés vers la production de cultures d'exportation (noix de cajou et mangues) depuis des années. La production de produits vivriers est alors négligée occasionnant un déséquilibre de la balance commerciale.

III. Présentation du projet

III.1. Contexte et justification du projet

L'agriculture occupe une place centrale dans l'économie de la Guinée Bissau. Les céréales, en particulier le riz constitue la principale denrée alimentaire de la population locale. Cependant, malgré cette dépendance au riz comme aliment de base, la production nationale reste très insuffisante pour couvrir les besoins de la population. En effet, la production annuelle de riz est estimée à environ 85 000 tonnes, alors que les besoins annuels sont évalués à 170 000 tonnes, soit un déficit structurel de l'ordre de 50 % (OLA SMITH CRDI, DAKAR 1996). Cette

insuffisance de la production locale est comblée par des importations massives et des aides alimentaires provenant de la communauté internationale. Bien que ces mécanismes pallient temporairement l'insécurité alimentaire, ils ne constituent pas une solution durable au problème.

Le paradoxe de cette situation réside dans le fait que la Guinée-Bissau dispose d'abondantes ressources naturelles favorables à une agriculture prospère. Le pays bénéficie d'un potentiel agricole important : des terres arables étendues, une pluviométrie favorable, des conditions climatiques propices à diverses cultures et surtout, une abondance de ressources en eau, notamment à travers les rivières, les mangroves et les zones inondables. Pourtant, ces atouts naturels restent largement sous-exploités, faute d'infrastructures agricoles adéquates, de politiques agricoles cohérentes et de moyens techniques et financiers suffisants.

Conscients de l'urgence de renforcer la sécurité alimentaire et de revitaliser l'économie agricole nationale, les autorités politiques de Guinée-Bissau ont décidé d'agir. Avec l'appui financier et technique de la Banque Ouest Africaine de Développement (BOAD), ils ont initié la mise en œuvre du **Projet d'Appui à l'Intensification de la Production Vivrière (PAIPV)**. Ce projet s'inscrit dans une logique de développement durable et vise à renverser la tendance actuelle de dépendance alimentaire. Le PAIPV a pour principal objectif de diversifier et d'intensifier la production agricole vivrière, notamment à travers l'amélioration des systèmes de culture, la réhabilitation et l'aménagement des terres agricoles, et l'introduction de pratiques agricoles modernes et résilientes. Il ambitionne également de mieux structurer les chaînes de valeur, de faciliter l'accès aux intrants agricoles et d'optimiser l'utilisation des ressources hydriques disponibles. En créant un environnement plus favorable à la productivité agricole, le projet vise à accroître la sécurité alimentaire du pays, à réduire les importations de denrées alimentaires et à stimuler la croissance économique rurale.

III.2. Objectif général de l'étude

L'objectif général est de contribuer à l'amélioration des conditions de vie des populations de Mandingara en république de Guinée Bissau par la réalisation d'aménagements de bas-fond et de périmètre maraîcher.

III.3. Objectifs spécifiques de l'étude

Les objectifs spécifiques assignés au projet se traduisent par :

- Identifier, en plus de la culture du riz, des spéculations maraîchères propices aux caractéristiques du sol.
- Concevoir le périmètre irrigué de 5 ha
- Concevoir l'aménagement de bas-fond de 5ha
- Réaliser une analyse technique et financière des systèmes d'irrigation proposés

III.4. Résultats attendus

A la fin de l'étude, les résultats suivants sont attendus :

- Dimensionnement et aménagement d'un bas fond
- Dimensionnement d'un périmètre maraîcher
- Un plan détaillé des aménagements projetés
- L'analyse technique et financière des propositions de variantes d'aménagement
- Etude d'impact environnemental et social.

IV. Revue bibliographique sur la problématique des aménagements hydro-agricoles dans les pays en développement

IV.1. Contexte et enjeux

L'Afrique est un continent caractérisé par une grande diversité climatique. Les précipitations sont variables et, dans beaucoup de régions tout à fait insuffisantes (RADHORT_FAO 2024). La production alimentaire de la région dépend presque entièrement de la pluviométrie alors que l'irrigation pourrait permettre d'augmenter les rendements agricoles. L'irrigation ne joue qu'un rôle mineur dans l'agriculture en Afrique, ce qui est regrettable car une utilisation plus répandue des importantes réserves d'eau souterraines de la région ; pourrait stimuler de manière considérable la production agricole des cultures vivrières et des produits d'exportation de grande valeur(Adam et Baptiste 2023). L'irrigation permet de doubler, voire quadrupler les rendements et faire passer les populations bénéficiaires au-dessus du seuil de pauvreté. Conscient du rôle essentiel de l'agriculture dans l'économie, de nombreux pays, soutenus par des organisations internationales (FAO, Banque Mondiale, NEPAD), ont mis en place des programmes d'investissement importants sur les infrastructures hydro-agricoles en particulier les aménagements hydro agricoles (Philippe, Kane, et Mietton 2001).

Aujourd'hui plus qu'avant, la réalisation d'aménagement hydro-agricole s'affirme comme un important secteur de lutte contre l'insécurité alimentaire et la pauvreté (Camara 2017). Elle représente un levier stratégique pour la sécurité alimentaire, la résilience climatique et le développement rural. Toutefois, dans les pays en développement, ces infrastructures font face à de nombreux défis tels que l'insuffisance de financements, la mauvaise gestion et entretien des aménagements, la mauvaise gestion de l'eau, et l'inadéquation des modèles d'irrigation aux réalités socio-environnementales locales.(Camara 2017).

IV.2. Perspectives d'amélioration

Pour garantir des aménagements hydro-agricoles durables et adaptés, il est essentiel de promouvoir des approches intégrées tenant compte des spécificités locales. L'objectif n'est pas de trouver le système idéal, mais un éventail d'options pouvant être appropriées aux circonstances locales. La recherche de méthodes appropriées est nécessairement guidée et limitée par les connaissances disponibles ainsi que par des expériences empiriques sur le terrain (FAO_AQUASTA 2005).

Dans le but de choisir une ou plusieurs méthodes d'irrigation modernes et les adapter aux besoins et aux situations spécifiques des pays en développement d'Afrique, le premier critère est de réduire les apports en capitale associés à l'installation de tels systèmes (C. Brouwer 1990).

Dans les pays industrialisés, les systèmes vendus dans le commerce sont conçus pour réduire au minimum les besoins de main-d'œuvre : ils se caractérisent par leur consommation élevée en énergie, leur fonctionnement automatisé et leur grande taille, qui permettent de réaliser des économies d'échelle. (Philippe, Kane, et Mietton 2001). Dans de nombreuses nations en développement, l'équation économique est inversée : la main-d'œuvre est plus facilement accessible que le capital et le combustible est plus rare. Les travaux agricoles sont normalement exécutés par des paysans individuels ou par des familles qui n'ont généralement pas les moyens d'investir des sommes importantes dans l'achat de machines, surtout si ces machines doivent être importées de pays lointains. Les systèmes d'irrigation pouvant convenir à ces agriculteurs devraient, dans la mesure du possible, garantir leur autonomie - c'est-à-dire être basés sur l'utilisation de matériaux et de main-d'œuvre locaux. Le processus d'adaptation passe aussi par la reproduction du système à une plus petite échelle, mieux adaptée à la taille d'une exploitation familiale, généralement comprise entre moins d'un hectare et quelques hectares. (FAO_AQUASTA 2005)

IV.3. Pistes de solutions

Après plusieurs années de gestion étatique des grands périmètres, il a généralement été constaté des dégradations rapides des infrastructures, qui ont conduit à leur réhabilitation. Outre des problèmes de malfaçon ou de choix techniques inadaptés, le mauvais état des réseaux s'expliquait par le fait que les agriculteurs, simples usagers, ne se sentaient pas concernés par cet aspect de leur activité, et ne participaient pas à l'entretien de la dite infrastructure, considérée comme "propriété de l'Etat (Delville 1998). Cette réflexion a alimenté les justifications du transfert de gestion de périmètre aux usagers. Ces derniers seront maintenant obligés d'en prendre soin et de veiller à la limitation des dégradations des ouvrages présents sur le site. Ce transfert de gestion de périmètre n'a pas été sans résultats car, dans la plupart des localités une caisse a été mise en place afin de participer à l'entretien des ouvrages (Delville 1998). Alors chaque usager se sentira responsable du bien commun mis à leur disposition.

Des solutions concrètes peuvent aussi inclure le paiement par les bénéficiaires de la totalité des coûts de gestion ainsi que le remboursement partiel des coûts d'investissement,

d'autant plus que les crédits étrangers, internationaux, seront de plus en plus rares pour financer totalement des activités productives comme l'irrigation (FAO_AQUASTA 2005). Les coûts de remboursement partiel permettront d'espérer l'implantation de plusieurs autres surfaces aménagées pour le développement de l'agriculture.

La volonté de promouvoir une recherche sur l'irrigation, orientée par la demande des paysans et non plus par l'offre des chercheurs Africains est un moyen de mener des investigations approfondies sur les technologies d'irrigation locale appropriées dans le but de réduire leurs coûts sur le marché (Camara 2017).

V. Matériels et données de base

V.1. Matériels

La réalisation de ce travail a été rendu possible grâce à l'utilisation d'un certain nombre de matériels, principalement les logiciels.

- AUTOCAD –Covadis : utilisé pour le traitement des données topographiques, et l'élaboration des plans de situation des ouvrages,
- Excel : utilisé pour le dimensionnement préliminaire et final des équipements de l'irrigation,
- Global Mapper et ArcGis : pour la délimitation des limites de la zone d'étude et la réalisation des cartes,
- Google Earth : pour des vues satellitaires du site, reconnaissance du site, délimitation de bassin versant,
- Word pour la rédaction et mise en forme du mémoire ;
- Zotero utilisé pour les références bibliographiques
- Cropwater pour déterminer les caractéristiques climatiques de la zone

V.2. Données de base de l'étude

Dans le cadre de ce projet, une étude préalable avait déjà été faite par un bureau d'étude sur place afin d'obtenir des données de base pour la conception de l'aménagement. Le tableau suivant présente les données qui ont été mises à notre disposition pour exploitation :

Tableau 2 : Ensemble des études de bases

N°	Désignation des études	Résultats attendus
1	Investigation topographique du site	Rapport des études topographiques
2	Etudes Agro-pédologiques	Rapport des études agro-pédologiques
3	Etudes Pluviométriques	Rapport des études pluviométriques
4	Mesures d'infiltration	Rapport études agro pédologiques
5	Etudes Hydrogéologiques	Rapport d'implantation de forage

V.2.1. Contenu des études de base

V.2.1.1 Etude topographique

La topographie joue un rôle très important dans un projet d'aménagement. Le fichier AutoCAD obtenu après la collecte de données sur terrain, renseigne sur :

- Les limites du périmètre à irriguer
- Les déclivités présentes sur le site à aménager
- Les coordonnées géographiques exactes et altitudes du terrain naturel
- Le relief du terrain
- Les distances et dénivelées

V.2.1.2 Etude agro-pédologique

L'étude agro-pédologique vise à caractériser la nature et l'état pédologique du sol sur lequel seront projetés les aménagements. Les informations principales qui ressortent de cette étude sont :

- Les atouts et les contraintes agronomiques des sols analysés
- Les amendements agricoles afin d'améliorer les caractéristiques du sol à irriguer,
- Une orientation poussée sur le choix du type de spéculution à mettre en place en fonction des caractéristiques du type de sol rencontré
- Les profondeurs d'enracinement, les risques d'asphyxie

V.2.1.3 Etude hydrogéologique

Les prospections hydrogéologiques et géophysiques ont été réalisées dans le but de caractériser le réseau hydraulique des aquifères et estimer les ressources en eau souterraine disponibles. Le rapport de cette analyse sur terrain, renseigne sur :

- L'épaisseur de l'altération et la profondeur maximale des forages à réaliser
- L'épaisseur des aquifères
- Le taux de succès de réalisation des forages dans la localité

VI. Organisation de chaque aménagement

VI.1. Le bas-fond

La surface prévue pour aménager le bas-fond est de 5ha. Cette surface est située à proximité du fleuve Rio, qui est un emplacement choisi stratégiquement selon les caractéristiques du terrain (pédologique, topographique et hydrologique). L'ouvrage à mettre en place pour protéger les cultures, réguler les crues et irriguer l'aménagement sera choisi par la suite de l'étude. Cet ouvrage servira à maintenir une lame d'eau temporaire. Une digue de protection sera mise en place afin de protéger l'aménagement contre le débordement des eaux venant du fleuve.

VI.2. Le périmètre maraîcher

En plus du bas fond, une autre partie du site a été identifiée selon les résultats des études de base pour y aménager un périmètre maraîcher. Ce périmètre maraîcher permettra aux agriculteurs d'être productifs toute l'année. Il couvre une superficie de 5 ha. En ce qui concerne la méthode de distribution de l'eau sur le périmètre, il est prévu un système par micro-aspiration. Le système par micro-aspiration permettra de réduire la pénibilité du travail d'irrigation et simplifier l'organisation de l'arrosage, tout en permettant l'utilisation rationnelle de l'eau. Une digue de protection sera placée à l'abord du périmètre maraîcher (face au fleuve) afin de le protéger contre le débordement des eaux du fleuve.

De manière générale, le périmètre maraîcher sera composé de deux parties : l'unité de pompage solaire et le système d'irrigation par aspiration. Le système d'irrigation sera actionné par un ensemble de panneaux solaires monocristallins.

VII. Méthodologie de conception de l'étude

VII.1. Méthodologie de collecte des données de base

Pour atteindre les objectifs assignés à l'étude, la démarche méthodologique de collecte de données se résume dans les phases suivantes :

- La phase de recherche bibliographique : Cette étape a consisté à analyser les recherches précédentes sur la problématique de la thématique. Cette analyse permet de synthétiser les informations pertinentes afin de produire une revue de littérature.
- La phase de collecte de données de base : Elle a permis de recueillir les données nécessaires pour mener à bien l'étude. Durant cette phase, les études suivantes ont été effectuées à savoir :

VII.1.1. Les études d'investigation topographique

Pour la collecte des données topographiques, une sortie de terrain a été nécessaire pour une visite préliminaire et une reconnaissance de site. La visite préliminaire a permis d'observer l'état naturel des lieux, d'étudier les différentes possibilités d'exécution des travaux et de définir la méthode à suivre.

A la suite de cette visite, une autre sortie de terrain a été faite mais cette fois ci dans le but d'effectuer les levées topographiques. Le déroulement des levées commença par la mise en place des points de station. Il est très important de matérialiser les points de station par des points d'appui solides, fixes, stables et bien assurés ou qui ne risquent pas d'être enlevés. Les points matérialisés faciliteront la lecture des valeurs à mesurer et par la suite l'obtention de coordonnées exactes.

Après avoir terminé les travaux sur terrain, on passe ensuite par le traitement des données collectées au moyen des logiciels informatiques AUTOCAD, ARCGIS, GLOBAL MAPER.

VII.1.2. L'étude agro-pédologique

Pour la collecte des données agro-pédologiques, une étude pédologique a été réalisée permettant de mettre en évidence l'aptitude des sols à l'irrigation sur la base de leurs caractéristiques hydrodynamiques, de la capacité d'infiltration, des taux remarquables d'humidité et d'autres caractéristiques physico-chimiques. Pour ce faire, des essais ont été réalisés in situ et en laboratoire afin de faire ressortir les caractéristiques importantes et nécessaires à l'étude.

Il est important de rappeler que les essais qui ont été effectués sur le terrain sont la densité apparente, l'infiltration à l'aide de la méthode à double anneau et une fosse pédologique complémentaire (afin de mesurer les épaisseurs des matériaux terreux).

VII.1.3. L'étude pluviométrique

Dans le cadre de cette étude, les données pluviométriques ont été recueillies à la station météorologique la plus proche du site dénommé Bissau. Ces données sont le résultat d'une étude statistique menée dans la zone du projet sur la période 1985 à 2023. Il serait important de rappeler que les données fournies pour l'étude, concernent essentiellement les valeurs pluviométriques de la zone du projet.

VII.1.4. L'étude hydrogéologique

Dans le cadre de cette étude, un sondage électrique a été réalisé dans chaque localité sillonnée et sur le site souhaité. Les sondages ont été réalisés avec la ligne de courant $AB = 200\text{m}$ et $MN = 20\text{m}$ (Adam et Baptiste 2023). Le principe technique de cette méthode est de mesurer la résistivité électrique à différentes profondeurs en un point donné. Cette méthode permet d'analyser les comportements hydrodynamiques des principaux aquifères de la région d'étude. Les prospections géophysiques sur des forages d'exploration et d'exploitation de la région ont aussi été réalisées. Pour mener à bien cette étude les étapes ci-dessous ont été parcourues :

- **Première étape** : la première étape a consisté à réaliser une revue de la littérature scientifique et technique existante, par la suite, analyser les données cartographiques afin d'obtenir une vision topographique, hydrographique de l'ensemble du site. Ensuite identifier les points d'eau (forages, sources et autres ouvrages hydrauliques) présents sur le site et dans les environs.
- **Seconde étape** : Cette étape a consisté à la réalisation des investigations sur le terrain. Les investigations sur le terrain ont été nécessaires pour affiner la connaissance du milieu hydrogéologique. Elles comprennent entre autres :
 - **La reconnaissance géologique** : Elle permet de réaliser des observations directes sur le terrain pour caractériser les formations géologiques, les structures et les indices hydrogéologiques.
 - **Les sondages** : Des sondages ont été réalisés dans le but de prélever des échantillons de sol et de roche, mesurer les niveaux piézométriques et effectuer des essais de perméabilité.
 - **Les essais de pompage** : Ils ont consisté à mettre en œuvre des pompages dans les forages pour déterminer les caractéristiques hydrauliques des aquifères (transmissivité, coefficient de stockage).

- **Les mesures géophysiques** : selon l'envergure du projet, l'utilisation des méthodes géophysiques (résistivité électrique, électromagnétisme, etc.) peuvent permettre d'obtenir des informations sur la structure du sous-sol et la localisation des aquifères.

Les investigations réalisées à cette étape de l'étude hydrogéologique permettent de collecter des données directes et précises sur les conditions hydrogéologiques du site.

VII.2. Méthodologie de dimensionnement des aménagements

VII.2.1. Méthodologie de dimensionnement du bas-fond

L'observation de la zone d'étude sur google Earth, a permis d'apercevoir un cours d'eau s'écoulant à travers la zone d'étude. Ce cours d'eau est situé en un point bas de la topographie, dans une crevasse. Ce qui a permis de proposer un bas-fond comme aménagement hydroagricole à l'abord de celui-ci.

Afin de proposer l'emplacement idéal du bas fond, il a été question d'analyser la carte d'aptitude culturale de la zone soumise à l'étude. Une réflexion poussée sur les risques d'inondation des cultures a été émise.

VII.2.1.1 Traitement des données

Le traitement des données topographiques s'est fait à l'aide de logiciels tels que AutoCAD, ArcGIS, Covadis, Google Earth, Global Mapper ; afin de réaliser les cartes de la zone du projet, de faire ressortir les courbes de niveau, de déterminer des caractéristiques topographiques (altitudes, déclivités) des sites et d'élaborer des plans d'aménagements des différentes infrastructures.

L'analyse de la carte pédologique de la zone d'étude a permis d'avoir une idée sur le pourcentage des superficies culturales de la zone. Elle montre clairement les différentes classes des sols rencontrées et les aptitudes culturales de la zone.

Après réflexion, en tenant compte de la topographie de la zone d'étude et des aptitudes culturales de la zone (90 % favorable au riz), il a été proposé de mettre en place un ouvrage d'épandage et de régulation afin de stocker temporairement une lame d'eau.

Il existe deux types d'ouvrages d'épandage et régulation à savoir la digue filtrante et la digue déversant ou seuil rizicole. Dans le cadre du projet, la digue déversant est la plus adaptée ; elle servira au maintien d'une lame d'eau favorable au riz.

VII.2.1.2 Identification de l'emplacement du seuil rizicole

Pour le choix de l'emplacement du seuil de la digue, le fond topographique superposé par les courbes de niveau, a permis d'apercevoir les différents points de chute d'eau dans le bas fond, elle a aussi permis de voir le sens préférentiel d'écoulement des eaux. De cette analyse, il en est ressorti plusieurs sites de 5 ha de bas fond. Ces sites sélectionnés sont ceux présentant les meilleures potentialités. Un site sera choisi pour le dimensionnement en fonction des caractéristiques recherchées.

Par la suite, une étude hydrologique a été menée dans le but de quantifier le débit de crues.

a. Etude hydrologique

Les étapes suivies dans l'étude hydrologique se présente comme suit :

- **Délimitation du bassin versant du site et caractérisation** : la délimitation du bassin versant a été faite à l'aide du logiciel google Earth et du logiciel global Mapper. Plusieurs paramètres caractérisent le bassin versant et permettent d'avoir une idée sur sa forme, son emprise, son relief. Mais dans le cadre de cette étude les paramètres à rechercher seront le périmètre, la surface, la longueur équivalente, la pente moyenne et le coefficient de Gravelus. Par la suite, ces paramètres serviront à la détermination de débit.
- **Choix et justification de la méthode de calcul de débits** : le choix de la méthode de détermination de débits s'est fait après détermination des principales caractéristiques du bassin versant, en particulier la surface. L'analyse de la surface du bassin versant a permis de choisir la méthode rationnelle comme méthode de détermination de débit.
- ✓ **Méthode rationnelle**

Cette méthode est appropriée pour les petits bassins versants de superficies inférieures à $4km^2$. Elle permet d'obtenir un débit de crue sur un petit bassin versant de coefficient de ruissellement supposé uniforme sur toute la surface du bassin (« L'étude hydrogéologique : tout savoir » 2024).

Le débit de pointe de la crue est défini par l'équation suivante :

$$Q = 0,00278 \times C \times I \times A \quad (1)$$

Avec :

Q : Débit de pointe (m^3/s)

C : Coefficient de ruissellement

I : Intensité de la pluie (mm/h)

A : la surface du bassin versant (km^2)

b. Dimensionnement du seuil

Dans le cadre de cette étude, le dimensionnement du seuil a consisté à déterminer la longueur du seuil. La longueur sera tirée de la formule de l'équation de l'écoulement sur seuil dénoyé.

Equation du seuil dénoyé

$$Q = m \times L \times \sqrt{2 \times g} \times h^{\frac{3}{2}} \quad (2)$$

Avec :

$Q (m^3/s) =$ Débit

$m = 0,4$

$g = 9,81m/s$

L : longueur déversant en m ;

h : hauteur de la lame d'eau déversant en m ($0,4 < h < 0,7$ pour les déversoirs en moellons).

VII.2.2. Méthodologie de dimensionnement du périmètre irrigué

A travers Google Earth, une vue d'ensemble a été observée dans le but de déterminer l'emplacement idéale pour le site du périmètre irrigué. Sur google Earth, les coordonnées des points de forage positifs ont été implantées dans le but de connaître avec précision leur emplacement. Le périmètre irrigué sera approvisionné en eau grâce à l'eau de forage. Les images satellitaires de la zone d'étude renseignent sur les sites à proximité de ces points de forages trouvés et par la suite, en fonction des caractéristiques de la zone, faire un choix.

VII.2.2.1 Traitement de données

Le traitement des données débuta par l'identification de la ressource en eau. Ainsi, la ressource en eau qui sera utilisée pour irriguer le périmètre est une source d'eau souterraine qui sera capté par foration.

Concernant l'étude pédologique, elle révèle le potentiel des sols présent sur le site en tant que support viable pour les cultures, donne la texture des sols ainsi que leurs propriétés hydrodynamiques. Les informations recueillies de cette analyse, permettront de marquer les limites des périmètres irrigués et faciliter la délimitation de leurs surfaces. Pour ce faire, la carte d'aptitude pédologique a été superposé sur le fond topographique, à l'aide du logiciel ArcGIS afin de délimiter les différentes zones favorables aux cultures maraîchères. Et par la suite faire le choix de la zone la plus adaptée. Le choix des spéculations à mettre en place dépend aussi des résultats de l'étude pédologique.

L'analyse du fond topographique a donné un aperçu détaillé sur les altitudes et déclivités de la zone du projet ce qui a permis de proposer un système d'irrigation adapté. Le choix du type de système d'irrigation repose sur un ensemble de critères et de contraintes en plus de la topographie à savoir :

- La disponibilité en quantité de la ressource en eau de qualité,
- La disponibilité en ressources énergétiques,
- La nature de la ressource en eau (souterraine ou de surface),
- La nature des cultures,
- La nature du sol (perméabilité),
- Les facteurs socio-économiques et culturels

VII.2.2.2 Dimensionnement du périmètre maraîcher

La surface totale du périmètre à aménager est de 5ha. Le périmètre maraîcher étant approvisionné en eau par un forage de 40 m de profondeur (profondeur maximale acceptable du niveau dynamique de 30m). Le débit de forage de la zone est compris entre 5 et 10m³/h par heure (selon les résultats du rapport d'implantation de forage). Dans ces forages, seront immergées des pompes qui prélèvent l'eau en utilisant de l'énergie électrique. Cette énergie

électrique consommée par le pompage est produite à partir du rayonnement solaire grâce à des plaques photovoltaïques et des batteries.

- **Choix de la spéculation**

Le choix des spéculations a été fait sur la base des habitudes culturelles de la population environnante, les aptitudes culturelles du sol, la maîtrise des cultures choisies par la population, la facilité de vente des spéculations sur le marché.

- **Organisation de l'arrosage**

Chaque exploitant aura une superficie de 0,2 ha s'équivalant à 2000m² sur toute l'étendue de la surface à irriguer soit un nombre de 19 exploitants. Pour une meilleure organisation et facilité d'arrosage, les spéculations du système seront arrosées par tour d'eau et par bloc.

VII.2.2.3 Evaluation des besoins en eau des cultures

L'estimation des besoins en eau des cultures dépend de plusieurs paramètres à savoir :

- Le type de culture,
- Les caractéristiques agronomiques du sol,
- Les conditions climatiques (humidité, pluviométrie, température).

Les valeurs mensuelles des pluies efficaces seront déterminées par l'équation suivante tirée du manuel de la FAO sur les techniques d'irrigation sous pression :

- Si $P < 70$ mm alors $P_e = 0,6 \times P_{\text{moy}} / \text{mois}$,
- Si $P > 70$ mm alors $P_e = 0,8 \times P_{\text{moy}} / \text{mois}$.

Les besoins en eau seront estimés dans un objectif d'irrigation totale par des arrosages réguliers des parcelles jusqu'à la maturation des cultures selon un calendrier d'arrosage. L'évaluation des besoins bruts comprend de façon approximative les pertes en eau dans le réseau d'irrigation par les fuites et les pertes par percolation.

VII.2.2.4 Méthodologie de dimensionnement du système par aspersion

a. Dimensionnement préliminaire

Le dimensionnement préliminaire est l'étape qui consiste à déterminer les paramètres nécessaires à l'estimation des besoins en eau du périmètre. Il a permis de façon plus explicite, à déterminer la dose brute (Db) qui est la lame d'eau à introduire dans le sol pour que la plante

y puise durant le tour d'eau T, la quantité d'eau nécessaire à sa croissance. Les paramètres qui ont servi à la détermination de la dose brute (Db) sont entre autres l'évapotranspiration maximale (ETM), le besoin maximal de pointe (BMP pointe), la fréquence d'irrigation (F), la réserve facilement utilisable (ETM). Ce design a aussi permis de déterminer le débit total du système (Qtot).

Les formules utilisées pour le calcul de la dose brut jusqu'au débit total du système sont représentées dans le tableau ci-dessous :

Tableau 3 : Formules de dimensionnement préliminaire

N°	Désignation	Formules
(3)	Évapotranspiration maximale (ETM)	$ETM = Kc \times ETP_{cal}$ <u>Avec :</u> ETM : Évapotranspiration maximale sur la période considérée [mm] ETP_{cal} : Évapotranspiration calculée sur la période du mois [mm] Kc : Coefficient cultural de la phase de croissance considérée [-]
(4)	Besoin net (Bnet)	$Bnet = ETM - Pe$ <u>Avec :</u> Bnet : Besoin net [mm] ETM : Évapotranspiration mensuelle [mm] Pe : Pluie efficace mensuelle [mm]
(5)	Besoin brut (Bbrut)	$B_{brut} = \frac{Bnet}{Eff}$ <u>Avec :</u> Bbrut : Besoin brut [mm] Bnet : Besoin net de la phase cultural considéré suivant le mois [mm] Eff : Efficience du système d'irrigation [-]
		$DFC = \frac{Bbrut \times 1000}{N.jrs_{reel} \times 24 \times 3600}$ <u>Avec :</u>

(6)	Débit fictif continu (DFC)	DFC : Débit fictif continu [l/s/ha] B_{brut} : Besoin brut [m³/ha] N.jrs réel : Nombre de jours réel de la phase considéré dans le mois [j]
(7)	Réserve Facilement utilisable (RFU)	$RFU = RU \times P$ <u>Avec</u> : RFU : Réserve facilement utilisable [mm] RU : Réserve utile du sol [mm] P : Facteur de tarissement [-]
(8)	Fréquence d'arrosage maximale (F)	$F = \frac{RFU}{\max BMP_j}$ <u>Avec</u> : F : Fréquence d'arrosage max [j] RFU : Réserve facilement utilisable [mm] Max BMP_j : valeur maximale des Besoin max journalier (par phase cultural) [mm/j]
(9)	Dose brute (D _B)	$D_B = \frac{Dr}{e}$ <u>Avec</u> : D_B : Dose brute [mm] Dr : Dose réelle [mm] Eff : efficacité du réseau [-]

b. Dimensionnement final

Le dimensionnement final a consisté à l'ajustement des résultats obtenus du dimensionnement préliminaire en fonction de la configuration du terrain, en fonction des asperseurs disponibles sur le marché, et des techniques d'irrigation à mettre en place. Le dimensionnement final prend en compte les données liées à la source d'eau. Le réseau conçu doit être apte à acheminer l'eau de la source jusqu'au pied de la plante tout en respectant les conditions de pression et de débit afin de répondre aux besoins en eau de la culture.

- **Sélection des asperseurs**

Pour le choix des asperseurs, le premier facteur à prendre en compte, est la vitesse d'infiltration du sol. Cette vitesse devra être supérieure à la pluviométrie de l'asperseur afin d'éviter que l'eau d'irrigation ne ruisselle ni ne cause de dommage aux plantes.

Les asperseurs doivent satisfaire les besoins en eau d'irrigation à la fréquence d'irrigation prévue. La disposition carrée est celle qui a été adoptée comme configuration de la parcelle (Espace entre les rampes et les émetteurs identiques, ceci afin d'assurer le recouvrement et une infiltration uniforme).

- **La pression nominale**

L'expression de la pression nominale est donnée par la formule :

$$P_{nom}(m) \geq 5 \times \Delta P_{tot}$$

Avec :

ΔP_{tot} : la perte de charge totale dans le réseau

- **Perte de charge totale du réseau**

$$\Delta P_{tot}(m) = \Delta E_{tot} + \Delta H_{tot}$$

Avec :

ΔE_{tot} : dénivelée topographique totale

ΔH_{tot} : perte de charge totale (friction et locale) dans le réseau prise égale

- **Ecartement des asperseurs et rampes**

Pour déterminer l'espacement entre les asperseurs et les rampes, la formule ci-dessous a été utilisé :

$$\begin{cases} e_{asp} = Long_{perim}/n \text{ ou } e_{asp} = Larg_{perim}/n \\ e_{rampe} = e_{asp} \text{ (pour une disposition " carrée ")} \end{cases}$$

Avec :

$Long_{perim}$: longueur du périmètre

$Larg_{perim}$: largeur du périmètre

N : nombre entier diviseur de la largeur ou de la longueur

e_{asp} : écartement des asperseurs

e_{rampe} : écartement des rampes

Les autres paramètres du dimensionnement final sont donnés dans le tableau suivant :

Tableau 4 : Formules de dimensionnement finale

N°	Paramètres	Formules
(10)	Nombre de rampes en fonctionnement simultané initial ($Nb_{rp-init}$)	$Nb_{rp-init} = \frac{Long_{perim}}{e_{rampe}}$
(11)	Pluviométrie de l'asperseur (P_{asp})	$P_{asp}(mm/h) = \frac{Q_{asp} \cdot 1000}{e_{asp} \cdot e_{rampe}}$
(12)	Temps par poste d'arrosage (T_S)	$T_S(h) = \frac{D_b}{P_{asp}}$
(13)	Nombre par poste par jour (N_S)	$N_S = \frac{T_{wmax}}{T_S}$
(14)	Débits d'équipement (q_e)	$q_e(l/s \cdot ha) = \frac{Nb_{sous-prim} \cdot Q_{sous-prim}}{0,36 \cdot Lon_{perim} \cdot Lar_{perim}}$
(15)	Débit total du système (Q_{syst})	$Q_{syst}(m^3/h) = 3,6 \cdot q_e \cdot A$
	Paramètres	Formules
(16)	Dimensionnement des conduites	$D_{th}(m) = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot V}}$
(17)	Pertes de charge dans les conduites	$\Delta H_{conduite}(m) = a \cdot \left(\frac{Q_{conduite}}{3600} \right)^n \cdot \frac{1}{(D_{conduite})^m} \cdot L_{conduite}$ $= F \cdot L_{conduite}$
(18)	Vérification de la condition de pression dans les conduites	$\Delta P_{conduite}(m) = \Delta H_{conduite} - (E_i - E_d)$ $\leq \Delta H_{adm} = 20\% P_{nom}$

VII.3. Dimensionnement du système d'alimentation solaire

VII.3.1. Sélection de la pompe

a. Hauteur manométrique totale (HMT)

$$HMT(m) = H_{geo} + \sum pdc \quad (19)$$

Avec :

$H_{geo}(m)$: hauteur géométrique

$\sum pdc (m)$: pertes de charge à l'aspiration et au refoulement

b. Puissance utile (hydraulique) de la pompe (P_u)

$$P_u(kW) = \rho \times g \times Q_f \times HMT_f \quad (20)$$

Avec :

$\rho (kg/m^3)$: masse volumique de l'eau

$g(m/s^2)$: accélération de la pesanteur

$Q_f(m^3/s)$: débit au point de fonctionnement

$HMT_f(m)$: hauteur manométrique totale au point de fonctionnement

c. Choix de la pompe

Les caractéristiques nécessaires pour effectuer le choix de la pompe sont le débit véhiculé et la hauteur manométrique totale. Les caractéristiques nominales à sélectionner doivent être supérieures à celle calculer. Le Débit au point de fonctionnement de la pompe dans le réseau doit être tel que :

$$Q_f(m^3/h) = Q_n \pm 5 \text{ à } 7\% Q_n \quad (21)$$

Avec :

$Q_n(m^3/h)$: débit véhiculé dans le réseau

VIII. Résultat d'études

VIII.1. Résultats agro pédologique et géophysique

VIII.1.1 Classes d'aptitude culturale de la zone du projet

L'étude agro pédologique de la zone a permis d'établir une carte montrant les caractéristiques culturales de la zone d'étude. La carte est représentée à la figure 3 ci-dessous.

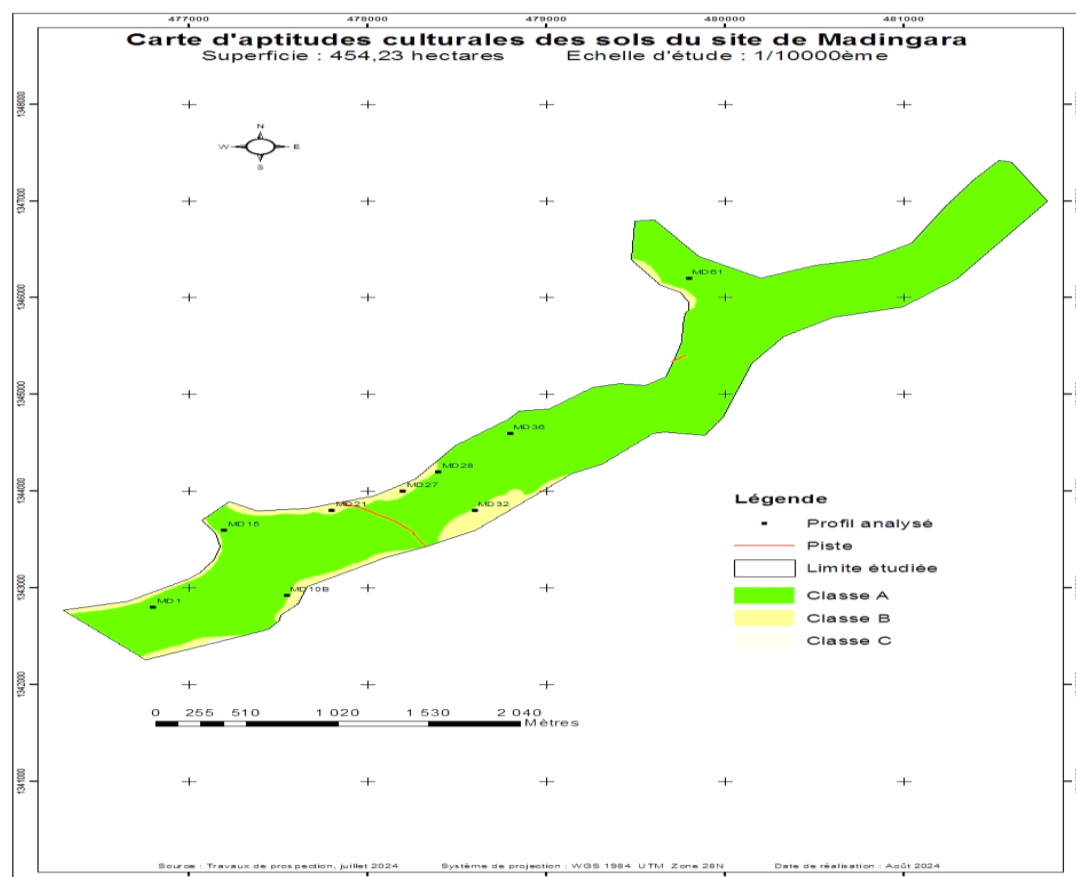


Figure 3 : Carte d'aptitude culturale de la zone d'étude

Source : Rapport agro pédologique de la zone

Le tableau 5 ci-dessous, explicite la légende donnée dans la carte pédologique afin de mieux comprendre la carte.

Tableau 5 : Caractéristiques culturelles

Classes de sol	Superficies		Vocation culturelle
	m^2	%	
A	418, 56	92,15	Favorable au riz pluvial de bas-fonds Peu favorable aux autres céréales, aux cultures maraîchères.
B	35,27	7,76	Défavorable aux cultures fruitières, à l'arachide, au niébé. Peu favorable au riz pluvial
C	0,40	0,09	Favorable au maïs, sorgho, aux cultures maraîchères et fruitières, à l'arachide, au niébé. Défavorable au riz pluvial de bas-fond et aux cultures fruitières.

Source : Rapport agro pédologique

Conclusion étude pédologique

Le rapport de l'étude pédologique montre clairement que la vocation principale culturelle est la riziculture. Cette zone a une valeur d'infiltration de 4,98 mm/h. Ensuite vient la maraichère culture sur une petite portion de la zone d'étude avec pour valeur d'infiltration 5,45 mm/h. Les cultures céréalières et fruitières ne sont pas conseillées sur certaines parties du périmètre. Le sol propice à ces cultures sur notre zone d'étude a une valeur d'infiltration de 6,78 mm/h. Leur occupation culturelle reste très faible.

C'est à travers l'analyse de ces résultats qu'a été fait le choix de la culture du riz pluvial de bas-fond et la mise en place de quelques cultures maraîchères sur les zones propices.

VIII.2. Traitement de données topographiques

Le traitement des données topographiques par le logiciel AutoCad a permis d'obtenir un fond topographique géoréférencé qui montre clairement les différences d'altitudes présentes sur la zone d'étude. Sur ce fond topographique, les courbes de niveau ont été superposés dans le but de caractériser le sens préférentiel d'écoulement des eaux. Le fond topographique est représenté dans les pièces graphiques.

Conclusion des études topographiques

Le site soumis à l'étude est une zone de fond plat, concave de vallons, de petites vallées d'écoulement inondable. Cette zone est soumise à des fluctuations verticales et à des écoulements latéraux. Ces écoulements latéraux convergent des points haut (les berges) vers le fond de la vallée tout en suivant les courbes de niveau. La pente est le facteur le plus important pour modéliser et comprendre un écoulement, d'où l'importance des levés topographiques.

C'est au regard de la morphologie et des caractéristiques de cette zone, qu'il a été proposé la mise en place d'un aménagement rizicole de bas-fond.

VIII.3. Traitement de données hydrogéologiques

Les prospections hydrogéologiques et géophysiques pour l'implantation des forages ont été réalisées dans le cadre de cette étude, par sondage électrique. Ces sondages ont été réalisés dans chaque localité sillonnée. L'analyse des données géophysiques par le logiciel IPI2WIN présente différents aquifères avec les niveaux aquifères compris entre 20 et 35 m de profondeur par rapport au TN. Par conséquent, la profondeur maximale estimative retenue pour chaque forage à réaliser est de 40 m. La figure 4 ci-dessous montre la répartition des aquifères de la Guinée-Bissau.

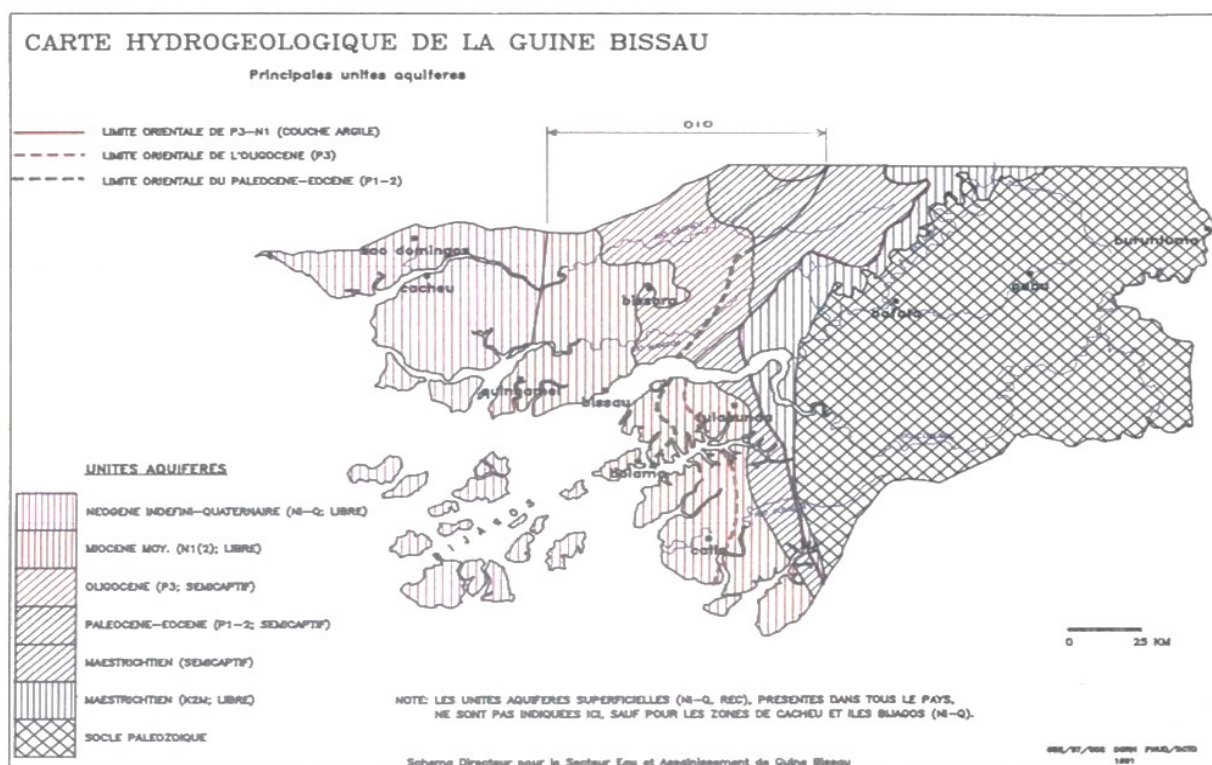


Figure 4 : Carte hydrogéologique de la Guinée Bissau

Source : Rapport hydrogéologique de l'étude de base

Conclusion étude hydrogéologique

Le taux de succès lors de la réalisation des forages est de 95%. Ce taux de succès fixé ne prend pas en compte la qualité de l'eau (au vu de la très forte intrusion saline et le taux très élevée en fer) de la région de Oio. Ce résultat positif permet de considérer comme source d'eau d'irrigation, la source d'eau souterraine. Ainsi, les systèmes d'irrigations seront dimensionnés en fonction des caractéristiques des points d'eau forée.

VIII.4. Traitement de données pluviométriques

Les données pluviométriques de la zone d'étude sont représentées dans le tableau 2 annexe 2. Ainsi, la figure ci-dessous donne la représentation graphique des pluies moyennes annuelles de la zone d'étude (1985 à 2023).

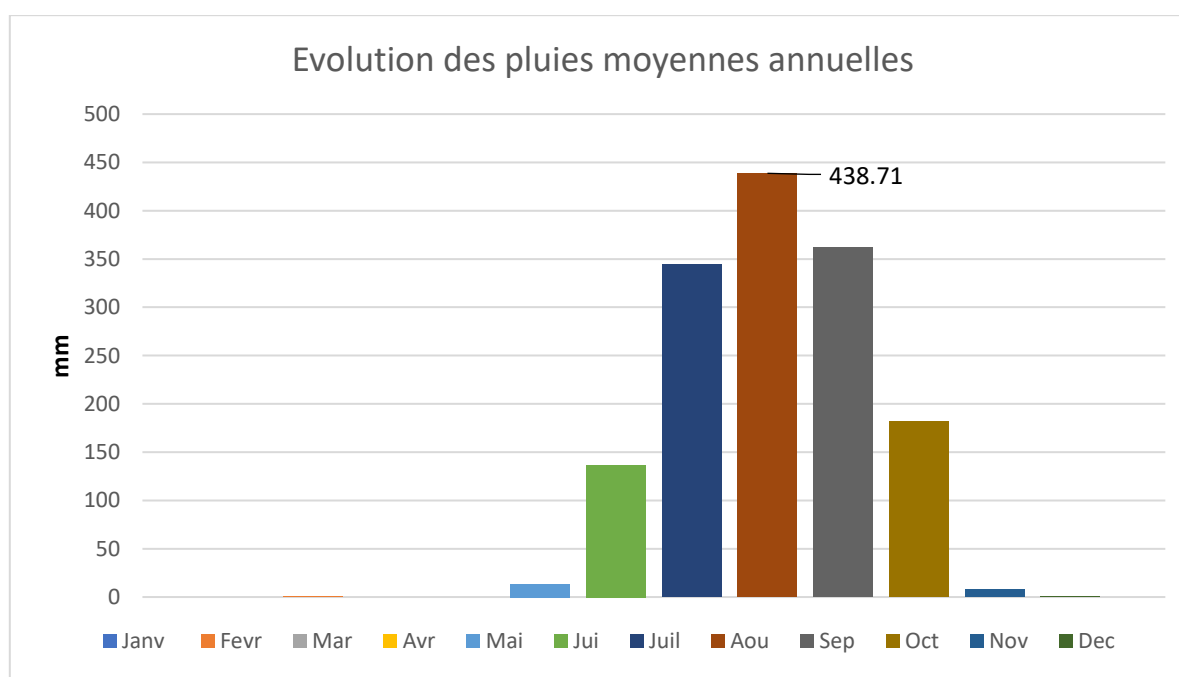


Figure 5: Représentation des pluies moyennes annuelles

Sur la figure 5, nous pouvons remarquer que c'est le mois d'Août qui a la pluviométrie (438,71 mm) mensuelle la plus élevée.

VIII.5. Hypothèse de calage des Digues de protection

La présence des digues de protection modifie les conditions d'écoulement, réduisant ainsi l'étendue des zones potentiellement inondables. Afin de garantir un niveau de sécurité adéquat, une hypothèse sécuritaire sur la base des niveaux d'eau rarement atteints sur le terrain

(PHE) et pour tenir compte de l'effet du remous d'exhaussement engendré par une telle infrastructure de protection (digues), la côte de référence retenue pour de calage des digues est fixée à 6,00 m, soit PHE (5,50 m) majorée d'une revanche de 0,50 m.

VIII.6. Résultats d'aménagement de bas-fond

Dans cette partie du document, seront présentées les conclusions qui ont été tirées lors de l'analyse des études de bases.

VIII.6.1. Présentation des différents sites de bas fond

Après interprétation des différents résultats d'étude de base, une délimitation de plusieurs sites d'aménagement de bas-fond a été proposé ci-dessous en figure 6.

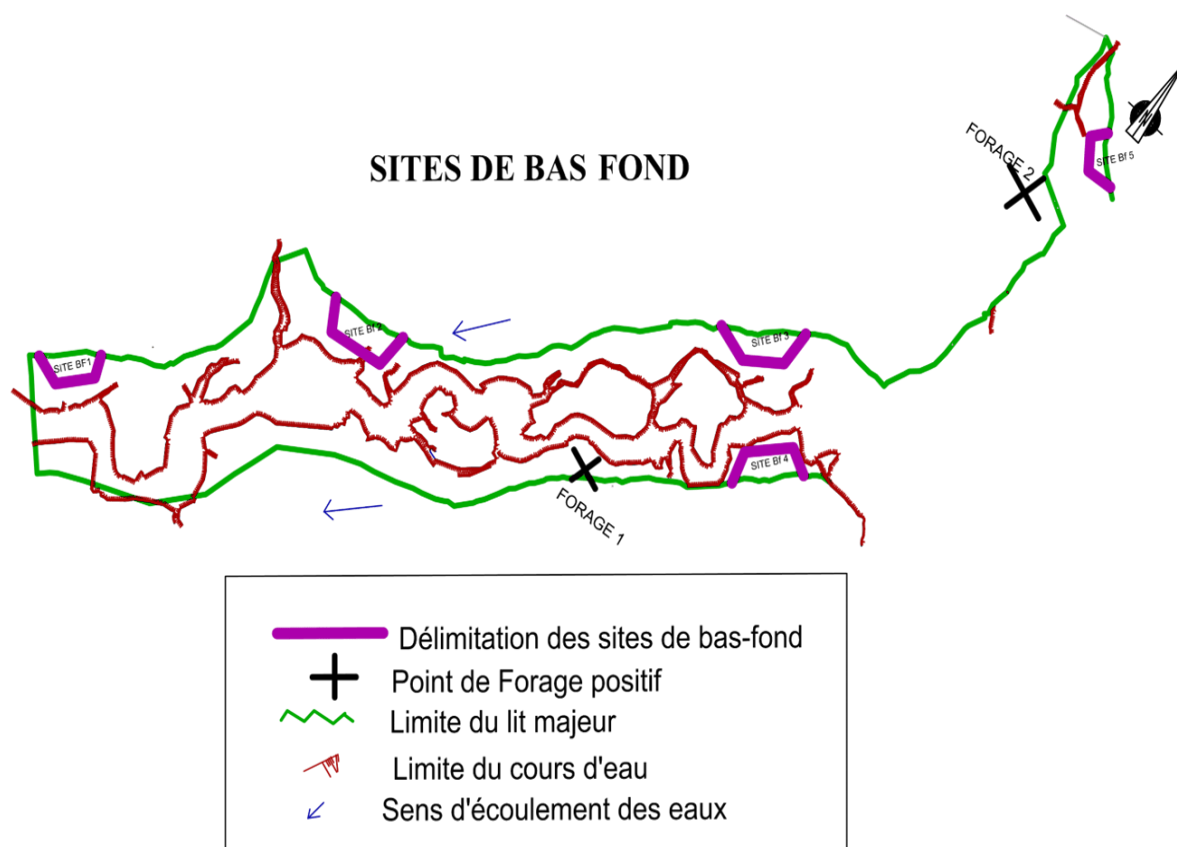


Figure 6 : Sites potentiels d'aménagement de bas-fond

VIII.6.2. Présentation du site retenu

Le site retenu ci-dessous (figure 7) présente le site qui a les meilleures potentialités de la zone d'étude en termes de caractéristiques agronomiques nécessaires à la mise en place d'un bas-fond.

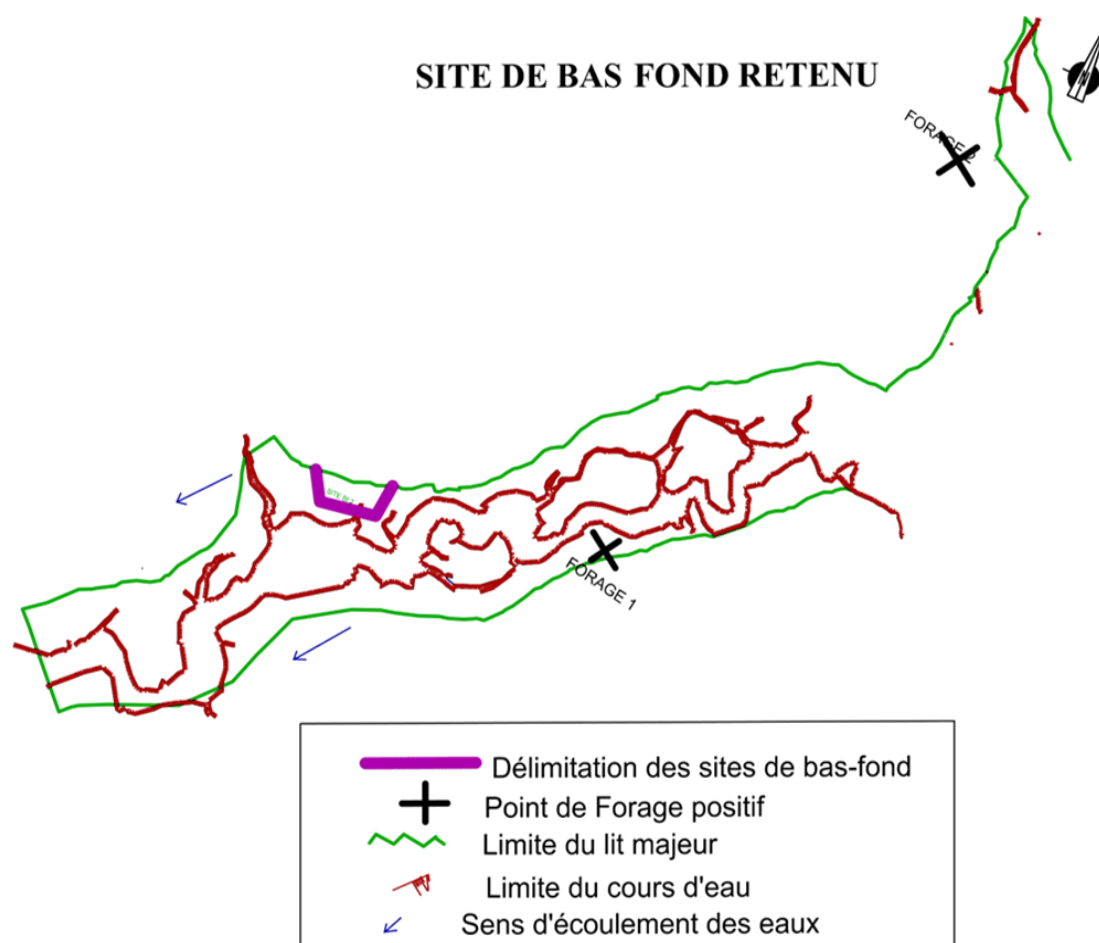


Figure 7 : Site d'aménagement retenu

VIII.6.3. Dimensionnement du seuil rizicole

VIII.6.3.1. Etude Hydrologique

a. Caractérisation du bassin versant

La figure ci-dessous représente la forme du bassin versant obtenue après délimitation sur Google Earth et global Mapper.

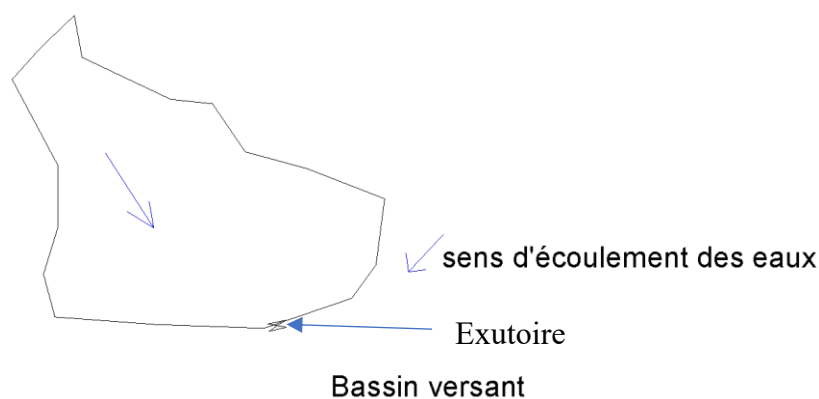


Figure 8 : Bassin versant du site d'aménagement de bas-fond

La forme ovale du bassin versant montre que le bassin n'est pas sujette à l'érosion. Il n'a pas d'impact d'érosion énorme suivant le sens d'écoulement des eaux. Par conséquent les pentes sont faibles. Le calcul de l'indice globale de pente vient confirmer cela. Les caractéristiques du bassin versant obtenu sur la surface d'aménagement de bas-fond se trouve dans le tableau 6 ci-dessous.

Tableau 6 : Caractéristique du bassin versant

Climat	Tropical chaud
Surface (km ²)	0,14
Périmètre (km)	1,6
Typologie du bassin suivant la taille	Petit bassin
Typologie du réseau hydrographique	Dendritique
Coefficient de compacité de GRAVELIUS	1,21
Longueur du rectangle équivalent (km)	0,54
Indice global de pente (M/ km)	2
Type de relief	Faible

VIII.6.3.2. Identification de l'emplacement du seuil rizicole

a. Détermination des caractéristiques du seuil

En utilisant la formule (1), le débit de pointe obtenu de la méthode rationnelle est le résultat suivant :

$$Q = 3,47 \text{ m}^3/\text{s}$$

Par la suite, le débit obtenu permet de déterminer la longueur du seuil déversant en utilisant la formule (2). La longueur du seuil est de 4 m et sa hauteur retenue de 1,45 m. Cette hauteur a été choisie ainsi, par ce qu'au-delà de 1 m, il est difficile de cultiver du riz. La digue située de part et d'autre du seuil, servira à canaliser l'eau temporairement. C'est ainsi qu'une retenue d'eau sera créée pendant la saison pluvieuse afin de maintenir une hauteur d'eau nécessaire (5 cm à 15 cm) selon le stade végétatif du riz.

b. Calage du seuil

Pour le calage du seuil, un profil en long de la digue a été fait (voir pièces graphiques) sur Covadis à l'aide du fond topo afin de déterminer la côte la plus basse sur le long de la digue pour y placer le seuil déversant. En plus de cela, l'observation du réseau hydrographique de la zone d'étude a été déterminante, elle permet d'identifier l'effluent du fleuve le plus proche du site choisi qui est le chemin préférentiel de ruissèlement des eaux vers ce cours d'eau situé un peu plus bas. Après analyse du profil en long (voir pièces graphiques), il a été retenu que le

seuil sera placé à une côte TN de 3,96 m. Le seuil sera en béton armé et la digue constitué d'un muret en maçonnerie de moellon avec une épaisseur de 40 cm. La profondeur d'ancrage du seuil est de 0,4 m.

En fonction de la topographie du bas-fond, l'observation des courbes de niveau et le sens préférentiel des écoulements, le tracé de la digue a été fait. Elle a une longueur de 438 m.

c. Récapitulatif des résultats d'étude de conception du seuil

Le bas-fond est d'une superficie de 5ha répartie en plusieurs parcelles de 0,20 ha. Chaque parcelle rizicole sera tenue par un exploitant, mais 20 exploitants seront présents sur l'aménagement rizicole. Le riz qui sera cultivé est le riz Bissao (riz de bas-fond le plus cultivé en Guinée). Il a un cycle de 120 jours. La représentation graphique du bas-fond est montrée en pièces graphiques.

Tableau 7 : Récapitulatif des résultats d'étude de conception du seuil

<u>Localité</u> : Mandigara	
Région : Oio	
<u>Coordonnées du site</u> : latitude : 12°28'60'' longitude : 15°13'0''	
Seuil	
Type	Frontal à seuil déversant ou rizicole
Côte TN de calage de seuil (m)	3,96
Côte maximale de calage du seuil (m)	5,4
Hauteur du seuil (m)	1,44
Ancrage (m)	0,4
Longueur du seuil (m)	4
Longueur de la digue (m)	438
Hauteur de marnage (m)	0,6
Protection amont	
Pente (m/m)	1V/1H
Longueur (m)	438
Base du massif en terre (m)	0,6
Diamètre des moellons utilisés (m)	0,2
Protection aval	
Type	Pierre libre et tapis drainant

Pente (m/m)	2V/1H
Longueur (m)	438
Base du massif en terre (m)	1, 2

VIII.7. Résultats dimensionnement des périmètres maraîchers

Avant de commencer les calculs de dimensionnement, il a tout d'abord été question de choisir le lieu où sera implanté le périmètre maraîcher.

VIII.7.1. Présentation des différents sites de périmètres maraîchers

Après interprétation des résultats d'étude, une délimitation de plusieurs sites de périmètres maraîchers a été proposée. La proposition est donnée dans la figure 9 ci-dessous.

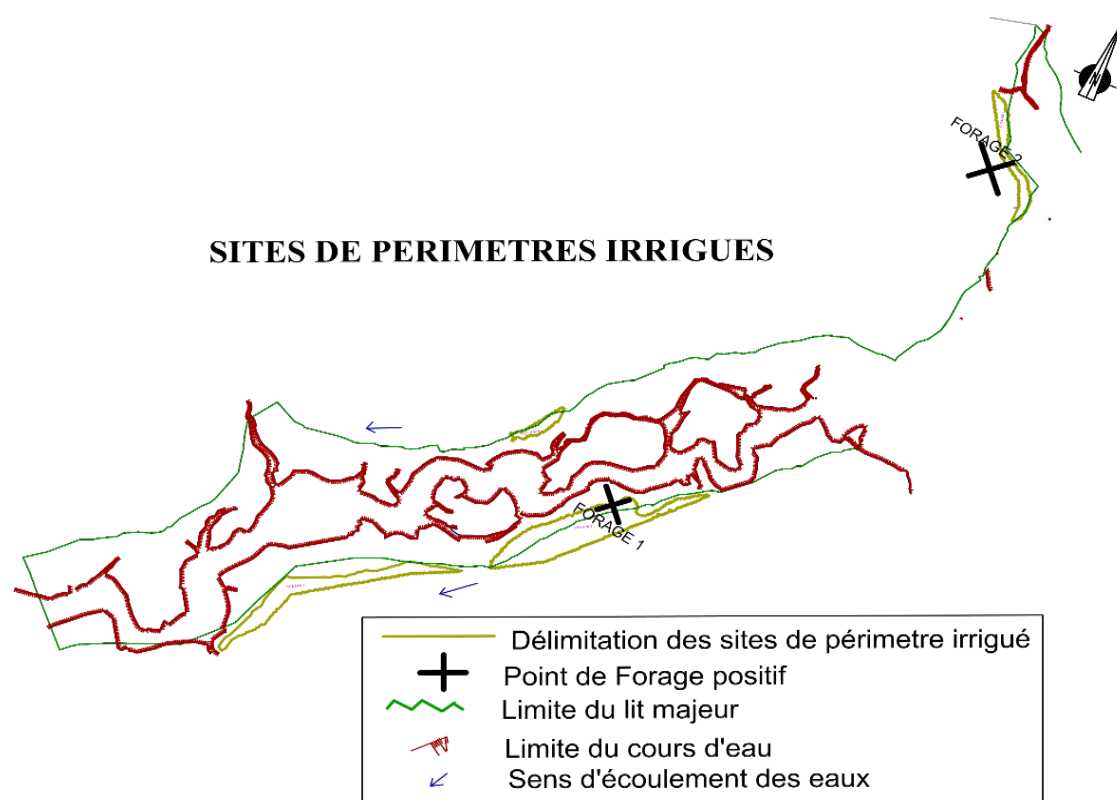


Figure 9: Sites potentiels d'aménagement de périmètres maraîchers

VIII.7.2. Présentation du site retenu

Le site retenu ci-dessous à la figure 10 présente les meilleures potentialités, a une grande superficie de plus de 5ha et se trouve à proximité d'un point de forage positif. C'est la raison pour laquelle il a été choisi.

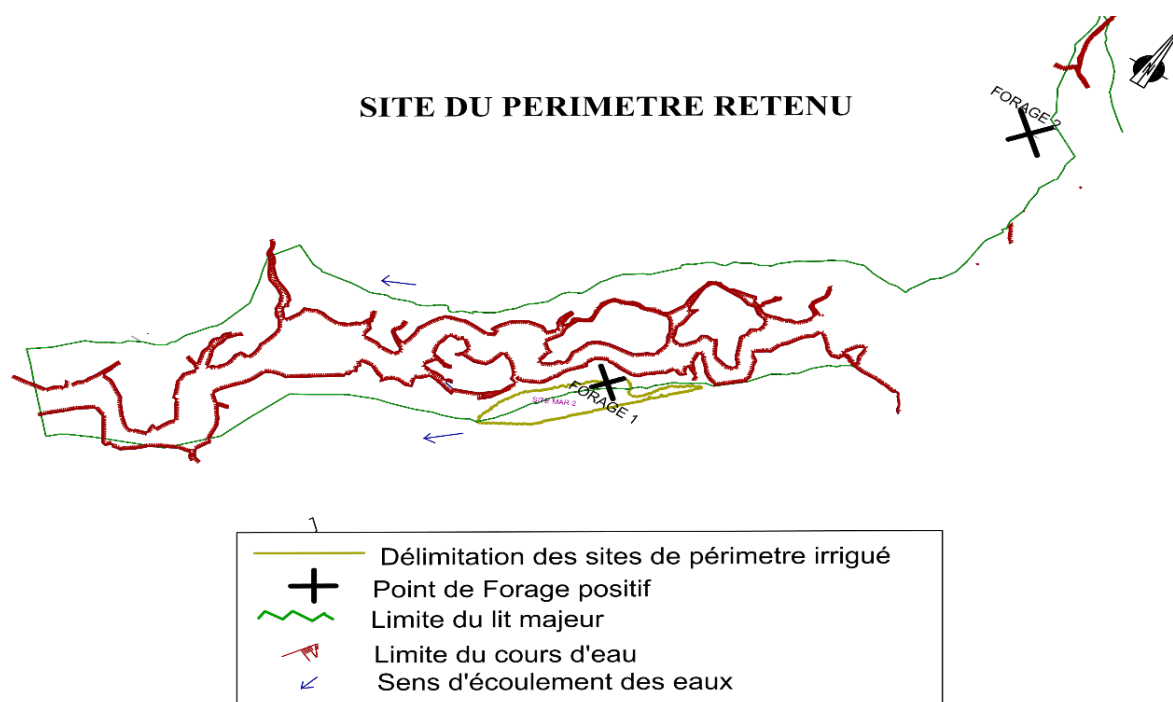


Figure 10: Site du périmètre maraîcher retenu

VIII.7.3. Choix de la spéculatation retenue pour dimensionnement

Les tomates, les oignons, les choux, la patate douce sont les spéculatations envisagées sur le périmètre maraîcher. Parmi ces spéculatations, le choix s'est tourné sur la tomate pour deux raisons principales. La première est le fait que la tomate soit la spéculatation qui consomme le plus d'eau. La seconde raison de ce choix se justifie par le fait que la tomate est la plus cultivée dans la région mais la demande demeure forte. Elle sera alors utilisée comme référentiel de dimensionnement. Ce qui veut dire que le besoin en eau de la tomate sera utilisé pour dimensionner tout le périmètre maraîcher mais d'autres spéculatations pourront y être cultivées.

a. Caractéristiques de la tomate

Tableau 8 : Caractéristique agronomique de la plante de tomate

Campagne Décembre -Avril (Tomate)								
Mois	Décembre	Janvier	Février	Mars	Avril			
Stade de développement	Initial		Développement		Mi-saison		Arrière-saison	
Kc	0,45		0,75		1,15		0,80	
Nbre de jour	16	14	17	23	5	31	4	25

Profondeur racinaire (m)	1,5
---------------------------------	-----

b. Estimation des besoins en eau et paramètre de base

Pour l'évaluation des besoins en eau, la campagne prévue durant la période sèche a été choisie comme pour dimensionnement.

Tableau 9 : Evaluation des besoins en eau

Mois	Décembre	Janvier	Février	Mars	Avril
Dose mensuelle (mm/mois)	15,12	51,27	93,71	150,28	115,18

Pour la suite du dimensionnement, la dose d'eau mensuelle considérée est celle du mois de Mars qui a la dose plus élevée et la plus contraignante de la campagne.

VIII.7.4. Dimensionnement préliminaire

Pour obtenir la dose brute nécessaire au dimensionnement, la méthode adoptée a tenu compte des réalités du terrain, de la pluie efficace (Pe), et l'évapotranspiration (ET0) obtenu à partir du logiciel cropwat. Cette méthode tient également compte des pertes dans le réseau en adoptant un coefficient d'efficience de réseau (Ea). Après combinaison de ces paramètres, une dose brute de 25,5 mm a été obtenue. La demande brute en eau ainsi obtenue a servi au dimensionnement du système d'irrigation. Le tour d'eau (durée entre deux arrosages consécutifs) choisi est de 5 jours sur une plage de 1 à 15 jours. Les 5 jours de tour d'eau ont été choisis stratégiquement en fonction de l'ampleur de la surface à irriguer et la dose à apporter. Le temps de travail journalier considéré est de 16 h. L'arrosage du périmètre se fera directement par le forage pendant 6h (le temps d'ensoleillement) et pendant ce temps, les plaques solaires chargeront les batteries pour prendre le relais quand il n'y aura plus de soleil. Les batteries prendront la relève pour les 10h restant. Le tableau suivant présente la synthèse des résultats du dimensionnement préliminaire.

Tableau 10: Résultat du dimensionnement préliminaire

Désignation	Valeurs
Dose brute (mm)	25,5

Tour d'eau (j)	5
Temps maximal de travail (h)	16
Temps par poste(h)	4
Ecartement des rampes (m)	5
Temps de pompage hybride (h)	6
Nombre de poste par jour	4
Débit d'équipement (l/s/ha)	2, 44

Les dispositions de portes rampes ont été choisies en fonction de la topographie du terrain naturel afin de tenir compte des dénivelées. La différence de potentiel détermine de manière simple le sens d'écoulement de l'eau sur le périmètre.

VIII.7.5. Dimensionnement final

La conception finale a été faite à partir des résultats du dimensionnement préliminaire. La configuration du réseau est présentée dans les pièces graphiques. A la sortie du forage, la conduite de refoulement sera subdivisée par 2 conduites dont l'une acheminera l'eau jusqu'au château d'eau et l'autre jusqu'aux parcelles. Le château d'eau aura un volume de 3 m³ et sera utilisé pour les besoins domestiques uniquement. A l'entrée de la conduite qui alimentera les parcelles, un régulateur de pression sera placé et calibré en fonction de la pression nominale des asperseurs choisies. Le régulateur de pression aura pour rôle de limiter à une pression donnée (2bars), la pression de l'eau venant du forage afin de protéger les conduites en cas de fluctuation de la nappe. Après avoir placé le régulateur de pression, il arrivera parfois que la pression de l'eau dépasse la pression imposée par le réseau, c'est alors en ce moment que l'eau venant au-dessus de la pression de calage (2bars) sera évacuée par une conduite en dehors du périmètre vers un abreuvoir en béton.

VIII.7.6. Organisation de l'arrosage

Pour une meilleure organisation de l'arrosage et une facilité de distribution de l'eau à la parcelle, le périmètre a été subdivisé en 5 quartiers hydrauliques. Chaque quartier hydraulique est composé de 4 parcelles maximum. L'arrosage de chaque parcelle se fera par rotation entre les ouvertures/fermeture de la vanne de chaque attributaire. Ainsi, chaque attributaire possède

sa vanne et n'a aucun droit sur la vanne de l'autre pour l'irrigation. En termes de fonctionnement, chaque parcelle est indépendante et n'est aucunement liée à l'autre voisine.

Tableau 11: Organisation de l'arrosage

Jours	Parcelles	Nombre total de poste	Nombre de rampes en fonctionnement simultané
Jour 1	P1	4	32 rampes de 40 m soit 8 rampes par porte-rampes
	P2		
	P3		
	P4		
Jour 2	P5	4	32 rampes de 40 m soit 8 rampes par porte-rampes
	P6		
	P7		
	P8		
Jour 3	P9	4	32 rampes de 40 m soit 8 rampes par porte-rampes
	P10		
	P11		
	P12		
Jour 4	P13	4	32 rampes de 40 m soit 8 rampes par porte-rampes
	P14		
	P15		
	P16		
Jour 5	P17	3	24 rampes de 40 m soit 8 rampes par porte-rampes
	P18		
	P19		

VIII.7.7. Choix des micro-asperseurs

Pour le choix des micro-asperseurs, une comparaison de leur pluviométrie à la vitesse d'infiltration du sol a été effectué. La vitesse d'infiltration du sol doit être supérieure à la pluviométrie de l'asperseur afin d'éviter le ruissellement. La vitesse d'infiltration moyenne du sol de la zone d'étude est de 5,42 mm/h. A l'aide du catalogue de HYRT, le choix de l'asperseur a été fait. La figure 11, représente le modèle d'asperseur retenu qui est un micro-asperseur

rotateur, avec une tête tournée vers le haut dont les caractéristiques sont présentées dans le tableau 12 ci-dessous.



Figure 11: Asperseur choisi

Tableau 12: Caractéristique de l'asperseur

Paramètres	Valeurs
Type d'asperseur	Micro-asperseur Rotateur tête en haut 251 T/ 2 bars
Débit (l/h)	130
Diamètre mouillé (m)	10
Pluviométrie (mm/h)	5,20
Espacement maximal entre émetteur (m)	5
Pression (bar)	2

Dans le tableau 12 montrant les caractéristiques de l'asperseur, la pluviométrie de l'asperseur est de 5,2 mm/h ce qui est inférieure à la vitesse d'infiltration du sol qui est de 5,45 mm/h. Ce résultat montre qu'il y'aura pas d'eau qui ruissellera à travers les parcelles et l'asperseur a été bien choisi.

VIII.7.8. Dimensionnement des conduites

Le dimensionnement des conduites est nécessaire dans le but d'assurer le transport de l'eau depuis le forage jusqu' aux cultures. La détermination des longueurs de conduites est définie en fonction des dimensions de la parcelle et la configuration du système.

➤ Critères de dimensionnement

Le dimensionnement des conduites a été fait selon un certain nombre de critères défini dans les lignes suivantes :

- La vitesse d'écoulement : 1,7 m/s maximum pour éviter les suppressions dans les conduites,
- Diamètre des conduites : il doit permettre de véhiculer le débit de pointe sans toutefois produire d'énormes pertes de charge,
- La pression nominale des conduites est de 4bars
Les coefficients de Calmon Lechapt (a, n et m) dépendent de la nature et du diamètre de la conduite,
- Les rampes sont en Polyéthylène (PE) et les portes rampes, tertiaires, secondaires sont en Polychlorure de Vinyle (PVC),
- Le temps d'ensoleillement est de 6h pour la zone d'étude
- Les pertes de charges globales ne doivent pas dépasser 20% de la pression nominale des asperseurs sur l'unité hydraulique.

VIII.7.8.1. Dimensionnement des Rampes, Porte-rampes, sous -primaires et primaires

Les débits et diamètres obtenus lors du dimensionnement sont consignés dans le tableau 13 ci-dessous. Les détails de calcul sont présentés dans le tableau 13 ci-dessous.

Tableau 13: Descriptif des conduites du système par aspersion

Conduites	Longueur (m)	Débits (m ³ /h)	Vitesses (m/s)	Diamètres Théoriques (mm)	Diamètres Nominaux (mm)
Rampe	40	1,04	1,7	17,51	20
Porte-rampes	50	8,32	1,7	44,53	63
Principale	35	33,8	1,7	88,6	110
Secondaire	100	33,8	1,7	88,6	110

En irrigation, il existe déjà une gamme de diamètres normalisés pour les matériaux tel que le Polychlorure de Vinyle (PVC) et le Polyéthylène Haute Densité (PEHD). Il s'agit de diamètres de 20 mm ; 50 mm ; 63 mm, et 110 mm. Le choix du diamètre normalisé se fera alors parmi eux. Dans le cadre de ce projet, les conduites en contact direct avec le soleil comme celles des rampes et portes-rampes seront en PEHD. Les conduites primaires et secondaires seront enterrées et en PVC. Les conduites DN20 mm ont été choisies pour les rampes, DN63 mm pour les portes

rampes, et DN110 mm les secondaires et la conduite de transport avec une classe de pression de 4bars (PN4).

VIII.7.8.2. Dimensionnement de la conduite de refoulement

Le dimensionnement de la conduite de refoulement a été fait à partir des formules empiriques présentés dans le tableau 6 de l'annexe 2. Les diamètres obtenus sont présentés dans le tableau 14 ci-dessous.

Tableau 14: Caractéristique de la conduite de transport/principale

Auteur	Débits (m3/s)	Nombre d'heure de pompage n (h)	Diamètre théorique (m)	Diamètre théorique (mm)	Vref (m/s)	Diamètre retenu (mm)	Condition de flament (m/s)
Bresse	0,0019	6	0,083	83	0,39	110	Oui
Munier	0,0019	6	0,080	80	0,36	110	Oui
Bendjaoui	0,0019	6	0,077	77	0,4	110	Oui
Bonnin	0,0019	6	0,070	70	0,36	110	Oui

Après les calculs, le diamètre retenu est le diamètre de 110mn, ceci dans le but d'uniformiser avec les diamètres primaires choisi plus haut.

VIII.7.8.3. Sélection de la pompe

Les formules (11), (12) ont été utilisées pour déterminer les besoins du projet. Les caractéristiques principales après calculs sont respectivement la HMT = 50 m (les détails en annexe 2 tableau 7) et le débit de fonctionnement $Q = 5\text{m}^3/\text{h}$ pour le projet. La pompe immergée de type 4SH8/8 est la pompe qui a été choisie dans le catalogue des pompes (figure 1 dans annexe 2). Les caractéristiques de la pompe choisie sont données dans le tableau suivant :

Tableau 15: Caractéristiques de la pompe choisie

Caractéristiques	Valeurs
Nom de la pompe	4SH8/8
Puissance absorbée (Kw)	2,5
Débit maximal(m^3/h)	10
HMT maximale (m)	50
Rendement (%)	50

IX. Evaluation financière du projet

IX.1. Evaluation financière du périmètre maraîcher

Tableau 16: Estimation financière du périmètre maraîcher

Désignation	Unité	Quantité	PU (FCFA)	Coût total pour 5 ha (FCFA)
Unité de pompage				
Réalisation du forage	U	1	3 300 000	3 300 000
Electropompe immergée	U	1	400 000	400 000
Support réservoir + Maisonnette +fenêtres et portes	U	1	617 816	617 816
Réservoir + conduites et accessoires	U	1	495 500	495 500
Dispositif électrique	U	1	1 139 500	1 139 500
Surpresseur	U	1	400 000	400 000
Panneaux solaires + support accessoires	U	1	10 658 800	10 658 800
Sous total 1				15 396 016
Réseau d'irrigation				
Réseaux d'irrigation et accessoire	ens	1	40 758 250	40 758 250
Clôture maçonnerie, porte et accessoires	U	1	8 785 250	8 785 250
Sous total 2				49 544 500
Total TTC				64 940 516

Le coût total de l'aménagement du périmètre maraîcher s'élève à 64 940 516 F CFA TTC soit un coût total à l'hectare de 12 988 103.2 F CFA.

IX.2. Evaluation financière du bas-fond

Tableau 17: Estimation financière du bas-fond

Désignation	Unité	Quantité (m3)	Pu (F CFA)	Coût total pour 5ha (F CFA)
Fouille pour fondation de la digue	1	86.4	43200	2 160 000
Béton de propreté sous seuil	1	0.12	18000	3 600 000
Seuil en béton cyclopéen	1	3.6	450000	9 000 000
Pertuis de vidange en béton + Vannette	1	1	400000	400 000
Massif en terre	1	158.04	80000	1 500 000
Enrochement ou perré (20 cm)	1	219.5	45000	3 555 600
Sable Grossier pour tapis drainant (5cm)	1	21.95	38 000	525 000
Préparation des superficies agricoles	1	55	450000	5 550 000
Total				26 290 600
Total TTC				28 500 000

Le coût total de l'aménagement de bas-fond s'élève à 28 500 000 F CFA TTC soit un coût total à l'hectare de 5 700 000 F CFA.

IX.3. Rentabilité des aménagements proposés

Pour évaluer la rentabilité d'un projet, il est primordial d'examiner les flux de trésorerie, en prenant en compte les encaissements et les décaissements prévisionnels. Cette méthode inclut la prise en considération des coûts d'investissement, des coûts d'exploitation et des résultats financiers pour calculer des indicateurs essentiels tels que la valeur nette actualisée (VAN), le taux de rentabilité interne (TRI) et la durée de retour sur investissement (DRI).

Tableau 18 : Estimation du prix de Reviens

Désignation	Superficie (ha)	Production à l'hectare (Tonne) (t/ha)	Production totale (tonne)	Prix de vente unitaire (F CFA/kg)	Prix de Revient (F CFA)
Riz	5	5	143	180	25 740 000
Paille	5	3,5	99	60	5 940 000
Tomates	5	50	250	250	62 500 000
Rentabilité					94 180 000

IX.4. Evaluation des charges d'exploitation et des charges fixes

Tableau 19: Evaluation des charges

Charges fixes				
Années	Années 1	Années 2	Années 3	Années 4
Main d'œuvre	450 000	350 000	450 000	650 000
Taux d'évaluation annuelle	2%	2%	2%	2%
Charges fixes	459 000	357 000	459 000	663 000
Charges variables				
Années	Année 1	Année 2	Année 3	Année 4
Intrants	7 500 000	4 500 000	3 100 000	2 950 000
Transport	150 000	175 000	160 000	185 000
Taux d'évaluation annuelle	5%	5%	5%	5%
Charges variables	8 032 500	4 908 750	3 423 000	3 291 750

IX.5. Compte d'exploitation

L'analyse du compte d'exploitation a permis d'obtenir des indicateurs essentiels tels que le taux de rentabilité interne (TRI), la valeur actuelle nette (VAN) et la Durée de Retour sur Investissement (DRI). Nous avons calculé un taux de rentabilité de 13,40 % sur une période de 2 ans. Comme l'annulation de la VAN demeure positive, cela confirme que le projet est rentable. Ainsi, le projet continue de générer des profits, à condition que le taux de mise à jour reste inférieur au taux de rentabilité obtenu.

Tableau 20 : Compte d'exploitation

Compte d'exploitation	
TRI	0.134
TRI (%)	13.4
DRI	2 ans

Dans le but d'améliorer la création de richesse grâce à l'exploitation, nous recommandons vivement de se tourner vers la conversion des produits.

X. Notice d'impact environnemental et sociale

La réalisation du projet d'aménagement entraînera des conséquences à la fois positives et négatives pour l'environnement. Dans cette section, une évaluation des éventuelles des conséquences environnementales et sociales du projet sera faite. Dans le but de préserver l'environnement, les pays de l'Afrique de l'Ouest ont instauré des lois qui régissent la gestion et la préservation de l'environnement.

Le projet d'aménagement de 10ha en République de Guinée Bissau se classe dans la catégorie des projets devant faire l'objet d'une Notice d'Impact Environnementale et Sociale (NIES) car l'ampleur de son impact négatif n'est pas si grande. Le tableau 18 ci-dessous représente le récapitulatif des impacts qui pourraient affectés le projet.

Evaluation des impacts

Tableau 21: Impact du projet d'aménagement

Sources impacts		Récepteurs d'impacts												
		Milieu physique et biologique							Milieu humain					
		Qualité de l'air	Eaux de surface	Eaux souterraines	Sols	Végétation	Faune/Microfaune	Paysage	Santé publique	Emploi	Circulation	Activité économiques	Patrimoine culturel	Qualité de vie
Phase de démarrage	Installation chantier	N	O	O	N	N	O	N	N	P	O	P	O	O
	Transport et circulation des machines	N	O	O	N	N	N	N	N	P	N	P	O	N
	Déblais, mise en dépôt tout venants	N	O	O	N	N	N	N	N	O	O	O	O	N
	Exploitation emprunts et carrières	N	O	O	N	N	N/P	N	N	P	N	O	O	N
	Remblaiement des digues	N	N	O	N	N	N	N	N	O	N	P	O	O
Phase de travaux	Dessouchage dans l'aire du bas-fond et des périmètres	N	O	O	N	N	N	N	O	P	N	O	O	O
	Maçonnerie des ouvrages	N	N	O	-	N	O	N	N	P	N	P	O	O
Phase de finale	Repli de chantier	N	N	O	N	N	N	N	O	O	O	O	O	O
	Plantation d'arbres	O	O	O	N	P	P	P	O	P	O	P	O	P
Phase d'exploitation	Entretien courant	N	N	O	N	O	O	O	N	P	N	O	O	N/P

Légende du tableau :

N : Pas d'impact (Non)

O : Impact (Oui)

Mesures d'atténuations

Tableau 22: Mesures d'atténuation

Impacts (Positifs et négatifs)	Mesures d'atténuation	Responsabilités		Phase de Projet
		Planification	Mise en œuvre	
Risques d'accidents lors des travaux de terrassement (débroussaillage, dessouchage)	Sensibilisation des ouvriers, Exigez le port d'équipement de protection sur le chantier Présence d'une trousse de soin sur le chantier	Entreprise	Entreprise	Pendant les travaux
Transmissions de MST	Sensibilisation du personnel de chantier et de la population environnante	Entreprise	Entreprise	Avant et pendant les travaux
Nuisances diverses,	Gestion efficace des déchets solides et liquides,	Entreprise, population	Entreprise	Avant et pendant les travaux
Polution de la qualité de l'air ambiant	Arrosage des pistes	Entreprise	Entreprise	Pendant les travaux
Modification de la végétation	Sensibiliser le personnel de chantier sur le respect de l'environnement, Restaurations des carrières et zones d'emprunts.	Entreprise Population	Entreprise Population	Pendant et après les travaux

X.1. Plan de gestion environnemental et social (PGES)

Pour protéger l'écosystème et favoriser le développement durable, il est nécessaire de mettre en place un plan de Gestion Environnementale et Sociale (PGES) qui inclut des actions de Réduction, de compensation ou d'amélioration des conséquences du projet, ainsi que des actions de surveillance, de suivi environnemental et de renforcement des compétences.

Composante du milieu	Activité à mener	Paramètres et indicateurs de suivi	Période	Responsabilité
Santé publique et sécurité	Campagne de sensibilisation sur les IST/VIH- SIDA Sensibilisation sur l'hygiène et l'assainissement Mise en place d'une unité de santé pour la prise en charge rapide des accidents de chantier Mise en place de balises, de signalisations et de panneaux de chantier Interdictions de travaux de nuits, de consommations d'alcool et excitants par le personnel	Maladies respiratoires Qualité de l'air ambiant Nombre d'accidents observés Aptitude à la prise en charge des accidents de chantier Nombre de séances de sensibilisation	Avant et pendant les travaux	Comité de suivi
Patrimoine culturel	Respect des lieux de culte Signalisation de tout vestige culturel ou archéologique découvert	Adhésion des autorités coutumières Nombre de site profanés	Pendant les travaux	Autorités coutumières, Comité de suivi
Emploi	Recrutement de la main d'œuvre locale Développement du petit commerce	Nombre de personnes embauchées	Pendant les travaux	Entreprise

Circulation	Signalisations de chantier (balises et panneaux)	Existence d'une signalisation	Pendant les travaux	Comité de suivi
	Imposition d'une vitesse minimale aux engins de chantier	Nombre d'accidents Respect des limitations		

XI. Conclusion

Le projet d'étude technique détaillée pour l'aménagement d'un bas-fond de 5 hectares et d'un périmètre maraîcher irrigué de même superficie dans la région de Oio, en République de Guinée-Bissau démontre la faisabilité d'une intervention structurante capable de transformer durablement les pratiques agricoles locales. Réalisée au sein du bureau d'étude AGEIM, cette étude s'appuie sur une connaissance précise du contexte physique, humain et environnemental du site. Grâce à une méthodologie complète mobilisant des données topographiques, pédologiques, hydrogéologiques et climatiques, un aménagement cohérent et adapté a été conçu. Les coûts d'estimation du bas-fond de 5 ha sont de à **28 500 000** FCFA et ceux du périmètre maraîcher de 5 ha à **64 940 516** FCFA. Ces aménagements visent à renforcer l'autosuffisance alimentaire, améliorer les revenus agricoles, réduire les conflits entre agriculteurs et éleveurs, et garantir une gestion durable des ressources en eau. Ce projet, au-delà de sa modeste échelle, servira de modèle pour d'autres initiatives de développement agricole en milieu rural. Il appartient désormais aux bénéficiaires de s'approprier ces aménagements et de les gérer de manière efficace pour pérenniser les acquis.

Cette étude a permis de mettre en pratique l'ensemble de nos connaissances en sciences et techniques de l'ingénieur et de nous confronter à une problématique réelle et tangible. Mais le fait que la zone d'étude soit basée en Guinée Bissau, nous avons dû mener cette étude entièrement à distance, en nous appuyant sur des images satellitaires et données d'étude de bases disponibles. J'aurais souhaité pouvoir être sur place afin de mieux appréhender la réalité du terrain et d'enrichir davantage la qualité de l'analyse.

Bibliographie

- Adam, Par Pierre, et Patrice Baptiste. s. d. « HYDROGEOLOGIE & FORAGE D'EAU ». C. Brouwer. 1990. « Méthode d'irrigation ».
- Camara, S. 2017. « VALORISATION DES RESSOURCES EN EAU EN GUINEE EN VU D'UN DEVELOPPEMENT ECONOMIQUE, SOCIAL ET DURABLE ».
- Delville, Ph Lavigne. s. d. « Logiques paysannes d'exploitation des bas-fonds en Afrique soudano-sahélienne : quelques repères pour l'intervention ».
- FAO_AQUASTA. 2005. « Profil de Pays – GuinéeBissau ».
- Gadelle, F. 2001. « L'AVENIR DE L'IRRIGATION EN AFRIQUE DE L'OUEST ».
- « L'étude hydrogéologique : tout savoir ». 2024. 31 juillet 2024. <https://geo-study.fr/etude-hydrogeologique-tout-savoir/>.
- « Oio region ». 2025. In *Wikipédia*.
https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Oio_region&oldid=1273559776.
- OLA SMITH CRDI, DAKAR. 1996. « ATELIER REGIONAL SUR LA DIGUETTE AMELIOREE ».
- Philippe, Carmen, Afionne Kane, et Micher Mietton. s. d. « Aménagements hydrauliques et gestion de l'environnement dans le delta du fleuve Sénégal ».
- RADHORT_FAO. 2024. « La production maraîchère en Guinée-Bissau ».
- World Bank Group. (2021). *Burkina Faso—Climatology | Climate Change Knowledge Portal*.
<https://climateknowledgeportal.worldbank.org/country/burkina-faso/climate-data/historical>
- Yira, Y., Diekkrüger, B., Steup, G., & Bossa, A. Y. (2017). Impact of climate change on hydrological conditions in a tropical West African catchment using an ensemble of climate simulations. *Hydrology and Earth System Sciences*, 21(4), 2143-2161.
<https://doi.org/10.5194/hess-21-2143-2017>
- Myron Echenberg. (2024). *Burkina Faso—Independence, Culture, Economy | Britannica*.
<https://www.britannica.com/place/Burkina-Faso/Independence>
- OXFORD. (1996). *The physical geography of Africa : Free Download, Borrow, and Streaming*.
Internet Archive. <https://archive.org/details/physicalgeograph0000unse>

ANNEXES

Annexe 1 : Traitement de données du bas-fond	VI
Annexe 2: Evaluation des besoins en eau et dimensionnement du système par micro aspersion	VII
Annexe 3 : Etude hydrologique du bas-fond (calcul du débit de crue du projet)	XV

Annexe 1 : Traitement de données du bas-fond

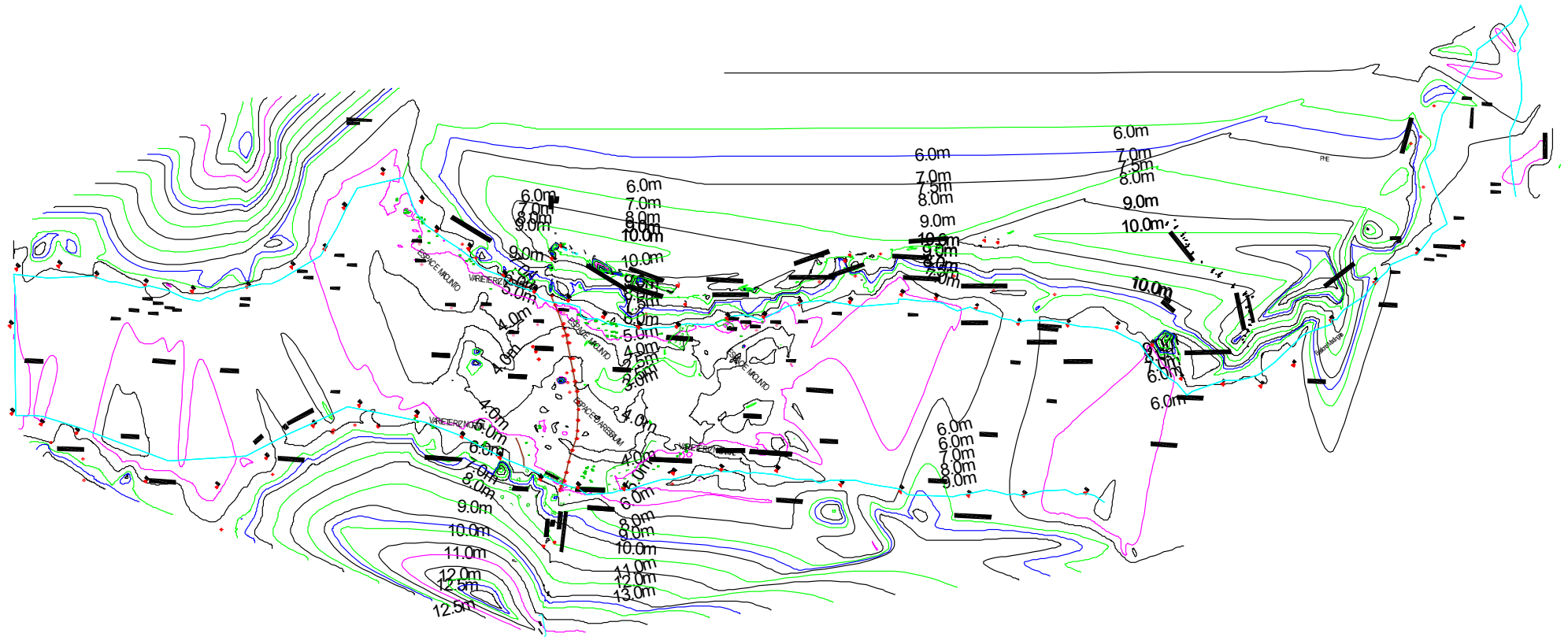


Figure : Fond topographique

Annexe 2: Evaluation des besoins en eau et dimensionnement du système par micro aspersion

Evaluation des besoins en eau de la plante

Tableau 1 : Evaluation des besoins en eau de la plante

Cultures		Initial	Développement	Mi-saison	Arrière-saison	Durée (jrs)	Zr (m)
Tomate	Durée	15	25	70	40	120	1,5
	Kc	0,45	0,75	1,15	0.8		

Tableau 2 : Evaluation des besoins en eau de la plante

Campagne Décembre -Avril (Tomate)								
	Décembre	Janvier		Février		Mars	Avril	
Phase	Initialisation		Développement		Mi-saison			Arrière-saison
Kc	0.45		0.75		1.15			0.80
Nbre de jour	16	14	17	23	15	22	5	25
ETO	4.07	4.38		4.96		5.59	5.71	
ETP mensuel [mm]	29.30	83.44		114.08		199.28	140.47	
Nbre de jour dans le mois	31	31		28		31	31	
ETP calcule [mm]	15.12	37.68	45.76	93.71	20.37	150.28	18.73	117.06
ETM [mm]	6.81	16.96	34.32	70.28	23.43	229.18	21.54	93.64

Campagne Décembre -Avril (Tomate)								
	Décembre	Janvier		Février		Mars	Avril	
Phase	Initialisation		Développement		Mi-saison			Arrière-saison
Pe [mm]	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Besoin net [mm]	15.12	16.96	34.32	70.28	23.43	150.28	21.54	93.64
Efficience [-]	0.70							
Besoin brut [mm]	21.60	24.22	49.03	100.40	33.47	284.69	30.77	133.78
Besoin brut/ période [m³/ha]	216.00	242.24	490.25	1004.02	334.67	2846.86	307.69	1337.77
Besoin brut mensuel [m³/ha]	216.00	732.49		1338.69		2846.86	1645.46	
DFC [l/s/ha]	0.16	0.20	0.33	0.51	0.77	1.06	0.89	0.62
BMP [mm/mois]	15.12	51.27		93.71		199.28	115.18	
BMP [mm/jr]	0.95	1.21	2.02	3.06	4.69	5.6	5.38	3.75

Tableau 3 : Dimensionnement Préliminaire

Dimensionnement préliminaire	Dose Brute Db (mm)	T (j)	Rampe (m)	E_asp(m)	Long_per (m)	Larg_per im (m)	Temps Max de travail (Twmax)	T_poste_	Nb_poste/tour
	25,5	5	5	5	40	40	16	4	4

Tableau 4 : Récapitulatif du dimensionnement de la parcelle.

Dimensionnement pour la plus grande parcelle	Valeurs
Superficie (ha)	0,2
Nombre de parcelle	1,00
Longueur perimetre (m)	40,00
Largeur perimetre (m)	40,00
Temps par poste d'arrosage Ts (h)	4
Dose brute Db (mm)	25,5
E_rampe (m)	5,00
E_asp (m)	5,00
Nb_sous primaire	5
L_sous primaire(m)	100
L_rampe (m)	40
Nb_asp/rp	8
Q_rp (l/h)	1040
Nb-rp_simultané	4
Nombre de rampes simultanée finale	32
Nombre de porte rampes par sous primaire	4
Nb_rp/prp	8

Dimensionnement pour la plus grande parcelle	Valeurs
Longeur porte rampes (m)	50
Nombre asperseur pour rampes en fonction simult	40
Nombre de sous primaire	1
Nombre totale d'asperseur totale/parcelle	64
Nombre total de rampes	160,00
Q_prp (l/h)	33280
Q_sous_prim (l/h)	33280
Qe(l/s/ha)	2,44

Tableau 5 : Dimensionnement des conduites

Conduites	Longueur (m)	Debits (m3/h)	Vitesses (m/s)	Diamètres_TH (mm)	Diamètres Nominals (mm)	Diamètres Interieurs (mm)	F (Facteurs d'ouverture)	ΔH_Tube [m]
RAMPE	40	0,65	1,7	11,63	20	20	0,457	0,292
Porte_rampe	40	2,6	1,7	23,26	63	44,8	0,486	0,038
SOUS-PRIMAIRES	100	5,2	1,7	32,90	110	106,8	1	0,013
PRIMAIRE	35	5,20	1,7	32,90	110	106,8	1	0,017

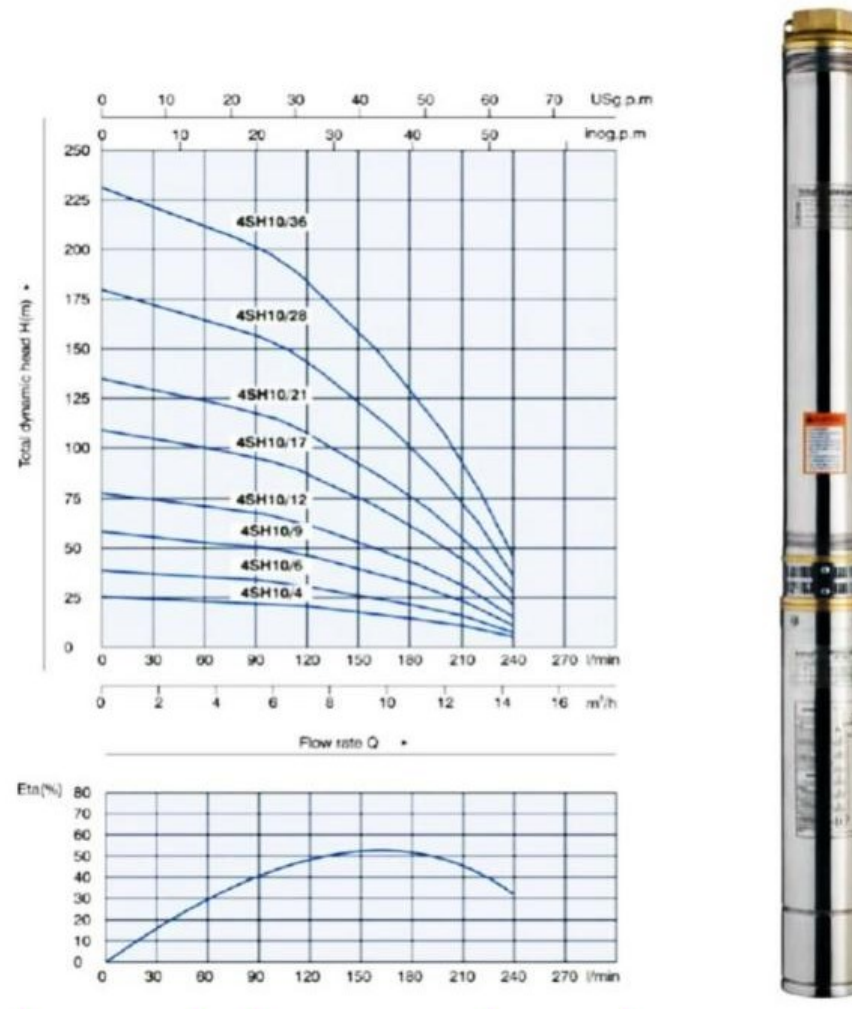
Tableau 6 : Formule empirique de dimensionnement de la canalisation de refoulement

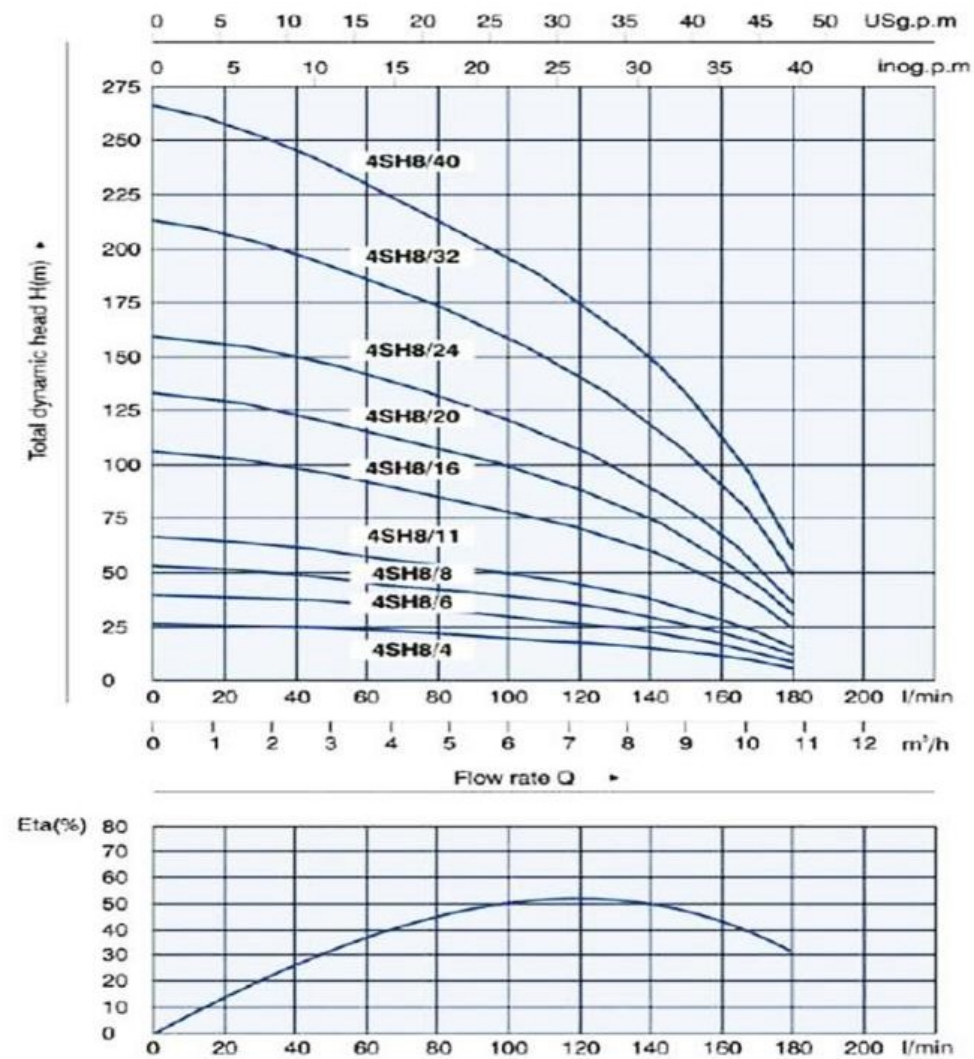
Auteurs	Expressions	Unités-Annotations
Bresse	$D_{th}(m) = 1,5 * Q^{0,5}$	$D_{th}(m)$: diamètre théorique $Q(m^3/s)$: débit transporté par la conduite n : nombre d'heures de pompage (h/j) $V_{ref}(m/s)$: vitesse de refoulement de l'eau
Meunier	$(1 + 0,02n) * Q^{0,5}$	
Achour et Bedjaoui	$1,27 * Q^{0,5}$	
Bonnin	$D_{th}(m) = Q^{0,5}$	
Condition de GLS	$V_{ref} \leq \left(\frac{DN_{retenu}}{50} \right)^{0,25}$	

Tableau 7 : Calcul de la HMT

CALCUL DE LA HMT ET CHOIX DE LA POMPE	
g [m/s²]	9,81
Vaspiration [m/s]	3,30
$\Delta H_{\text{aspiration_Pmp}}$ [m]	0,56
Hsupport_asperseur (m)	0 ,30
$\Delta H_{\text{support_asperseur}}$ [m]	0,08
$\Delta h_{\text{friction_totale}}$ (m)	7,8
$\Delta h_{\text{Pièces}}$ (m)	1,59
Δh_{filtre} (m)	1,50
H_geo (m)	40
HMT(m)	50

Figure 8: Catalogue de la pompe retenue





Annexe 3 : Etude hydrologique du bas-fond (calcul du débit de crue du projet)

Méthode rationnelle

Tableau 1 : Calcul de débit

Bassin Versants	Superficie (km ²)	Périmètre (km)	Pente (%)	Indice de compacité Kc	Longueur (km)	Temps de concentration Tc (mn)	a	b	Intensité I (mm/h)	C	Débit Q(m/s)
BV_1	0.14	1.6	0.02	1.21	0.54	10.82	16.3	0.5	297.25	0.3	3.47

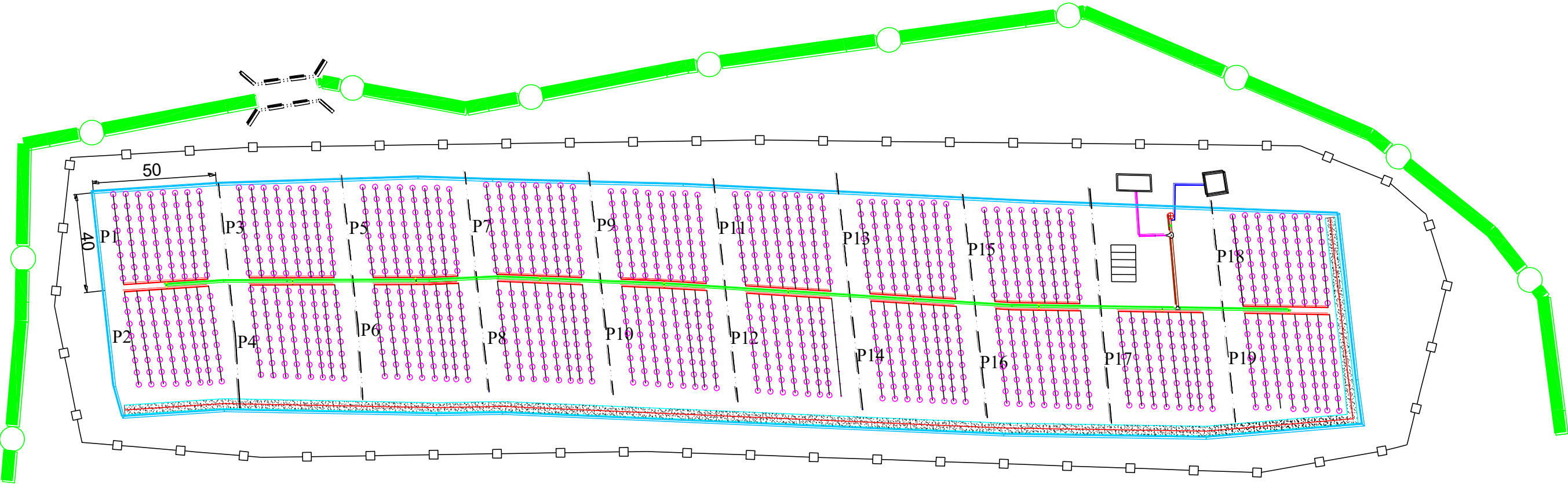
Tableau 2 : Pluviométrie (mm) enregistrée à la station de Bissau / observatorio

Année	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Sept.	Octobe	Nov.	Déc.	TOTAL
1985	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	110.4	267.2	422.8	393.3	46.2	0.0	0.6	1 240.8
1986	0.0	0.0	0.0	0.0	39.4	183.5	278.7	325.7	287.7	95.4	0.0	0.0	1 210.4
1987	0.0	0.0	0.0	0.0	18.0	197.7	315.4	618.8	461.0	115.1	0.0	0.0	1 726.0
1988	0.0	0.0	0.0	0.0	19.8	88.0	289.9	502.5	512.4	106.5	3.1	0.0	1 522.2
1989	0.0	0.0	0.0	0.0	2.3	125.4	570.8	550.3	434.8	151.2	12.1	0.0	1 846.9
1990	0.0	0.0	0.0	0.0	13.8	29.4	445.7	376.3	215.9	126.1	0.0	0.0	1 207.2
1991	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.4	597.6	461.6	296.8	315.4	0.0	0.0	1 771.8
1992	0.0	4.0	0.0	0.0	27.4	107.5	563.6	392.2	286.0	68.5	3.0	0.0	1 452.2
1993	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7	97.2	460.2	452.0	231.3	105.3	0.0	0.0	1 346.7
1994	0.0	0.0	0.0	0.0	13.3	189.9	380.4	286.6	708.8	315.9	50.0	0.0	1 944.9
1995	0.0	0.7	0.0	0.0	10.9	144.5	317.6	591.9	263.0	143.6	3.2	0.0	1 475.4
1996	0.0	0.0	0.0	0.0	63.3	52.2	318.2	494.8	502.4	121.3	6.1	0.0	1 558.3
1997	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6	347.5	137.7	311.6	395.2	120.7	5.8	0.0	1 319.1

2000	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	176.8	297.8	592.2	453.0	357.6	0.0	0.0	1 877.4
2001	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	150.6	528.0	652.1	207.2	217.9	53.0	0.0	1 808.8
2002	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	356.4	272.6	633.6	411.7	81.1	0.8	0.0	1 756.2
2003	0.0	0.0	0.0	0.0	3.0	81.9	251.9	397.2	324.3	174.2	0.0	0.0	1 232.5
2004	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	105.1	617.4	464.1	383.7	1 258.0	11.6	0.0	2 839.9
2005	0.0	0.0	0.0	0.0	25.3	168.3	255.4	352.5	413.3	167.8	0.0	0.0	1 382.6
2006	0.0	0.0	0.0	0.0	1.7	101.9	130.9	187.0	210.7	120.2	1.2	0.0	753.7
2007	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	249.8	310.3	290.3	52.3	0.0	0.0	902.7
2008	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	231.5	553.7	511.3	184.0	133.9	0.0	0.0	1614.4
2009	0.0	0.0	0.0	0.0	9.1	126.6	291.2	444.4	407.0	64.7	86.5	0.0	1429.5
2010	0.0	0.0	0.0	0.0	33.1	141.8	362.1	470.6	519.8	235.5	10.0	0.0	1772.9
2011	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	133.1	293.6	405.1	392.6	62.6	0.0	0.0	1287.0
2012	0.0	0.0	0.0	0.0	37.8	252.0	477.2	387.1	261.8	155.3	0.0	0.0	1571.2
2013	0.0	0.0	0.0	0.0	1.6	89.8	350.4	409.6	195.8	239.2	0.0	0.0	1286.4
2014	0.0	0.0	0.0	0.0	66.4	100.9	0.0	407.5	424.5	117.5	0.0	0.0	1116.8
2015	0.0	0.0	0.0	0.0	22.5	75.5	210.5	666.0	470.5	349.5	55.5	0.0	1850.0
2016	0.0	0.0	0.0	0.0	16.0	67.5	289.0	396.5	312.8	98.7	0.0	0.0	1180.5
2017	0.0	0.0	0.0	0.0	12.0	75.0	412.1	339.7	161.1	110	0.0	0.0	1109.9
2018	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	178.5	228.6	391.7	383.2	96.1	0.0	0.0	1278.1
2019	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	114.9	334.2	302.5	368.7	172.8	0.0	0.0	1293.1
2020	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	130.1	558.7	643.0	510.9	145.7	0.0	0.0	1988.4
2021	0.0	0.0	0.0	0.0	3.1	107.4	317.3	313.4	411.2	164.6	0.0	0.0	1317.0
2022	0.0	0.0	0.0	0.0	51.1	211.8	154.9	397.2	396.8	151.9	0.0	0.0	1363.7
2023	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	107.2	371.6	370.7	317.2	168.1	0.0	0.0	1334.8

Annexe 4 : Pièces graphiques





Légende

- Conduite principale
- Conduite secondaire
- Porte rampe
- Rampe
- Conduite d'alimentation du château d'eau
- Conduite montée par le surpresseur
- ⊗ Point de forage positif
- ⊕ Filtre à disque
- ⊕ Vanne
- ⋄ Asperseur
- ≡ Regulateur de pression
- ⌒ Thé
- ⌒ Coude
- Château d'eau
- ▭ Abreuvoir
- Limite de piste

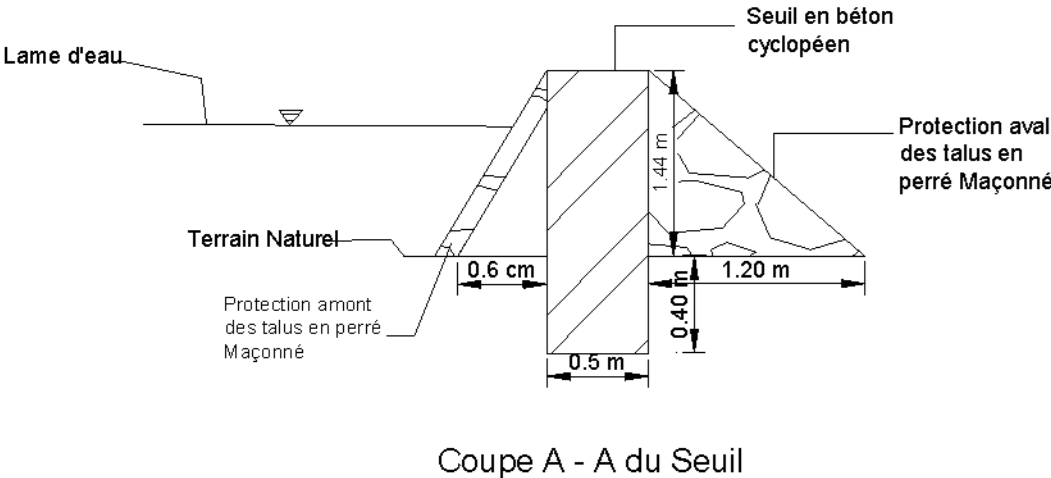
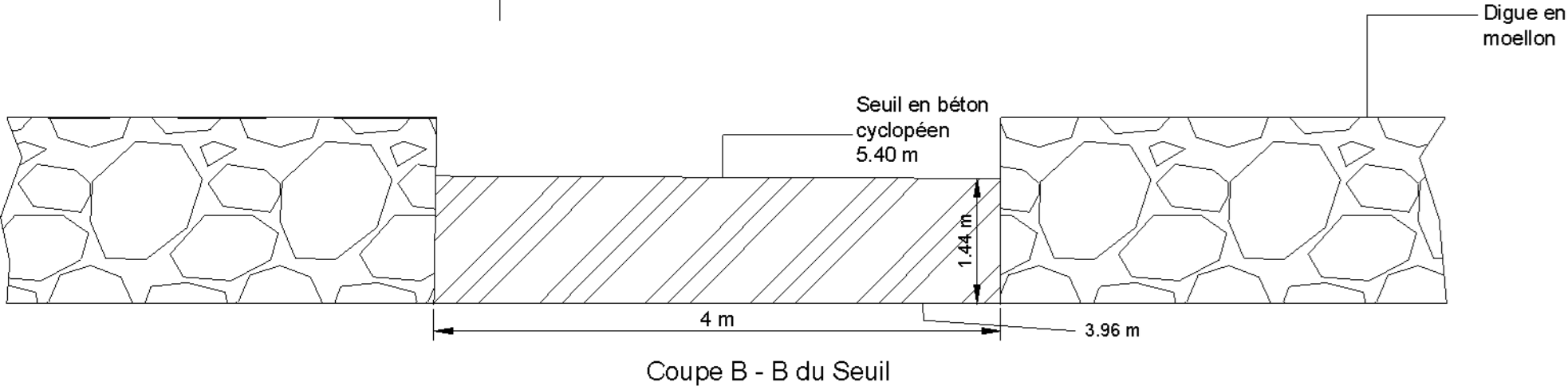
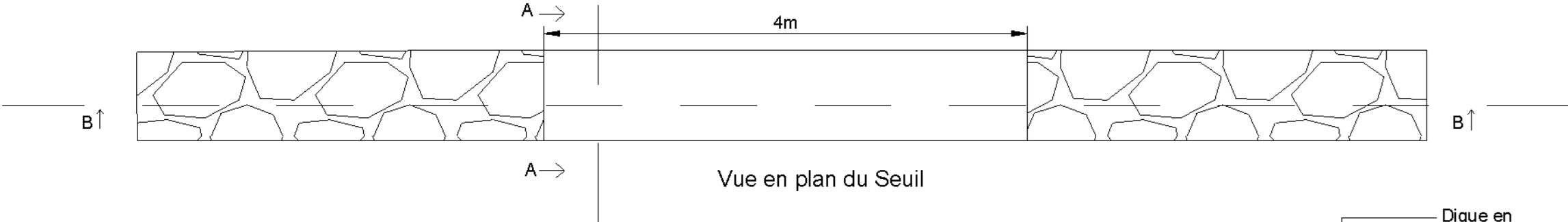
Périmètre maraîcher

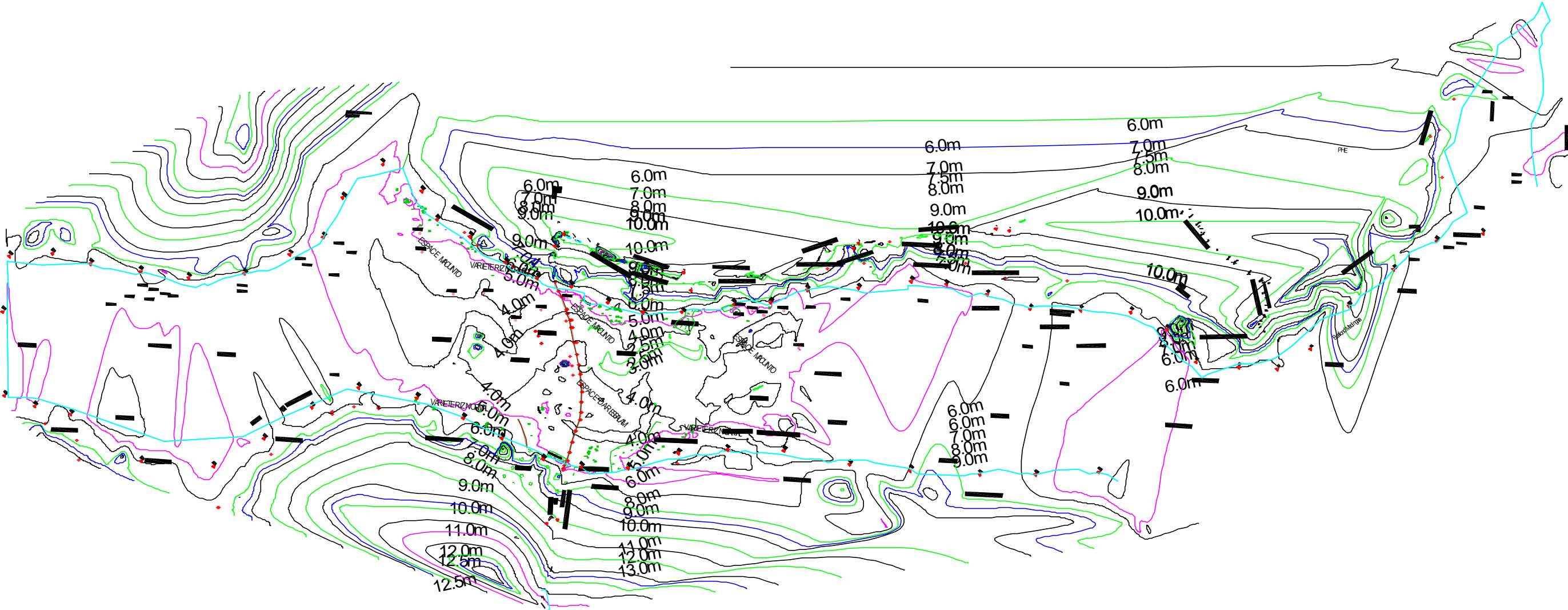


Légende

-  Seuil déversant
-  Digue de protection
-  Digue en moellon
-  Limite des parcelles
-  Limite de la piste

L'aménagement de bas-fond





Courbes de niveau de la zone d'étude