



ÉTUDE D'OPTIMISATION DU PROGRAMME D'IRRIGATION PAR ASPERSION DE LA PLANTATION D'AHONDO II.

MÉMOIRE POUR L'OBTENTION DU DIPLÔME D'INGENIEUR 2IE AVEC GRADE DE
MASTER

**SPECIALITE : GENIE DE L'EAU, DE L'ASSAINISSEMENT ET DES
AMENAGEMENTS HYDROAGRICOLES (GEAAH)**

Présenté et soutenu publiquement le 21 juillet par :

Niambey Michel Kevin KONAN n ° 20180104

Directeur de mémoire : Dr Amadou KEITA, Maître de conférences (CAMES)

Encadrant 2iE : Bassirou BOUBE, Enseignant à l'institut 2iE

Maître de stage : Mamadou SIRI, Directeur Technique GBH

Structure d'accueil : Banaci

Jury d'évaluation du stage :

**Président : Prof Mamadou KOITA, Directeur des Enseignements et des Affaires
Académiques**

Membres et correcteurs : M. Bako BRAHIMA

Mme Fadiilah KANAZOE

Promotion 2024 – 2025

DEDICACES

À la mémoire de ma chère mère et de mon très cher père adoptif, sources inépuisables d'amour, de patience et de courage.

À mon père, pour son soutien silencieux, sa force, et ses conseils pleins de sagesse.

A ma famille, pour sa grande confiance en moi depuis tout petit.

À mes amis, compagnons fidèles de chaque instant, pour leur présence, leur écoute et leurs encouragements tout au long de ce parcours.

Ce travail est aussi le vôtre. Merci de croire en moi.

REMERCIEMENTS

- Prof. El Hadji Bamba DIAW, Directeur Général de l'institut 2iE pour la qualité du programme de formation ;
- Dr Amadou KEITA, mon directeur de mémoire, pour son accompagnement et sa disponibilité ;
- Mr. Bassirou BOUBE, mon encadreur 2iE, pour son accompagnement, sa disponibilité constante et la richesse de ses conseils tout au long de l'élaboration de ce mémoire ;
- Mr. Gilles MONCHICOURT, Directeur Général du Groupe Bernard Hayot (GBH) pour m'avoir donné l'opportunité d'effectuer mon stage au sein de la structure BANACI ;
- Ing. Mamadou SIRI, Directeur Technique du Groupe Bernard Hayot (GBH) mon encadreur externe, pour son aide précieuse, sa présence à chaque étape et ses conseils éclairés durant la réalisation de ce mémoire ;
- Mr. Romain MEWISSEN, Directeur de domaine de la plantation d'Ahondo I et II pour ses conseils et encouragements ;
- Ing Agro. Yves MOBIO, Directeur d'exploitation actuel de la plantation d'Ahondo II pour sa constante motivation et ses conseils ;
- Ing Agro. Patrick YAO, ex Directeur d'exploitation de la plantation d'Ahondo II pour ses conseils et encouragements ;
- Ing Agro Lamine OUATTARA, Directeur d'exploitation de la plantation d'Ahondo I pour ses encouragements ;
- Ing Bernard Tano KOUASSI, pour son aide et assistance ;
- Tous mes amis et camarades de l'institut 2iE ;
- Tout le corps professoral de 2iE en particulier ceux qui ont contribué à notre formation.

RESUME

Cette étude, portant sur l'optimisation du programme d'irrigation de la plantation bananière d'Ahondo II, a pour objectif la mise en place d'un programme d'irrigation plus performant, capable de satisfaire les besoins hydriques du bananier tout en améliorant l'uniformité d'arrosage, en vue d'accroître la productivité agricole.

Pour atteindre cet objectif, un diagnostic technique complet du système d'irrigation a été réalisé, depuis la station de pompage en passant par la station de filtration jusqu'aux asperseurs. Ce diagnostic a mis en évidence plusieurs dysfonctionnements, notamment des équipements défectueux. Parallèlement, une analyse des propriétés du sol accompagnée de tests d'infiltration (méthode du double anneau de Muntz) a permis de déterminer une conductivité hydraulique (K_{sat}) de **11,27 mm/h**. Les besoins en eau du bananier ont été estimés à partir des données climatiques de la station météorologie de Dimbokro à l'aide du logiciel CROPWAT, aboutissant à un besoin de **7,6 mm/j** et un temps d'irrigation optimal de **2h30 min**.

En complément, une modélisation du réseau d'irrigation a été effectuée à l'aide du logiciel EPANET, dans le but d'évaluer les performances hydrauliques du système et de proposer un regroupement des vannes des différentes positions, afin de maintenir l'équilibre des pressions dans le réseau.

Les résultats de l'étude ont conduit à l'élaboration d'un programme d'irrigation structuré en huit (08) positions, s'étalant de **00h00 à 22h30 min**. Ce nouveau programme a permis une réduction de **31,8 heures** de fonctionnement par semaine, soit une économie énergétique estimée à **19,64 %**, tout en assurant une meilleure uniformité et une efficacité accrue dans l'application de l'eau.

Enfin, le coût de la réparation des équipements défectueux identifiés lors du diagnostic s'élève à **9 902 450 FCFA**.

Mots clés : Irrigation par aspersion, Bananier, Optimisation hydraulique, Besoin en eau, EPANET

ABSTRACT

This study, focusing on optimizing the irrigation program for the Ahondo II banana plantation, aims to establish a more efficient irrigation program capable of meeting the water needs of the banana plants while improving watering uniformity to increase agricultural productivity. To achieve this objective, a comprehensive technical diagnosis of the irrigation system was carried out, from the pumping station through the filtration station to the sprinklers. This diagnosis highlighted several malfunctions, including defective equipment. At the same time, an analysis of soil properties accompanied by infiltration tests (Muntz double ring method) allowed for the determination of a hydraulic conductivity (K_{sat}) of 11.27 mm/h. The water needs of the banana plant have been estimated from the climatic data of the meteorological station in Dimbokro using the CROPWAT software, resulting in a requirement of 7.6 mm/day and an optimal irrigation time of 2 hours and 30 minutes. Additionally, a modeling of the irrigation network was carried out using the EPANET software, with the aim of evaluating the hydraulic performance of the system and proposing a grouping of the valves from different positions, to maintain pressure balance in the network. The results of the study led to the development of a structured irrigation program in eight (08) positions, ranging from 00:00 to 22:30. This new program has allowed a reduction of 31.8 hours of operation per week, which translates to an estimated energy saving of 19.64%, while ensuring better uniformity and increased efficiency in water application. Finally, the cost of repairing the faulty equipment identified during the diagnosis amounts to 9,902,450 CFA francs.

Keywords : Sprinkler irrigation, Banana plant, Hydraulic optimization, Water needs, EPANET.

LISTE DES ABREVIATIONS ET SYMBOLES

BANACI : Banane Antilles Côte d'Ivoire

BM : Banque Mondiale

BMP : Besoin Maximum de Pointe

CC : Capacité au Champs

CP : Capacité au pont de flétrissement

CPC : Collier de Prise en Charge

CU : Coefficient d'Uniformité

Db : Dose Brute

DU : Distribution Uniforme

ET0 : Evapotranspiration de Référence

ETM : Evapotranspiration Maximal

FAO : Food and Agriculture Organization

GBH : Groupe Bernard Hayot

GCP : Gestionnaire Centralisé de Pilotage

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

Pe : Pluie efficace

PEHD : Polyéthylène de Haute Densité

PVC : Polychlorure de Vinyle

RFU : Réserve Facilement Utilisable

RU : Réserve Utile

SOMMAIRE

Table des matières

DEDICACES	i
REMERCIEMENTS.....	ii
RESUME.....	iii
ABSTRACT	Erreur ! Signet non défini.
LISTE DES ABREVIATIONS ET SYMBOLES	v
SOMMAIRE	vi
LISTE DES TABLEAUX	ix
LISTE DES FIGURES.....	x
INTRODUCTION.....	- 1 -
I. PRESENTATION GENERALE DE LA STRUCTURE D'ACCUEIL ET DE LA ZONE D'ETUDE.....	- 3 -
I.1. Présentation de la structure d'accueil.....	- 3 -
I.1.1. Historique.....	- 3 -
I.1.2. Objectifs et missions	- 4 -
I.2. Présentation de la zone d'étude.....	- 4 -
I.2.1. Situation géographique	- 4 -
I.2.2. Caractéristique physique	- 5 -
II. PRESENTATION DU PROJET.....	- 9 -
II.1. Contexte et problématique de l'étude	- 9 -
II.2. Objectifs et résultat attendus de l'étude	- 9 -
II.2.1. Objectif	- 9 -
II.2. Résultats attendus de l'étude.....	- 10 -
III. GENERALITE SUR L'IRRIGATION ET SUR LE BANANIER.....	- 11 -
III.1. Généralité sur l'irrigation	- 11 -
III.1.1. Définition et importance de l'irrigation en agriculture.....	- 11 -
III.1.2. Les différentes techniques d'irrigation.....	- 11 -
III.1.4. Facteurs affectant l'uniformité	Erreur ! Signet non défini.
III.1.5. Efficience de l'irrigation.....	- 13 -
III.1.6. Technique d'irrigation utilisée par Banaci	- 14 -
III.2. Généralité sur le Bananier	- 14 -
III.2.1. Taxonomie.....	- 14 -
III.2.2. Température.....	- 15 -

III.2.3. Lumière	15 -
III.2.4. Vent	15 -
III.2.5. Exigences hydriques.....	16 -
III.2.6. Cycle de développement du bananier.....	16 -
III.2.7. Cycle culturel de la banane.....	18 -
IV. MATERIEL ET METHODE DE L'ETUDE	19 -
IV.1. Matériel de terrain et outils informatiques	19 -
IV.1.1. Matériel de terrain	19 -
IV.1.2. Outils informatiques.....	19 -
IV. 2. Méthodologie de l'étude	20 -
IV.2.1. Recherche documentaire	20 -
IV.2.2. Présentation système d'irrigation d'Ahondo II	20 -
IV.2.3. Diagnostics du système d'irrigation d'Ahondo II	20 -
IV.2.4. Teste d'uniformité	20 -
IV.2.5. Teste des doubles anneaux	21 -
IV.2.6. Evaluation des besoins en eau.....	22 -
IV.2.6.8. Détermination de la pluviométrie de l'asperseur Nelson R10T Turbo (mm/h)	25 -
IV.2.6.9. Détermination du temps d'irrigation	25 -
IV.2.6.10. Détermination du tour d'eau	25 -
IV.2.6.11. Détermination du volume réel.....	Erreur ! Signet non défini.
IV.2.7. Simulation du système d'irrigation	25 -
V. RESULTATS ET DISCUSSIONS	26 -
V.1. Présentation du système d'irrigation	26 -
V.2. Résultat du diagnostic du système d'irrigation d'Ahondo II.....	32 -
V.3. Résultat du test d'uniformité	34 -
V.4. Résultat des tests d'infiltration	35 -
V.6. Evaluation des besoins en eau	36 -
V.6.1. Détermination de l'évapotranspiration des références (ET0).....	36 -
V.6.2. Détermination de l'évapotranspiration maximal du mois de la culture (ETM).....	36 -
V.6.3. Estimation de la pluviométrie efficace	37 -
V.6.4. Evaluation de la réserve utile (RU)	38 -
V.6.5. Evaluation de la réserve facilement utilisable (RFU).....	38 -
V.6.6. Détermination des besoins maximums de pointe (BMP)	38 -
V.6.7. Détermination de la dose brute.....	39 -
V.6.8. Détermination de la pluviométrie des asperseurs	40 -
V.6.9. Détermination du temps d'irrigation	40 -

V.610. Détermination du tour d'eau.....	- 40 -
V.7. Résultat des simulations	- 40 -
V.7.1. Simulation initiale	- 40 -
V.7.2. Simulation des différentes positions.....	- 42 -
V.7.3. Proposition de programme d'irrigation	- 51 -
V.7.4. Evaluation du temps Optimisé.....	- 52 -
VI. ESTIMATION DES COUTS DE MAINTENANCE	- 53 -
VII. CONCLUSION.....	- 54 -
VIII. RECOMMANDATIONS POUR OPTIMISER LE SYSTEME	- 55 -
VIII.1. Recommandation techniques.....	- 55 -
VIII.2. Recommandation préventive et entretien du système	- 56 -
BIBLIOGRAPHIE	- 58 -
ANNEXES.....	- 60 -
Annexe 1 : Inventaire des asperseurs	- 60 -
ANNEXE 2 : Images des résultats du diagnostic.....	- 64 -
ANNEXE3 : Réseau d'irrigation et découpage parcellaire	- 69 -

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1: Valeur en % de l'efficacité au champ (Howell, 2002).	- 13 -
Tableau 2: Estimation des longueurs des conduites du réseau	- 29 -
Tableau 3: Caractéristique des asperseurs d'Ahondo II	- 31 -
Tableau 4: Résultat du test d'uniformité	- 34 -
Tableau 5: Détermination du Ksat par le test des doubles anneaux	- 35 -
Tableau 6: Détermination de l'évapotranspiration de référence	- 36 -
Tableau 7: Détermination de ETM	- 36 -
Tableau 8: Détermination de ETM	- 37 -
Tableau 9: Détermination de ETM	- 37 -
Tableau 10: Détermination de la pluie efficace	- 38 -
Tableau 12: Efficacité en fonction du climat	- 39 -
Tableau 13: Coût d'optimisation	- 53 -

LISTE DES FIGURES

Figure 1: Plan des domaines de production du Groupe Bernard Hayot en Côte d'Ivoire.....	- 3 -
Figure 2: Zone d'étude.....	- 5 -
Figure 3: Pluviométrie annuelle cumulée 2020-2023 BANACI Ahondo II (source : données irrigation /Plateforme aqualis).....	- 6 -
Figure 4: Teste d'uniformité	- 21 -
Figure 5: Teste des doubles anneaux.....	- 22 -
Figure 6: Fleuve Bandama (source d'eau)	- 26 -
Figure 7: Station de pompage Ahondo II	- 27 -
Figure 8: Station de filtration Ahondo II.....	- 28 -
Figure 9: Clapet anti-retour	- 28 -
Figure 10: Vanne décharge	- 29 -
Figure 11: Vanne Raphael.....	- 31 -
Figure 12: Asperseur Magic droive.....	- 32 -
Figure 13: Asperseur Rotatif Nelson.....	- 32 -
Figure 14: Asperseur LF 1200	- 32 -
Figure 15: Caractéristiques du sol	- 35 -
Figure 16: Détermination de Ksat	- 35 -
Figure 17: Simulation de la position 01	Erreur ! Signet non défini.
Figure 18: Préparation du terrain pour le planting	- 64 -
Figure 19: Une crépine à clapet anti-retour.....	- 64 -
Figure 20: Prise d'ampérage d'un décodeur.....	- 65 -
Figure 21: Entrétient d'une vanne Raphael	- 65 -
Figure 22: Fuite constatée sur un PEHD 200mm.....	- 65 -
Figure 23: Fuite constatée sur un PEHD 110mm.....	- 65 -
Figure 24: Une ventouse défectueuse.....	- 66 -
Figure 25: Une vanne Raphael	- 66 -
Figure 26: Soudure d'un PEHD 110mm.....	- 66 -
Figure 27: Colleuse pour les PEHD 200mm.....	- 66 -
Figure 28: Travaux de réparation de conduite PVC 400mm	- 68 -
Figure 29: Station de conditionnement	- 67 -
Figure 30: Prise de pression	- 67 -

INTRODUCTION

L'économie ivoirienne repose en grande partie sur l'agriculture, car elle fait l'objet depuis l'indépendance d'une volonté politique très forte. Selon les données de la Banque Mondiale (BM), cette activité représentait 28 % du PIB de la Côte d'Ivoire et engendrait 46 % de l'emploi total en 2018 (Banque, 2019). La production de bananes dessert, pilier de l'agriculture et du secteur économique national, contribue de manière acceptant à la valeur ajoutée en agriculture du pays. En 2019, la Côte d'Ivoire se positionne comme le premier producteur africain de bananes dessert avec une production de près de 450 000 tonnes. Ce secteur, tout en réalisant un chiffre d'affaires de 145 milliards de FCFA, soit près de 7 % du PIB de l'agriculture et 3 % du PIB national, emploie directement plus de 12 000 personnes et indirectement 35 000 autres (FAO, 2020). Ce secteur agricole qui est en plein essor engendre des revenus importants, est un grand pourvoyeur d'emplois et contribue à l'amélioration du niveau de vie des populations rurales (Kouamé & al, 2018). En tant que culture qui est destinée principalement à la vente, la banane dessert jouit d'un cadre agro-climatique propice à sa culture en Côte d'Ivoire. Les régions de production majeures comme Dabou, Azaguié, Toumodi, Pacobo, et Taabo, dotées d'un climat tropical humide favorable à un développement rapide et sain de la banane, ne sont pas exemptes de la problématique de l'irrigation, particulièrement à cause de la difficulté à calibrer les volumes d'eau aux besoins spécifiques des cultures et aux conditions climatiques, ce qui peut conduire à un sur ou sous-arrosage préjudiciable à la productivité et à la qualité des fruits. L'interaction entre la gestion de l'eau d'irrigation et l'efficacité énergétique qui pose bien évidemment plusieurs problèmes fondamentaux, nécessite des solutions pertinentes, innovantes et durables pour une production à la fois optimale et respectueuse de la ressource.

La société Banane Antilles Côte d'Ivoire (BANACI), filiale du Groupe Bernard Hayot (GBH), et acteur majeur dans le domaine de la production agricole de bananes en Côte d'Ivoire, fait face à des défis liés à l'eau et la consommation énergétique, sujet qu'elle traite dans le cadre de ses activités d'irrigation. L'entreprise a été créée pour atteindre des objectifs de production de bananes dessert de bon rendement et de qualité afin de rester compétitive sur le marché, c'est la raison pour laquelle elle a consenti de lourds investissements en technologie et en innovation. Cependant, pour rendre ses exploitations agricoles pérennes et rentables, elle doit désormais mettre en œuvre de nouvelles stratégies de gestion efficace de l'eau d'irrigation qui pourront

aussi réduire la consommation énergétique. C'est dans ce contexte qu'a été inscrit le thème de ce mémoire intitulé « Etude de l'optimisation du programme d'irrigation par aspersion de la plantation d'Ahondo II ». Ainsi, la problématique qui sous-tend ce travail est d'élucider comment l'ajustement des apports en eau d'irrigation et du programme d'irrigation pourrait concourir à l'accroissement des rendements de production agricole. L'objectif général de cette étude consiste à optimiser le programme d'irrigation par aspersion de la plantation d'Ahondo afin d'améliorer l'apport en eau, en vue d'accroître la productivité agricole. Pour atteindre cet objectif, plusieurs défis seront à relever :

- Faire un diagnostic des différentes composantes du système d'irrigation du site ;
- Evaluer les besoins en eau de la culture et déterminer le temps d'irrigation ;
- Proposer un programme d'irrigation amélioré ;

Dans la suite de ce travail, nous avons prévu une investigation qui se déroulera selon une structure en titre distincts. Le premier titre dressera un état de la littérature qui porte sur une présentation de la structure d'accueil et de la zone d'étude. Le deuxième titre portera sur la présentation du projet, le troisième sur les généralités de la culture du bananier et de l'irrigation, le quatrième sur la méthodologie qui explicite le mode de collecte des données et leur traitement, le cinquième sur les résultats, le sixième sur une évaluation des coûts de maintenances et enfin les deux derniers titres présenteront une synthèse des résultats et quelques recommandations.

I. PRESENTATION GENERALE DE LA STRUCTURE D'ACCUEIL ET DE LA ZONE D'ETUDE

I.1. Présentation de la structure d'accueil

I.1.1. Historique

BANACI, une filiale du groupe GBH créée en 2013 et dont le siège social se trouve à Abidjan, est un acteur clé du marché de la banane en Côte d'Ivoire. Engagée dans l'excellence, l'innovation et le développement durable, BANACI offre un environnement dynamique et stimulant. Sur le plan local, le groupe exploite plus de 2500 hectares répartis sur sept sites de production à travers le pays (BANACI, PACOBAN, BANOUREBO, BACIBAM, MARABAN, TIABAN et KOFFIBAM), principalement dédiés à la production, au conditionnement et à l'exportation de bananes de dessert. Les plantations du GBH sont situées dans les régions de Taabo, Pacobo, Toumodi, Yamoussoukro et Sinfra. BANACI (Banane Antilles Côte d'Ivoire) est une Société Anonyme dotée d'un Administrateur Général et d'un capital de 60 millions de Francs CFA. En 2014, l'entreprise a réalisé un investissement significatif de près de 13 milliards de F CFA (environ 45 millions d'euros) pour développer ses premières plantations industrielles près de Taabo, situé à 120 km au nord-ouest d'Abidjan. BANACI emploie actuellement 731 collaborateurs et produit annuellement 26 394 tonnes de bananes, avec un rendement de 41,3 tonnes par hectare sur une surface plantée de 491 hectares. L'entreprise offre une variété de longueurs de mains de bananes et exporte 92 % de sa production vers l'espace européen.

La Figure 1 ci-dessous montre le groupe GBH.

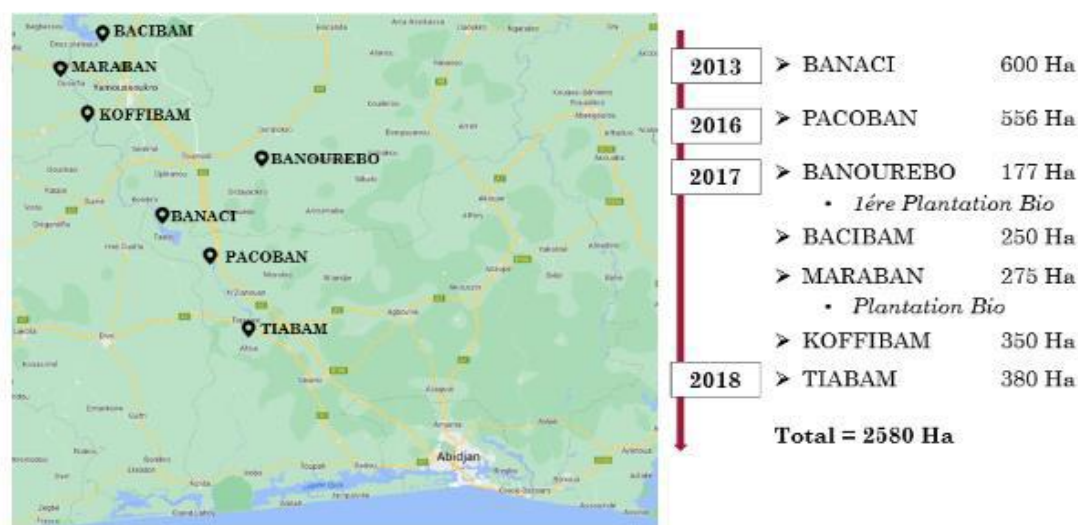


Figure 1: Plan des domaines de production du Groupe Bernard Hayot en Côte d'Ivoire

I.1.2. Objectifs et missions

BANACI SA est une filiale du groupe GBH (Groupe Bernard Hayot) opérant en Côte d'Ivoire, engagée activement dans le développement économique et social durable des territoires où il est implanté, en valorisant les dimensions sociales, culturelles, patrimoniales et écologiques de l'environnement.

Les principaux axes d'engagement de GBH, et par extension de ses filiales comme BANACI SA, incluent :

- Entreprendre pour la formation et l'insertion des jeunes, favoriser l'employabilité des jeunes en collaborant avec des institutions éducatives pour proposer des formations professionnalisantes et des stages en entreprise.
- Entreprendre pour la solidarité, participer à des actions solidaires visant à soutenir les populations locales, notamment en matière d'intégration sociale et professionnelle.
- Entreprendre pour le développement durable, soutenir la production locale en établissant des partenariats avec des producteurs locaux, promouvant ainsi le savoir-faire régional et contribuant à la création d'emplois.
- Entreprendre pour la culture et le patrimoine, préserver et valoriser le patrimoine culturel à travers des initiatives telles que la Fondation Clément, qui soutient les arts et le patrimoine culturel dans les territoires d'outre-mer.

Bien que les objectifs spécifiques de BANACI SA ne soient pas détaillés publiquement, il est raisonnable de supposer que l'entreprise s'aligne sur les engagements généraux de GBH, en adaptant ses actions aux réalités locales de la Côte d'Ivoire.

I.2. Présentation de la zone d'étude

I.2.1. Situation géographique

Ahondo est un village situé dans la préfecture de Taabo, à une distance de 14 kilomètres de la ville de Taabo. Il se trouve au nord-ouest du département de Tiassalé, à environ 160 kilomètres d'Abidjan et à environ 85 kilomètres de Yamoussoukro, la capitale politique. Le village est limité au nord par les départements de Toumodi et Oumé, à l'ouest par le département de Divo, et au sud-est par la sous-préfecture de Tiassalé. Ahondo compte une population diversifiée, estimée à environ 1000 habitants avec les « Souamlin » comme population autochtone dominante. La population allogène provient principalement d'un exode national et sous-régional. Les communautés se côtoient en harmonie, ce qui confère au village une ambiance agréable et accueillante. La Figure 2 montre la plantation d'Ahondo II.

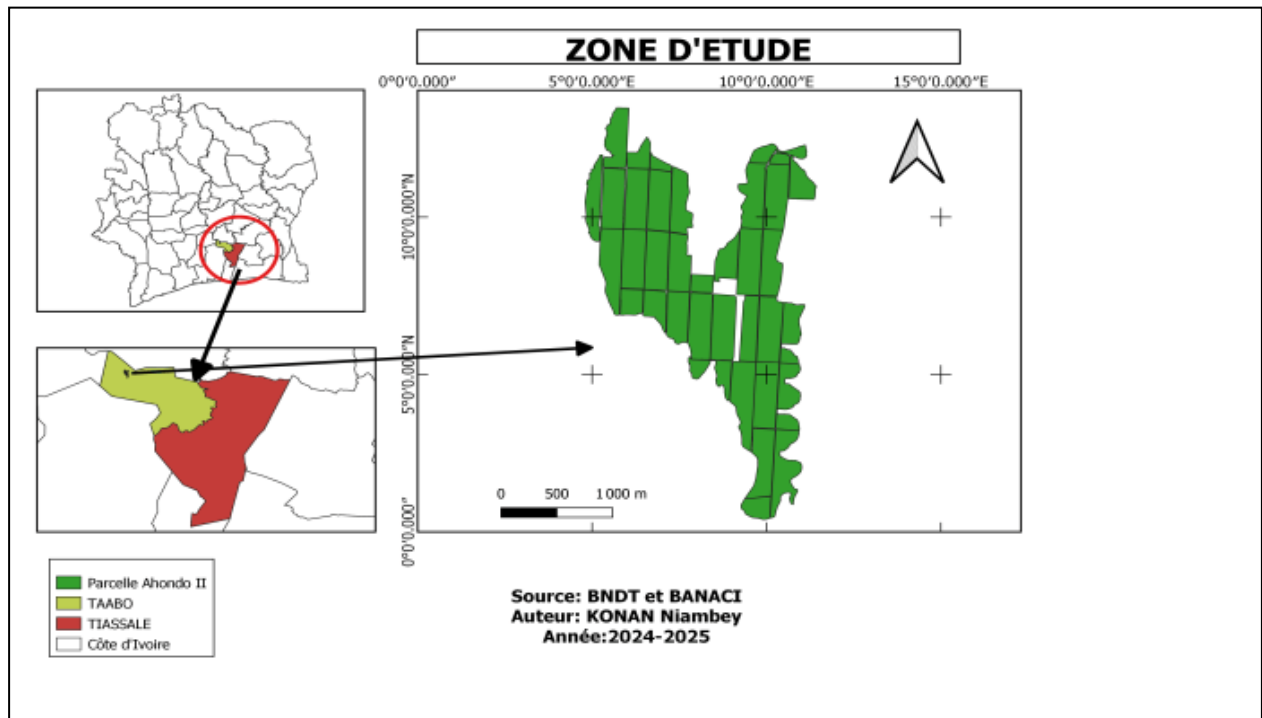


Figure 2: Zone d'étude

I.2.2. Caractéristiques physiques

I.2.2.1. Climat

L'ensemble de la région jouit d'un climat subéquatorial attién (zone de transition entre équatorial et tropical) avec quatre (4) saisons :

- La grande saison des pluies, qui se déroule de mi-mars à la mi-juillet ;
- La petite saison sèche, qui va de mi-juillet à fin septembre ;
- La petite saison des pluies, qui s'étend de la fin septembre à novembre ;
- La grande saison sèche, qui va de novembre à mi-mars.

I.2.2.2. Pluviométrie

La zone étudiée fait partie du secteur dit mésophile caractérisé par une végétation semi-décidue et une pluviométrie annuelle moyenne de 1400 mm ; les enregistrements de la station météorologique du domaine pour le relevé des pluviométries des quatre dernières années donnent une pluviométrie moyenne de 1350,475 mm. Depuis 2020, on a observé une baisse des précipitations de 300,5 mm entre 2021 et 2022 avec un écart moyen de 200,075mm (Kouadio et al. 2022).

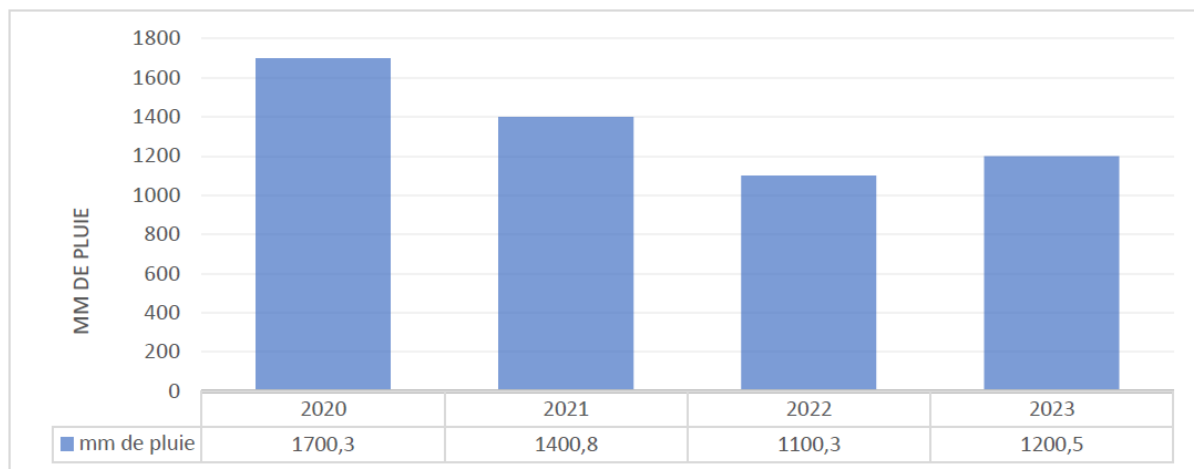


Figure 3: Pluviométrie annuelle cumulée 2020-2023 BANACI Ahondo II (source : données irrigation /Plateforme aqualis)

I.2.2.3. Température

Cette zone enregistre une température annuelle moyenne de 32,18 °C avec un écart type de 1,3 °C. Les températures mensuelles enregistrées entre 2020 et 2023 varient entre 30,7 et 35,9 °C. Les températures mensuelles indiquent que les mois de janvier à avril sont les plus chauds et, à l'inverse, les mois de juin à septembre sont les moins chauds. Cette dernière observation est liée à la présence quasi constante de nuages qui affaiblissent le soleil, moins de 6,9 h/jour. Les amplitudes thermiques journalières sont généralement faibles pendant la saison des pluies (mi-septembre) et élevées pendant la saison sèche (fin septembre-fin avril) (Sodexam, 2024).

I.2.2.4. Evapotranspiration et vent

Sur l'application Aqualis de BANACI, les données d'évaporation et de vent de la zone ont pu être recueillies. Ainsi, l'ETP de la zone varie entre 1,9 mm et 6 mm avec une moyenne de 3,9 mm. Dans la zone, la vitesse du vent varie entre 22 et 42 km/h, avec une vitesse moyenne mensuelle de 30 km/h associée à un écart type de 5,8 km/h. Le vent dominant est généralement orienté dans le Sud-Ouest. La vitesse du vent est plus forte lors des mois de janvier, février et

mars, ces mois étant généralement plus venteux, avec des valeurs souvent supérieures à 33 km/h. Inversement, d'octobre à décembre, les vitesses du vent sont faibles et inférieures à 23 km/h. Avant 2022, la vitesse moyenne du vent se situait autour de 18 km/h, un palier qui a été franchi à partir de 2022, avec une vitesse enregistrée qui a dépassé, depuis, 35 km/h (Kouassi, 2022).

I.2.2.5. Humidité relative

La valeur moyenne annuelle d'humidité enregistrée est de 78% avec un écart type de 1,6%. L'humidité relative subit peu de variation dans la région. Les valeurs mensuelles moyennes varient de 67 à 84 % (Sodexam, 2024). La valeur la plus faible enregistrée est de 67% pour le mois de janvier. Cela peut être mis en relation avec l'harmattan ainsi que la forte insolation qui favorisent l'évaporation des liquides.

I.2.2.6. Végétation

La zone appartient au domaine mésophile du bassin du Bandama, où la végétation est dite semi-décidue. En son sein on peut distinguer au Nord une zone de savane préforestière de celle au Sud associée à des forêts à savane incluses (Guillaumet & Adjanohoun, 1971). La zone préforestière, qui occupe le centre du bassin, est constituée de savanes et de forêts. En effet, le long des rivières et des fleuves, l'humidité ambiante est telle que l'on peut y retrouver des forêts-galeries comme en bas de celui du Bandama et ceci sur bien des espèces. Parmi les grandes essences le long du Bandama on y trouve le fromager (*Ceiba pentandra*), la samba (*Triphochiton scleroxylon*) ou encore le palmier-rônier (*Borassus aethiopum*). Le long de ces cours d'eau, on trouve une grande variété d'espèces sur trois étages. Un étage supérieur avec notamment le *Cola cordifolia* pour la production de cola, un étage secondaire avec par exemple le *Carapa procera* et une épaisse strate herbacée comme *Oncodella africana* (famille du Bambou). Malheureusement cette végétation a été fortement modifiée par les pratiques agricoles, qui ont eu pour effet de la déplacer soit au profit de cultures dites de rente (Café, Cacao et Hévéa) ou même industrielle, en l'occurrence la banane (Avenard & al, 1971).

I.2.2.7. Pédologie

Les études de Perraud (1971) ont aidé à identifier les différents sols présents dans la région de Taabo. Les sols ferrallitiques constituent la majeure partie du paysage depuis l'amont jusqu'à Taabo ainsi que dans les environs bien que quelques plaques de sols bruns eutrophes tropicaux dérivés de roches basiques subsistent. Le paysage montre une très forte présence des sols ferrallitiques. La décomposition complète des minéraux primaires (feldspaths, micas,

amphiboles, pyroxènes) entraîne la formation des sols ferrallitiques qui éliminent la majorité des bases ainsi qu'une partie de la silice. Les sols bruns eutrophes apparaissent sur des matériaux dérivés de roches basiques dans des régions présentant des reliefs accidentés. Mais les sols de la zone présentent des textures variées, principalement de types argileux-limoneux et sableux (Perraud, 1971).

I.2.2.8. Hydrographie

Le réseau hydrographique de Taabo, situé dans la région centrale de la Côte d'Ivoire, est dominé par le fleuve Bandama, le deuxième plus long fleuve du pays, s'étend sur 1 050 kilomètres. Ce fleuve joue un rôle fondamental dans le drainage de la région, étant alimenté par plusieurs affluents importants, tels que le N'Zi, long de 500 kilomètres, le Boubo, de 150 kilomètres, le Kan et le Sélémougou. Ces affluents sont essentiels pour l'irrigation et la gestion des ressources en eau dans la région de Taabo (Traoré, 2015). Le lac de Taabo, un réservoir artificiel créé par le barrage hydroélectrique de Taabo sur le Bandama, couvre une superficie de 69 km² et stocke environ 650 millions de mètres cubes d'eau. Ce réservoir joue un rôle crucial dans la régulation des apports en eau pour l'irrigation, tout en soutenant d'autres usages tels que la production d'énergie, la pêche et l'approvisionnement. Bien que modifiés par l'activité humaine, ces cours d'eau demeurent des éléments essentiels pour l'agriculture locale et le développement socio-économique de la région de Taabo. La gestion intégrée et durable de ces ressources hydriques est indispensable pour maintenir l'équilibre écologique et soutenir les activités économiques et agricoles (Kouadio & N'Guessan, 2018).

I.2.2.9. Relief

Le relief de Taabo est caractérisé par des plateaux modérément ondulés et des collines basses, avec des altitudes généralement comprises entre 200 et 300 mètres. Ce paysage, façonné par une érosion prolongée des formations géologiques est principalement constitué de roches métamorphiques telles que le granite et le schiste. Les vallées fluviales, creusées par le fleuve Bandama et ses affluents, contribuent à la diversité topographique de la région (CI RG, 2020). La construction du barrage hydroélectrique de Taabo a profondément modifié ce relief, notamment par la création du lac de Taabo, qui a submergé certaines vallées et transformé la géomorphologie locale. Le relief de Taabo, avec ses sols, est largement exploité pour l'agriculture, bien que des mesures de conservation soient nécessaires pour prévenir l'érosion des sols, en particulier autour du lac. (Kouame & al, 2016)

II. PRESENTATION DU PROJET

II.1. Contexte et problématique de l'étude

L'irrigation est un élément clé du développement agricole, en particulier pour les cultures à forte demande en eau comme la banane. En Côte d'Ivoire, la production bananière représente une filière importante, contribuant à la sécurité alimentaire et à l'exportation (FAO, 2020). Toutefois, la gestion efficace des ressources en eau devient un enjeu majeur face aux défis climatiques, aux exigences de rentabilité des exploitations et à la nécessité d'optimiser l'utilisation des intrants agricoles.

La plantation d'Ahondo II qui, dans les années antérieures produisait cinquante-deux (52) tonnes à l'hectare, se trouve de nos jours avec une baisse de production qui tourne autour de quarante (40) tonnes à l'hectare à cause du stress hydrique subit par les bananiers. La plantation d'Ahondo II est équipée d'un système d'irrigation par aspersion, une technique qui vise à assurer une distribution homogène de l'eau pour répondre aux besoins hydriques de la culture. Cependant, plusieurs facteurs peuvent influencer son efficacité, notamment :

- Les pertes de charge et les variations de pression dans le réseau, pouvant entraîner une distribution inégale de l'eau.
- L'efficacité des équipements d'irrigation (pompes, conduites, asperseurs), qui conditionne la performance globale du système.
- Un apport insuffisant des besoins en eau (mauvais temps d'irrigation).

Dans le souci d'optimiser le système d'irrigation de la plantation d'Ahondo II, il est impératif de mener une étude approfondie dudit système. De ce fait il est nécessaire d'analyser le fonctionnement du système d'irrigation en place, d'identifier les dysfonctionnements éventuels et de proposer des solutions pour son optimisation.

II.2. Objectifs et résultat attendus de l'étude

II.2.1. Objectif

L'objectif général de cette étude est d'optimiser le programme d'irrigation par aspersion de la plantation d'Ahondo II, en vue d'améliorer la productivité agricole. Pour atteindre cet objectif, plusieurs actions spécifiques seront menées, notamment le diagnostic technique du système d'irrigation, l'évaluation des besoins en eau du bananier à partir des données climatiques locales, ainsi que la détermination de la durée d'irrigation optimale pour assurer une couverture efficace des besoins hydriques des plantes.

II.2. Résultats attendus de l'étude

Les résultats attendus après les travaux sont :

- ❖ Le diagnostic détaillé du système d'irrigation existant est effectué ;
- ❖ Des solutions techniques d'optimisation et un programme d'irrigation sont proposés.

III. GENERALITES SUR L'IRRIGATION ET SUR LE BANANIER

III.1. Généralités sur l'irrigation

III.1.1. Définition et importance de l'irrigation en agriculture

L'irrigation consiste à apporter artificiellement de l'eau aux cultures pour compenser le déficit pluviométrique et assurer un développement optimal des plantes. Elle joue un rôle clé dans l'agriculture moderne, en contribuant à environ 40 % de la production alimentaire mondiale, bien que les terres irriguées ne représentent que 20 % des surfaces agricoles (FAO, 2014). Avec le changement climatique, marqué par une variabilité accrue des pluies et un risque accru de sécheresse, elle devient de plus en plus indispensable. Toutefois, une gestion rigoureuse des ressources hydriques s'impose afin d'éviter leur surexploitation, pouvant entraîner une dégradation des sols. Les avancées technologiques, telles que l'irrigation goutte-à-goutte et les systèmes de gestion informatisés, offrent des solutions efficaces pour optimiser l'usage de l'eau et faire face à la demande croissante en production agricole. L'objectif est d'assurer une disponibilité continue, permettant aux cultures de croître dans des conditions optimales, même dans les zones naturellement arides ou soumises à une répartition irrégulière des précipitations au cours de l'année (Chris, 2017).

III.1.2. Les différentes techniques d'irrigation

L'installation d'un système d'irrigation dépend principalement du régime pluviométrique, du type de culture et des caractéristiques du sol. En particulier, les grandes exploitations, les sols légers et les cultures à forte valeur ajoutée rendent cette pratique incontournable. Une sécheresse sévère peut en effet compromettre tous les investissements réalisés pour assurer la production agricole. Le choix du système se fait selon des critères précis : texture et structure du sol, configuration des parcelles, disponibilité et qualité de l'eau, nature des cultures, ainsi que les coûts d'installation et de maintenance.

On distingue trois grandes méthodes d'irrigation. La première, dite gravitaire, utilise la pente naturelle du terrain pour acheminer l'eau jusqu'aux parcelles, sans énergie mécanique. L'eau s'écoule en surface avec un débit élevé, ce qui permet d'irriguer rapidement de grandes surfaces, bien que la fréquence des arrosages soit relativement faible. Pour les vastes périmètres ou les exploitations nécessitant une distribution plus précise, des techniques sous pression sont

préférées, comme l'aspersion ou l'irrigation localisée, chacune ayant ses propres variantes (FAO, 2014).

III.1.3. Notion d'uniformité d'irrigation

L'uniformité d'irrigation est un indicateur clé de performance des systèmes d'irrigation. Elle désigne la capacité d'un système à répartir l'eau de manière homogène sur l'ensemble de la parcelle afin que toutes les plantes reçoivent une quantité d'eau suffisante et équivalente. Une irrigation uniforme est essentielle pour optimiser la croissance des cultures, éviter le stress hydrique et minimiser les pertes d'eau.

L'uniformité de l'irrigation est influencée par plusieurs facteurs liés au système d'irrigation, aux conditions environnementales, et aux caractéristiques du sol. Une mauvaise uniformité entraîne des pertes d'eau, une réduction du rendement des cultures et une inefficacité énergétique.

Facteurs liés au système d'irrigation

- **Pression et débit** du réseau, une variation de pression dans les conduites peut entraîner des différences de débit aux asperseurs ou goutteurs, affectant l'uniformité de l'arrosage ;
- **Disposition des émetteurs** (asperseurs, goutteurs, rampes, etc.), un mauvais espacement peut créer des zones de sous-arrosage ou de sur-arrosage ;
- **Usure et colmatage des équipements** : l'accumulation de dépôts minéraux ou organiques peut obstruer les émetteurs et réduire l'efficacité des asperseurs ;

Facteurs liés aux conditions environnementales

- **Vent**, une irrigation par aspersion, le vent peut dévier la trajectoire des gouttelettes et provoquer une distribution inégale.
- **Température et évaporation**, une forte chaleur peut entraîner une évaporation rapide de l'eau avant qu'elle ne pénètre dans le sol.
- **Pente et topographie du terrain**, ne pente trop forte favorise le ruissellement en irrigation gravitaire et l'accumulation d'eau en bas de parcelle.

Facteurs liés au sol

- **Texture et structure du sol** : Les sols sableux absorbent rapidement l'eau mais la retiennent peu, tandis que les sols argileux peuvent provoquer un ruissellement en cas d'apport excessif.
- **Capacité d'infiltration** : Un sol compacté ou saturé d'eau réduit l'absorption, entraînant des pertes par ruissellement.
- **Hétérogénéité du sol** : Des variations locales dans la composition du sol peuvent entraîner des différences dans la répartition de l'eau (Cuenca, 1989).

Elle est possible d'être évaluée à l'œil nu mais plus précise avec la formule de **Christiansen** et l'interpréter comme suite :

Coefficient d'uniformité (CU) et Indice de Distribution Uniforme (DU)

- Le Coefficient d'Uniformité (CU) est un indicateur utilisé pour évaluer la régularité de la distribution de l'eau dans un système d'irrigation. Il permet de mesurer l'efficacité avec laquelle l'eau est répartie sur la parcelle et d'identifier les éventuelles disparités pouvant affecter la croissance des cultures. Un CU élevé signifie une bonne uniformité, tandis qu'un CU faible indique des irrégularités dans l'application de l'eau. l'interprétation se fait selon, un **CU > 85 %** indique une très bonne uniformité, un **CU < 70 %** signifie une irrigation non uniforme avec des pertes importantes.
- L'indice de Distribution Uniforme (DU) mesure le rapport entre l'arrosage dans les zones moins irriguées et la moyenne totale d'arrosage.

III.1.4. Efficience de l'irrigation

Les besoins en eau des terres agricoles dépendent de l'efficacité du système d'irrigation, déterminée par les pertes d'eau entre le point de captage et le point d'apport aux cultures. Cette efficacité est mesurée par le ratio entre l'eau nécessaire aux plantes et le volume d'eau distribué dans le réseau (Voir tableau) (Cuenca, 1989).

Tableau 1: Valeur en % de l'efficience au champ (Howell, 2002).

Système d'irrigation		Efficience au champ en pourcentage (%)
Irrigation de surface	Irrigation à la raie (inclivée)	50 - 80
	Irrigation à la raie (horizontal)	65 - 95

	Irrigation par planche	50 - 80
Aspersion	Aspersion fixe	60 - 85
	Aspersion avec déplacement	65 - 80
Micro-Irrigation	Goutte-à-goutte de surface	70 - 95
	Goutte-à-goutte enterré	75 - 95
	Micro asperseur	70 - 95

III.1.6. Technique d'irrigation utilisée par Banaci

En Côte d'Ivoire, plusieurs techniques d'irrigation sont utilisées en fonction des cultures, et des ressources en eau disponibles et conditions climatiques. La pratique dominante actuellement est le gravitaire traditionnel (60 %), à cause de la facilité de sa pratique et son moindre coût, mais elle nécessite des aménagements. Les autres techniques modernes : l'aspersion (20 %) et la micro irrigation (20 %)(FAO, 2015). Banaci, ayant pour objectif d'obtenir une répartition uniforme sur toutes les parcelles d'Ahondo II, elle a opté pour la technique d'irrigation par aspersion, cette technique d'irrigation est une solution efficace pour optimiser l'apport en eau aux bananiers(Cuenca, 1989).

III.2. Généralité sur le Bananier

III.2.1. Taxonomie

Le bananier est une plante herbacée vivace de grande taille, appartenant à la famille des Musacées et au genre Musa. Cultivé principalement pour ses fruits, qui peuvent être consommés frais ou cuits, le bananier se classe parmi les monocotylédones (Sidi Larbi Km. 6 et al, non daté). En Côte d'Ivoire, l'espèce la plus courante est Musa acumunata, originaires d'Asie du Sud-Est, notamment l'Indonésie. Cette espèce inclut le groupe Cavendish, avec des variétés telles que povo, petite naine, grande naine et Williams. Toutefois, la Société BANACI se concentre uniquement sur les variétés Gal et 902 (Vitro pic)(Lassoudière, 2007).

Règne : Végétal

Sous-règne : Tracheobionta

Classe : *Liliopsida*

Ordre : *Scitaminales*

Famille : *Musaceae*

Genre : *Musa*

Espèce : *Musa acumunata*

III.2.2. Température

La température est un facteur déterminant pour le développement du bananier, influençant directement la photosynthèse et l'assimilation des nutriments. En tant que plante sténotherme, le bananier tolère une plage de températures très limitée et est particulièrement sensible aux variations thermiques, y compris entre le jour et la nuit (Lassoudière 2007). La température optimale pour son développement se situe autour de 28 °C. Au-delà de 35 à 40 °C, des anomalies peuvent apparaître, tandis qu'en dessous de 24 °C, la croissance ralentit jusqu'à s'arrêter vers 10 à 11 °C. À des températures de 4 à 6 °C, les feuilles commencent à jaunir, bien que certains cultivars montrent une résistance légèrement supérieure. Le bananier ne meurt généralement qu'en cas de gel, mais en dessous de 12 °C, les bananes peuvent se déformer et présenter des nécroses (CIRAD, 2007).

III.2.3. Lumière

Le bananier nécessite un ensoleillement adéquat, avec des périodes d'exposition variant entre 1900 et 2300 heures par cycle pour une bonne croissance. Lorsque l'approvisionnement en eau est suffisant, une nébulosité excessive peut ralentir la croissance et favoriser l'expansion des rejets. Un ensoleillement de 1500 à 1800 heures est considéré comme le seuil minimum, tandis que 2000 à 2400 heures sont optimales. Cependant, une exposition brutale au soleil combinée à un déficit hydrique peut entraîner un affaissement des feuilles, suivi de nécroses (brûlures), surtout chez les jeunes plants de bananiers (CIRAD, 2007).

III.2.4. Vent

Le bananier possède un système racinaire à la fois traçant et superficiel, ce qui le rend particulièrement vulnérable aux vents violents. Il est donc recommandé d'installer des brise-vents dans les zones sujettes à des conditions venteuses. De plus, les vents chauds, comme le

chergui, diminuent l'humidité de l'air et peuvent causer des brûlures sur les feuilles et les fruits (BANANA, 2016).

III.2.5. Exigences hydriques

Dans les climats chauds et humides, les besoins en eau des bananiers sont généralement satisfaits avec des apports entre 5 et 8 mm/jour selon le climat et le stade de développement, soit environ 50 à 80 m³/ha/jour. Toutefois, l'évapotranspiration maximale peut dépasser 200 mm. En revanche, les besoins en eau augmentent dans les régions sèches et chaudes ou dans les zones fortement ventées. Les bananiers peuvent faire face à des déficits temporaires en repliant les demi-limbes de leurs feuilles, mais ils ne résistent pas bien aux périodes de sécheresse prolongées dépassant un mois, ce qui peut entraîner la casse du pseudo-tronc. Il existe des variations dans la tolérance à la sécheresse entre différents groupes et sous-groupes de bananiers (CIRAD, 2007). Les sols filtrants nécessitent des irrigations courtes et fréquentes. Les bananiers sont très sensibles aux déficits hydriques, ce qui peut entraîner un allongement du cycle de culture et un jaunissement du feuillage. Cependant, un déficit hydrique temporaire pendant les heures chaudes de la journée n'affecte généralement pas la production de manière significative.

III.2.6. Cycle de développement du bananier

De la plantation à la consommation, la banane dessert d'exportation exige de nombreuses opérations techniques pouvant être très différentes en fonction des zones de production et des systèmes de culture.

- **De la plantation à la floraison**

Le planting adopté à Ahondo II (BANACI) est le système quinconce en double ligne (1,80m entre plants, 1,50 m entre lignes et 4,40m entre double ligne) avec une densité de 1800 pieds/ha. Le premier cycle de culture commence sur le champ avec la plantation de rejets, de souches ou de plants issus de la culture in vitro, que ce soit en lignes ou en touffes. L'utilisation de vitro plants vise principalement à garantir la présence sur le terrain de matériel végétal sain, exempt de nématodes, de virus et de bactéries. Pendant sa croissance végétative, le bananier produit des rejets latéraux. Un seul rejet sera sélectionné par une technique appelée oeillementage, afin d'assurer la continuité du cycle de culture tout en maintenant une structure de population aussi constante que possible. Le rejet successoral sera choisi le plus tôt possible pour favoriser son développement. L'objectif est de réduire au maximum la durée du cycle pour augmenter le nombre de régimes récoltés par bananier et par an (Lassoudière, 2007).

- **De la floraison à la récolte**

Dès l'émergence de l'inflorescence, les soins apportés aux régimes commencent, conditionnant ainsi la qualité des fruits à la récolte. Les feuilles susceptibles de gêner le développement des régimes ou de les endommager par frottements sont enlevées. Cette opération consiste à couper ou écarter les feuilles en contact avec l'inflorescence, tout en limitant cette pratique autant que possible pour préserver le potentiel photosynthétique du bananier. Lors du stade des « doigts horizontaux », le bourgeon mâle et les dernières mains sont retirés pour favoriser la croissance des mains supérieures, en conservant uniquement deux doigts appelés « tire-sèves ». Ces derniers empêchent la propagation des pourritures dans le rachis. Les restes des pièces florales sénescentes à l'extrémité des fruits sont également éliminés lors de l'épistillage, ce qui permet de réduire les risques d'inoculum pathogène et de limiter les blessures causées par le contact entre les doigts. Les régimes sont ensuite gainés avec un film de polyéthylène, qui amortit les variations de température, améliore la croissance des fruits, sert de barrière mécanique contre les parasites et protège les fruits des agressions mécaniques, telles que les frottements des feuilles. Le marquage des régimes se fait également au stade des « doigts horizontaux » et permet de planifier la récolte. Les régimes arrivés à ce stade sont marqués avec une bande de couleur spécifique pour indiquer leur âge et prévoir la date de récolte en fonction de leur maturité physiologique. Selon les plantations, 9 à 12 couleurs de marquage sont utilisées en alternance hebdomadaire (Lassoudière, 2007).

- **Récolte**

L'objectif de la récolte des bananes est d'atteindre le grade commercial le plus élevé tout en garantissant que les fruits arrivent à la mûrissierie sans mûrir durant le transport. Les bananes doivent être récoltées encore vertes, car leur maturation est contrôlée artificiellement en mûrissierie. Le moment de la récolte dépend du temps écoulé et des conditions entre la coupe des fruits et leur arrivée en mûrissierie. Traditionnellement, la récolte a lieu lorsque le doigt médian du rang externe de la deuxième ou de la quatrième main atteint un diamètre de 36 mm ou 34 mm respectivement. À ce stade, les fruits sont encore verts, fermes, et remplis à 75 %. Le grade seul ne suffit pas à déterminer le moment optimal de la récolte (Lassoudière, 2007). En l'absence de facteurs limitants, le moment de la coupe est atteint lorsque les fruits accumulent 900 °C jours au-dessus de 14 °C depuis le marquage au stade des doigts horizontaux. À ce stade, les fruits ont une Durée de Vie Verte (DVV) adaptée au transport

maritime et à leur acheminement vers la mûrissière. La planification de la récolte peut donc être basée sur la date de floraison et les données météorologiques (Jullien & al, 2008). L'intervalle entre la floraison et la récolte, appelée « intervalle fleur-coupe » (IFC), est théoriquement constant en somme de températures, mais varie en jours en fonction de la zone de production, de la saison, et des pratiques culturales. La récolte se fait à l'aide d'une machette, en évitant les chocs et les meurtrissures. Les régimes sont transportés hors des parcelles dans des berceaux matelassés, soit sur la tête, soit via un système de câbles jusqu'au hangar d'emballage. La coupe du régime marque également le début du dépérissement du pied-mère, qui est ensuite éliminé, supprimant la dominance apicale et permettant la poursuite de la culture avec le rejet sélectionné.

- **De la récolte au conditionnement**

À la station d'emballage, les régimes sont accrochés à un rail et les mains sont séparées de la hampe florale à l'aide d'un couteau. Les mains sont ensuite plongées dans un bac d'eau enrichi en chlore et en alun appelé bac de départage afin de permettre l'écoulement du latex. À la sortie de ces bacs, les mains de bananes sont récupérées, parfois frottées à l'aide d'une éponge savonneuse, et sont découpées en bouquets de 2 à 8 fruits. Ils sont ensuite acheminés sur des tapis roulants vers la zone de traitement fongicide avant d'être pesés et conditionnés dans des emballages plastiques (sacs en polyéthylène perforé ou non, avec ou sans vide d'air) et disposés dans des cartons d'exportation. Les techniques de traitement chimique sont très variées : trempage, tunnel de pulvérisation, pulvérisateurs, cascades, badigeonnage manuel, etc. Mais il semble qu'un bon mouillage des fruits soit essentiel pour assurer une bonne efficacité des traitements fongicides.

III.2.7. Cycle cultural de la banane

Le cycle complet du bananier est d'environ 9 mois par bananier (32 à 38 semaines, norme BANACI). Certaines variétés peuvent s'étaler sur une année complète (12 mois) (Lassoudière, 2007). Le cycle va dépendre de la variété cultivée, de l'itinéraire technique suivi, du niveau d'entretien de la parcelle ou encore des conditions pédoclimatiques.

IV. MATERIEL ET METHODE DE L'ETUDE

IV.1. Matériel de terrain et outils informatiques

IV.1.1. Matériel de terrain

Les travaux de terrain constituent une part essentielle de la collecte de données en lien direct avec la réalité observée sur le site d'étude. Lors du diagnostic sur le terrain, en vue de recueillir nos résultats, les matériels suivants ont été utilisés :

- Manomètre : pour les mesures de pression ;
- Contenants : pour la collecte d'eau lors des tests d'uniformité de distribution ;
- Eprouvette graduée : pour mesurer l'eau recueillie dans les différents contenants ;
- Calepin : pour la prise de notes ;
- Smartphone : pour la capture de photos et pour la prise des coordonnées ;
- Moto : Pour le déplacement ;
- Double anneau : pour le test de détermination du Ksat ;
 - Planche : pour ajuster le niveau des doubles anneaux ;
 - Marteau : pour ajuster le niveau des doubles anneaux ;
 - Règle : pour mesurer la hauteur d'eau infiltrée ;
 - Niveau : pour ajuster les doubles anneaux ;
 - Bidon de 25 L : pour puiser de l'eau ;

IV.1.2. Outils informatiques

Dans le cadre de nos travaux, nous avons utilisé divers matériels pour le traitement de nos données afin d'atteindre nos objectifs, notamment :

- **Le package Microsoft Office (Word, Excel et PowerPoint)** : pour la saisie des données collectées sur le terrain et la rédaction de ce mémoire ;
- **QGIS** : pour la délimitation de la zone d'étude et la création de cartes ;
- **Climwat** : pour l'obtention des données météorologiques (base de données météorologiques) ;
- **Cropwat 8.0** : pour le calcul de l'évapotranspiration et de la pluviométrie effective à partir des données climatiques ;
- **Autocad** : pour le tracé du réseau d'irrigation ;
- **Epanet** : pour les simulations ;
- **Google Earth Pro** : pour la localisation ;

- **Minitab** : pour déterminer le Ksat ;
- **Spaw** : pour avoir les caractéristiques du sol ;
- **Global Mapper** : pour la détermination des altitudes.

IV. 2. Méthodologie de l'étude

IV.2.1. Recherche documentaire

La méthodologie de travail s'est principalement appuyée sur des recherches documentaires approfondies, complétées par la collecte et l'analyse des données obtenues à partir des observations réalisées sur le terrain.

IV.2.2. Présentation système d'irrigation d'Ahondo II

Pour une compréhension claire du fonctionnement du système d'irrigation d'Ahondo II depuis la source d'eau jusqu'aux asperseurs, une visite de terrain sur plusieurs semaines a été faite afin de pouvoir faire une bonne présentation de celui-ci. L'eau est pompée depuis le fleuve Bandama par des pompes, filtrée par une station de filtration et introduit dans le réseau primaire qui est constitué d'une hiérarchie de conduites jusqu'aux asperseurs.

Le système d'irrigation est équipé des vannes Raphael qui sont contrôlées par un gestionnaire centralisé de pilotage (GCP) qui permet l'ouverture et la fermeture en se basant sur le programme d'irrigation.

IV.2.3. Diagnostic du système d'irrigation d'Ahondo II

Le diagnostic du réseau a débuté par une visite approfondie du site en collaboration avec le chef d'équipe d'irrigation, incluant des entretiens avec les opérateurs, ouvriers, et responsables concernés. La collecte d'information a impliqué l'examen de la documentation disponible et l'analyse des données historiques sur l'utilisation du réseau. Une inspection visuelle a ensuite été réalisée pour évaluer l'état des équipements, notamment les pompes, et d'autres équipements afin de détecter d'éventuels signes d'usure ou de dysfonctionnement.

IV.2.4. Test d'uniformité

Pour la détermination du CU, la méthode la plus utilisée selon (Khila, Douh, Mguidiche, & Boujelben, 2015) a été adoptée. La répartition de l'eau sous les asperseurs est évaluée en recueillant des quantités d'eau appliquées dans des contenants sur un temps donné (1heure), puis elles sont transférées dans une éprouvette graduée pour en déterminer les volumes précis. Les contenants ont été disposés selon une grille de quatre (04) asperseurs à une distance de 1 mètre. Ces mesures ont permis de calculer le coefficient d'uniformité (CU), un indicateur clé des performances des systèmes d'irrigation. Pour le calcul, les débits mesurés sont classés par

ordre croissant, la moyenne des 7 débits les plus faibles (Q_{min}) et la moyenne de l'ensemble des débits (Q) sont déterminées, permettant ainsi de calculer le CU.

$$CU = \frac{Q_{min}}{Q} \times 100 \quad (01)$$

On classe les débits mesurés par ordre croissant. On calcule la moyenne (Q_{min}) des 7 mesures de débits les plus faibles et la moyenne (Q) de l'ensemble des débits mesurés.



Figure 4: Test d'uniformité



Figure 6 : Test d'uniformité

IV.2.5. Détermination de la conductivité hydraulique à saturation (K_{sat}) avec le double anneau de Muntz

Pour réaliser ce test, trois (03) points de mesures ont été sélectionnés et géolocalisés, et le sol a été mouillé 2-3 h à l'avance, pour que la mesure du coefficient d'infiltration se fasse plus rapidement à saturation.

Pour la mesure, deux anneaux sont disposés de façon concentrique sur le sol, puis enfoncés entre 5 cm et 10 cm dans le sol en utilisant la planche et le marteau. L'enfoncement est réalisé de façon lente et régulière, pour éviter de perturber le sol au voisinage des anneaux. Les deux anneaux doivent être au même niveau et leur alignement est contrôlé au niveau à bulle. L'anneau extérieur est appelé « anneau de garde » et a pour fonction de garantir une infiltration verticale dans l'anneau central. Par la suite, ces anneaux seront remplis d'eau jusqu'au rebord de chaque anneau. Le principe du double anneau est de suivre l'évolution du niveau d'eau en fonction du temps dans l'anneau interne pour connaître la vitesse d'infiltration sur chaque pas de temps. Cette variation est mesurée à la règle.

Le test va nous permettre de déterminer la vitesse d'infiltration.



Figure 5: Essai d'infiltration au double anneau

IV.2.6. Evaluation des besoins en eau

L'évaluation des besoins en eau a consisté tout d'abord à utiliser les logiciels CROPWAT et CLIMWAT pour la détermination de l'évapotranspiration et la pluie efficace à partir de données météorologiques sur une période de 30 ans ; complétée par l'application de différentes formules.

IV.2.6.1. Détermination de l'évapotranspiration de référence (ET₀)

L'évapotranspiration de référence (ET₀) correspond à la quantité d'eau évaporée et transpirée par une surface végétale de référence. Elle sert de base pour estimer les besoins en eau des différentes cultures. La méthode la plus reconnue pour déterminer ET₀ est l'équation de Penman-Monteith standardisée par la FAO (Food and Agriculture Organization) dans le rapport FAO-56. Cette méthode intègre des variables climatiques essentielles et offre des résultats fiables dans divers contextes agroclimatiques. Après l'importation des données climatiques dans CROPWAT, le logiciel utilise la méthode de Penman-Monteith pour calculer l'évapotranspiration de référence (ET₀). Ce calcul intègre des facteurs tels que l'ensoleillement, la température, l'humidité et la vitesse du vent pour estimer la quantité d'eau évaporée. L'ET₀ est essentielle pour déterminer les besoins en eau des cultures et évaluer l'efficacité des apports en irrigation (Marvin E. Jensen, Ph.D., NAE 2016).

L'équation de Penman-Monteith (FAO-56) s'exprime ainsi :

$$ET_0 = \frac{0,408\Delta(R_n - G) + \gamma \frac{900}{T+273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0,34u_2)} \quad (02)$$

ET₀ : Evapotranspiration de référence (mm/jour)

R_n : Rayonnement net à la surface du couvert végétal ($\text{MJ}/\text{m}^2/\text{Jour}$)

G : Flux de chaleur dans le sol ($\text{MJ}/\text{m}^2/\text{jour}$)

T : Température moyenne de l'air à 2m ($^{\circ}\text{C}$)

u_2 : Vitesse du vent à 2m (m/s)

e_s : Pression de vapeur saturante (kPa)

e_a : Pression de vapeur actuelle (kPa)

$e_s - e_a$: déficit de pression de vapeur

Δ : Pente de la courbe de saturation de la pression de vapeur ($\text{kPa}/^{\circ}\text{C}$)

γ : Constante psychrométrique ($\text{kPa}/^{\circ}\text{C}$)

IV.2.6.2. Détermination de l'évapotranspiration maximal du mois de la culture (ET_c ou ET_m)

L'évapotranspiration de la banane (ET_m) est calculée en multipliant l'évapotranspiration de référence (ET_o) par le coefficient cultural (K_c), qui varie selon le stade de développement de la culture (initial, croissance, et fructification). Dans notre cas nous allons nous baser uniquement sur la valeur de K_c qui correspond au stade de croissance parce que le bananier évolue toujours avec son rejet

$$ET_m(\text{mm}/\text{j}) = ET_o(\text{mm}) \times K_c \quad (03)$$

IV.2.6.3. Estimation de la pluviométrie efficace

Les précipitations enregistrées par la station météorologique de Dimbokro, la plus proche de notre zone d'étude, sont analysées pour déterminer la pluviométrie efficace, portion des précipitations réellement utilisable par les plantes après déduction des pertes par ruissellement et infiltration. Les besoins nets en irrigation sont ensuite calculés en soustrayant cette pluviométrie efficace de l' ET_c , permettant ainsi d'identifier les apports en eau nécessaires pour combler les déficits hydriques.

IV.2.6.4. Evaluation de la réserve utile RU

La réserve utile (RU) est la quantité d'eau disponible dans le sol que la culture peut utiliser pour sa maturation. Elle est fonction de l'humidité à la capacité au champ et de l'humidité au point de flétrissement.

$$RU(mm) = (\theta_{FC} - \theta_{WP}) \times Zr \times 1000 \quad (04)$$

RU : Réserve utile

Zr : Profondeur d'enracinement

θ_{FC} : Humidité à la capacité au champ

θ_{WP} : Humidité au point de flétrissement

IV.2.6.5. Evaluation de la réserve facilement utilisable

La réserve facilement utilisable (RFU) est la partie de la réserve utile que la plante (bananier) peut facilement utiliser sans subir le stress hydrique. Quand le sol commence à sécher, les bananiers peuvent encore prélever de l'eau, mais plus difficilement. C'est donc la portion de la RU que l'on vise à ne pas dépasser avant d'irriguer ; elle est obtenue par la formule suivante.

$$RFU(mm) = RU \times p \quad (05)$$

RFU : Réserve facilement utilisable

p : Coefficient de tarissement est de 2/3

IV.2.6.6. Les besoins maximums de pointe ou besoin net (BMP)

Le besoin maximum de pointe (BMP) est la quantité d'eau journalière dont la plante a besoin pendant la période de pointe qui est le besoin le plus élevé durant toute l'année.

$$BMP = ETc - Pe \quad (06)$$

BMP : besoin max de pointe

ETc : évapotranspiration maximale du mois en mm

Pe : pluviométrie efficace en mm

IV.2.6.7. Détermination de la dose brute

La dose brute d'irrigation correspond à la quantité d'eau qu'il faut apporter à la parcelle pour compenser les pertes naturelles (évapotranspiration, infiltration profonde, etc.) et les pertes liées à l'efficacité du système d'irrigation (pertes au niveau de l'application, du transport, etc.). Elle est déterminée à partir du besoin net ou le besoin maximum de pointe et de l'efficience.

$$Db = \frac{BMP}{Ea} \quad (07)$$

IV.2.6.8. Détermination de la pluviométrie de l'asperseur Nelson R10T Turbo (mm/h)

D'abord il faut noter que nous allons utiliser des asperseurs de type Nelson R10T Turbo (voir recommandation).

La pluviométrie de l'asperseur est déterminée en fonction de la disposition et l'écartement des asperseurs et rampes.

IV.2.6.9. Détermination du temps d'irrigation

Le temps d'irrigation est la durée nécessaire pour apporter à la culture la quantité d'eau (besoin brut) dont elle a besoin. Elle est obtenue par la formule suivante :

$$\text{Durée (h)} = \frac{\text{Besoin brut (mm)}}{\text{pluviométrie } (\frac{\text{mm}}{\text{h}})} \quad (08)$$

IV.2.6.10. Détermination du tour d'eau

C'est le temps séparant deux irrigations consécutives sur une même parcelle. Il est choisi tel que $T \leq F$.

IV.2.7. Simulation du système d'irrigation

Une simulation générale du réseau a été faite. Par la suite, pour faire le regroupement des vannes de chaque position afin d'assurer une bonne pression, nous avons procédé à une simulation de chaque position (regroupement de vannes) avec le logiciel Epanet. Ces différentes simulations nous ont permis de choisir les différentes vannes qui constituent chaque position tout en garantissant une bonne pression dans le réseau primaire afin d'avoir une bonne pression aussi dans le réseau secondaire et tertiaire.

V. RESULTATS ET DISCUSSIONS

V.1. Présentation du système d'irrigation

Après la visite de terrain qui s'est déroulée sur deux (02) semaines, une présentation détaillée du système d'irrigation d'Ahondo II depuis la source d'alimentation jusqu'aux asperseurs est nécessaire. On y retrouve les éléments suivants :

➤ **Source d'eau**

Le site d'Ahondo II dépend exclusivement du fleuve Bandama pour son approvisionnement en eau. Le réseau d'irrigation est alimenté par un bassin d'accumulation, dont la capacité est de 36 000 m³. Cependant, ce bassin est sujet à des assèchements temporaires dus à la baisse du niveau d'eau du fleuve aux périodes d'étiage allant de février à mars. Cette période correspond au moment où le débit du fleuve atteint ses niveaux les plus bas. Elle coïncide avec la saison sèche, marquée par une absence ou une faible quantité de précipitations et une forte évaporation. Selon l'Agence nationale de gestion des stations hydrométriques, les débits d'étiage moyens pour le fleuve Bandama dans la région de Taabo sont souvent estimés entre 10 et 20 m³/s lors des périodes les plus sèches.



Figure 6: Fleuve Bandama (source d'eau)

➤ **Station de pompage**

La station de pompage de la plantation d'Ahondo est équipée de 8 pompes. Pour irriguer toute la parcelle d'Ahondo II, le dimensionnement est fait de sorte que six (06) pompes sont utilisées, une (01) pompe reste au repos et la huitième (08) est destinée à la station de conditionnement.

Notre station de pompage est composée des équipements suivants :

Pompes centrifuges KSB (8 unités)

- Six (06) pompes de **200 m³/h** avec une Hauteur manométrique totale (HMT) de **100 m** ;
- Une (01) pompe de **250 m³/h** avec une Hauteur manométrique totale (HMT) de **100 m** ;
- Une (01) pompe de **100 m³/h** avec une Hauteur manométrique totale (HMT) de **100 m**.



Figure 7: Station de pompage Ahondo II

➤ Station de filtration

La station de filtration de la plantation d'Ahondo est dédiée à la purification de l'eau, en éliminant les impuretés solides. Dans notre cas, elle empêche les impuretés d'obstruer les asperseurs. Cette station est également composée de huit filtres à disque.



Figure 8: Station de filtration Ahondo II

➤ **Dispositif de protection**

- Clapets anti-retours montés au refoulement de chaque pompe pour éviter le retour d'eau vers les pompes lors des microcoupures et même après l'arrêt des pompes.



Figure 9: Clapet anti-retour

- Vanne de décharge, installée à la station de filtration qui sert de protection contre les casses des conduites en cas de surpression, elle va libérer le surplus qui provoque la surpression.



Figure 10:Vanne décharge

➤ Conduites du réseau d'irrigation

Elle permet de transporter l'eau depuis la station de pompage jusqu'aux asperseurs avec un minimum de pertes de charge et des conduites de différentes qualités et diamètres sont utilisés.

Tableau 2:Estimation des longueurs des conduites du réseau

Matériau	Diamètre (m)	Longueur Total (m)
PVC PN 10	400	6456
	315	3548
	250	1207
	200	6100
PEHD (pour une vanne de 3ha) PN 6	200	2,5
	110	16
	90	14
	32	300

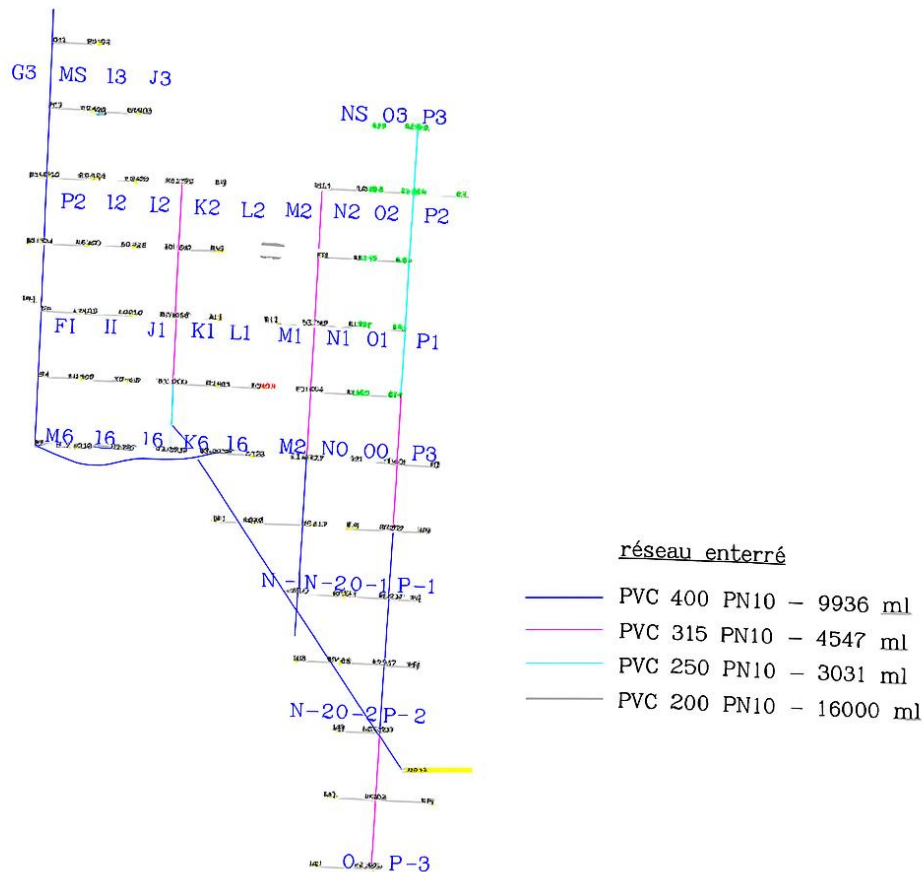


Figure 11: Réseau primaire d'irrigation d'Ahondo II

➤ Compteurs d'eau

Les compteurs calculent la quantité d'eau utilisée ou pompée, permettant un suivi précis des volumes d'eau d'irrigation.

➤ Vannes Raphael

Dans le réseau d'irrigation de la plantation d'Ahondo II, il y'a des vannes Raphael qui sont des vannes hydrauliques pilotées, ce qui signifie qu'elles s'ouvrent et se ferment grâce à la pression de l'eau elle-même, sans nécessiter d'énergie externe. Ce type de vanne est équipé d'une membrane qui réagit aux variations de pression dans

le réseau. En plus de cette membrane interne, elle a un robinet à trois voies, un solénoïde connecté par une embase et un raccordement hydraulique.



Figure 12:Vanne Raphael

➤ Asperseurs utilisés dans la plantation d'Ahondo II

Dans la plantation d'Ahondo II, trois (03) différents types d'asperseurs sont utilisés : Les LF 1200, les Magic Drive et les Nelson

Tableau 3:Caractéristiques des asperseurs d'Ahondo II

Asperseurs	Pression (bar)	Débit (l/h)	Uniformité (%)
Magic drive	1,5 à 3,5	310 à 490	Elevée
Nelson	2 à 4	150 à 792	Elevée
LF 1200	1,7 à 4,2	220 à 575	Elevée



Figure 13: Asperseur Magic drive



Figure 15: Asperseur Rotatif Nelson



Figure 14: Asperseur LF 1200

V.2. Résultats du diagnostic du système d'irrigation d'Ahondo II

Lors de l'inspection visuelle du réseau d'irrigation de la plantation d'Ahondo II, plusieurs dysfonctionnements ont été relevés à différents niveaux :

❖ Station de pompage

Le système de pompage présente plusieurs dysfonctionnements impactant son bon fonctionnement. Tout d'abord, la défaillance des crépines à l'aspiration entraîne le passage de particules grossières vers le refoulement, risquant d'endommager les équipements en aval. Ensuite, l'état dégradé des joints situés immédiatement après le clapet anti-retour provoque des fuites importantes au niveau du refoulement. Enfin, les manomètres installés en sortie des pompes sont en mauvais état, compromettant la fiabilité du suivi de la pression et rendant difficile le diagnostic précis du réseau.

❖ Station de filtration

Le système présente des défaillances mécaniques notables, notamment la détérioration des joints, ce qui peut entraîner des fuites ou une baisse d'efficacité hydraulique. De plus, le manomètre associé à la vanne de décharge est hors service, empêchant un contrôle précis de la pression à ce point clé du réseau.

❖ Réseau primaire et secondaire

Le réseau présente plusieurs insuffisances structurelles affectant sa performance et sa durabilité. Le positionnement altimétrique des ventouses sur le réseau primaire est inadapté, limitant leur efficacité dans l'évacuation de l'air et favorisant l'apparition de poches d'air. Par ailleurs, des fuites fréquentes sont observées aussi bien sur les conduites du réseau primaire que secondaire, témoignant d'une vétusté ou d'un défaut de pose. Enfin, le réseau primaire subit de nombreuses casses de conduites, ce qui entraîne des interruptions répétées du service et des pertes d'eau importantes.

❖ **Vanne Raphael**

Nous avons au total **139** vannes Raphael sur toute la plantation d'Ahondo II, le système d'irrigation présente plusieurs anomalies affectant son bon fonctionnement. Des robinets à trois voies sont en mauvais état, ce qui compromet leur rôle dans la régulation des flux. De plus, plusieurs raccords hydrauliques présentent des fuites, contribuant à des pertes en eau et à une baisse de pression dans le réseau. Enfin, certains solénoïdes sont défectueux, provoquant l'ouverture ou la fermeture intempestive des vannes et perturbant ainsi le déroulement normal du programme d'irrigation.

❖ **Problèmes liés aux décodeurs**

Le système de Gestion Centralisée de Pilotage (GCP) rencontre des dysfonctionnements liés à la surconsommation d'énergie par certains décodeurs, provoquant des disjonctions répétées et affectant la continuité du service. Par ailleurs, des erreurs de numérotation des décodeurs ont été identifiées, entraînant un déclenchement incorrect ou tardif de certaines vannes par rapport aux horaires programmés, ce qui perturbe le bon déroulement du programme d'irrigation.

❖ **Réseau tertiaire et Asperseurs**

Un dimensionnement inadéquat du réseau tertiaire d'irrigation peut engendrer divers dysfonctionnements, compromettant l'efficacité de la distribution de l'eau, augmentant les pertes et la consommation, et réduisant ainsi la performance économique et technique du système. Quelques dysfonctionnements de la plantation d'Ahondo sont les suivants :

L'analyse du réseau d'irrigation a révélé des anomalies affectant la performance du système. Le mauvais maillage des asperseurs, dû au non-respect (10 m entre les asperseurs) des écartements entre les rampes et les dispositifs, compromet la couverture uniforme de

l'irrigation. De plus, les longueurs excessives (souvent plus de 100 m) des conduites, notamment au niveau des portes rampes et des rampes elles-mêmes, accentuent les pertes de charge. Par ailleurs, les extrémités de certaines rampes sont obstruées par des dépôts de sable et de matières grossières, entraînant le colmatage de plusieurs asperseurs. Lors du diagnostic, il a été constaté que de nombreux asperseurs étaient bouchés (plus de 20 asperseurs par vannes), réduisant leur efficacité et provoquant une irrigation incomplète et non homogène.

V.3. Résultat du test d'uniformité

Lors du diagnostic le test d'uniformité a été effectué. Il a consisté à placer sept (07) bidons au sol pour recueillir de l'eau pendant une heure d'arrosage. Les résultats sont consignés dans le tableau ci-dessous.

Tableau 4: Résultat du test d'uniformité

Parcelles- Vannes	Pression (Bar)	Débit(ml/h)							Qmin	Qmoy	CU (%)
		Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7			
N2-V105	2,1	3,2	4,9	3,4	3,7	2,9	3,1	3,8	2,9	3,57	81,2
O2-V107	1,8	3,1	2,8	3,3	2,4	2,9	3,5	3,9	2,4	3,13	76,71
P2-V109	2,6	5,6	5,4	5,9	6,0	6,1	6,0	5,8	5,4	5,83	92,65

La variation des débits des asperseurs est influencée par plusieurs facteurs, notamment la mauvaise disposition des asperseurs, la présence de vent, les légères pentes sur certaines parcelles, et les dommages causés aux portes rampes et aux rampes par les travaux de désherbage réalisés par les ouvriers. Pour garantir une distribution uniforme des débits, un entretien régulier, incluant la purge et la soudure, est essentiel.

- Dans le premier cas (N2-V105), le CU est égal à 81,2 % ce qui traduit une bonne uniformité.
- Dans le deuxième cas (O2-V107), nous avons un CU qui est égal à 76,71 % ce qui traduit une uniformité insuffisante.

- Dans le troisième cas (P2-V109), nous avons un CU qui est égal à 92,65 % ce qui traduit que dans cette parcelle l'uniformité d'arrosage est très bonne donc aucune intervention sur le réseau n'est nécessaire.

V.4. Résultat des tests d'infiltration

Ce test a pour objectif d'identifier et de caractériser les types de sols présents sur le site. Les principales propriétés étudiées sont la capacité d'infiltration et la nature des sols. Les résultats obtenus des mesures d'infiltration révèlent que le sol étudié est composé d'un mélange de sable et d'argile, avec une infiltration moyenne mesurée **de 9,73 mm/h**, ce qui est supérieur à la pluviométrie des asperseurs ; il n'y aura donc pas risque de ruissellement,

Tableau 5:Détermination du Ksat par le test d'infiltration au double anneau de Muntz

Point	Longitude	Latitude	Ksat(mm/h)	Type de sol par SPAW
A	6°17'10.5''N	5°07'40.2''W	10,07	Loam argilo-sableux
B	6°17'10.3''N	5°07'41.4''W	7,86	Loam argilo-sableux
C	6°16'26.6''N	5°07'50.6''W	11,25	Loam argilo-sableux

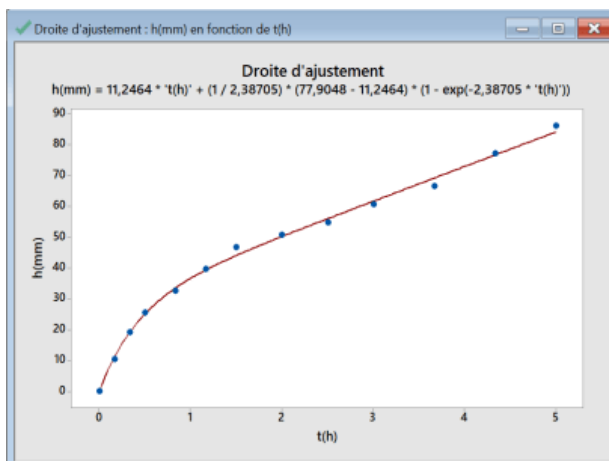


Figure 17:Détermination de Ksat

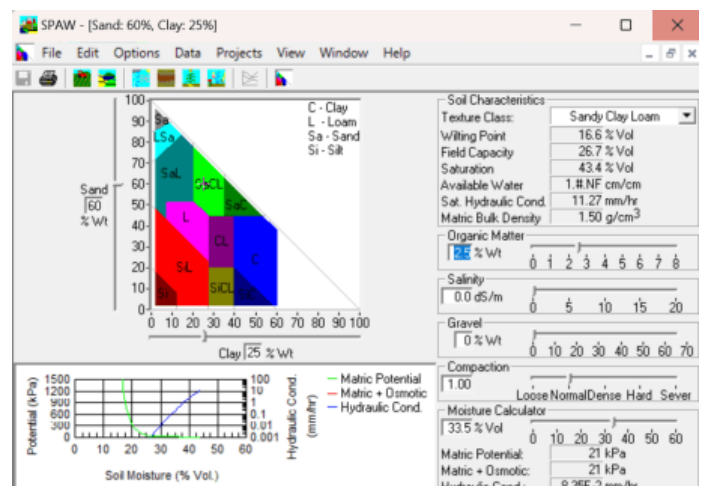


Figure 16:Caractéristiques du sol

Tableau 6: Caractéristiques du sol

Caractéristiques	Point A	Point B	Point C
CC (%)	27,1	27,7	26,7
CP (%)	17,1	18,3	16,6

V.6. Evaluation des besoins en eau

V.6.1. Détermination de l'évapotranspiration de référence (ET₀)

Les résultats consignés dans le tableau ci-dessous montrent les variations de l'évapotranspiration en fonction des différents mois de l'année. Les mois de mars et d'avril donnent les ET₀ les plus élevées, ce qui indique une forte demande en eau à cette période. Les périodes de forte ET₀, comme celles observées en mars et en avril, nécessitent des apports en eau plus importants pour compenser les pertes dues à l'évapotranspiration.

Tableau 7: Détermination de l'évapotranspiration de référence

Mois	Jan	Fév.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juil	Aoû	Sep	Oct.	Nov	Déc
ET ₀ (mm/j)	3,72	4,66	4,75	4,73	4,48	3,74	3,29	3,21	3,5	3,88	3,99	3,43

V.6.2. Détermination de l'évapotranspiration maximale du mois de la culture (ET_M)

- Les valeurs consignées dans ce tableau sont les résultats de l'évapotranspiration maximal des différents mois de la saison initiale avec un K_c de 0,5.

Tableau 8: Détermination de ET_M

Mois	Jan	Fev	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	sep	Oct	Nov	Déc
ET ₀ (mm/j)	3,72	4,66	4,75	4,73	4,48	3,74	3,29	3,21	3,5	3,88	3,99	3,43
ET _M (mm/j)	1,86	2,33	2,375	2,365	2,24	1,87	1,645	1,605	1,75	1,94	1,995	1,715

- Les valeurs consignées dans ce tableau sont les résultats de l'évapotranspiration maximal des différents mois de mi-saison avec un Kc de 1,2

Tableau 9:Détermination de ETM

Mois	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aoû	se	Oct	Nov	Déc
	s p											
ET0 (mm/j)	3,72	4,66	4,75	4,73	4,48	3,74	3,29	3,21	3,5	3,88	3,99	3,43
ETM (mm/j)	4,46	5,59		5,67	5,37	4,48	3,94	3,85	4,2	4,65	4,78	4,11
	4	2	5,7	6	6	8	8	2	2	6	8	6

- Les valeurs consignées dans ce tableau sont les résultats de l'évapotranspiration maximal des différents mois de la saison finale avec un Kc de 1.

Tableau 10:Détermination de ETM

Mois	Jan	Fev	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	sep	Oct	Nov	Déc
ET0 (mm/j)	3,72	4,66	4,75	4,73	4,48	3,74	3,29	3,21	3,5	3,88	3,99	3,43
ETM (mm/j)	3,72	4,66	4,75	4,73	4,48	3,74	3,29	3,21	3,5	3,88	3,99	3,43

V.6.3. Estimation de la pluviométrie efficace

Les résultats d'estimation de la pluie efficace par Cropwat à partir des précipitations mensuelles de la zone sont consignés dans le tableau suivant :

Tableau 11: Détermination de la pluie efficace

Mois	Jan	Fev	Mar	Avril	Mai	Juin	Juil	Août	Sep	Oct	Nov	Dec
Pluie efficace (mm/j)	0	0	0	0	24	46	66	84	7,9	88	59	0

V.6.4. Evaluation de la réserve utile (RU)

Après le test d'infiltration aux doubles anneaux, le Ksat a pu être déterminé ainsi que les différentes humidités, ce qui a permis de calculer la réserve utile qui est de **74,9 mm**.

V.6.5. Evaluation de la réserve facilement utilisable (RFU)

Après obtention de la réserve utile, la réserve facilement utilisable a été calculée en considérant un facteur de tarissement p de $2/3$ (A. Keita, 2020). Cela a permis d'avoir une RFU qui est de 49,93 mm.

Pour la suite des calculs, une valeur de **50 mm** pour la RFU a été considérée.

V.6.6. Détermination des besoins maximums de pointe (BMP)

Après calcul des besoins en eau du bananier, le constat est fait que dans l'année le besoin maximum de pointe est élevé durant le mois de Mars ; ce qui veut dire qu'il faudra apporter plus d'eau que les autres mois pour éviter le stress hydrique des bananiers. Les besoins seront donc comblés en considérant le mois de mars qui est le mois de pointe et le plus défavorable.

Les valeurs consignées dans le tableau représentent les besoins maximums de pointe

Tableau 12: Détermination des besoins maximums de pointe (BMP)

Mois	Pe	ET ₀	ET _c	BMP	Appréciation
Janvier	0	3,72	4,46	4,46	Besoin d'arrosage
Février	0	4,66	5,59	5,59	Besoin d'arrosage
Mars	0	4,75	5,70	5,70	Besoin d'arrosage

Avril	0	4,73	5,67	5,67	Besoin d'arrosage
Mai	24	4,48	5,37	-18,62	Pas besoin d'arrosage
Juin	46	3,74	4,48	-41,51	Pas besoin d'arrosage
Juillet	66	3,29	3,95	-62,05	Pas besoin d'arrosage
Août	84	3,21	3,85	-80,15	Pas besoin d'arrosage
Septembre	7,9	3,5	4,2	-3,70	Pas besoin d'arrosage
Octobre	88	3,88	4,65	-83,34	Pas besoin d'arrosage
Novembre	59	3,99	4,79	-54,21	Pas besoin d'arrosage
Décembre	0	3,43	4,12	4,12	Besoin d'arrosage

V.6.7. Détermination de la dose brute

Après détermination de la dose nette ou du besoin maximum de pointe, la dose brute a été déterminée. Elle représente la quantité d'eau réellement appliquée sur la parcelle pour satisfaire les besoins hydriques du bananier en tenant compte des pertes liées au système d'irrigation. Une valeur de **7,6 mm/j** a été obtenue après application de l'efficacité qui est de 75 % pour des systèmes d'irrigation par aspersion dans un climat modéré.

Tableau 13: Efficacité en fonction du climat

Climat	Efficacité (Ea)
Froid	80 %
Modéré	75 %

Chaud	70 %
Désertique	65 %

Source : (Irrigation par aspersion 2iE Keita, 2009).

V.6.8. Détermination de la pluviométrie des asperseurs

Connaissant l'écartement des asperseurs, la pluviométrie calculée est de **3,54 mm/h**.

V.6.9. Détermination du temps d'irrigation

Après avoir déterminé la dose brute et la pluviométrie des asperseurs, le temps d'irrigation pour le mois de pointe (mars), a été estimé à 2 h 14 min, ce qui traduit qu'en ce laps de temps : les asperseurs apporteront le besoin brut des bananiers. Sur le terrain, ce temps d'irrigation sera arrondi à **2 h 30 min**.

V.6.10. Détermination du tour d'eau

Pour la suite de ce travail un tour d'eau d'un (01) jour sera considéré pour maintenir une bonne humidité afin de booster la production.

V.7. Résultat des simulations

V.7.1. Simulation initiale

Les différentes études menées ont abouti aux résultats obtenus par la simulation. Celles-ci révèlent que les pressions dans le réseau primaire varient entre 11 et 9,9 bars, en fonction de l'altitude : plus l'altitude est basse, plus la pression est élevée. La Figure 18, intitulée *Simulation à l'état initial*, illustre ces résultats.

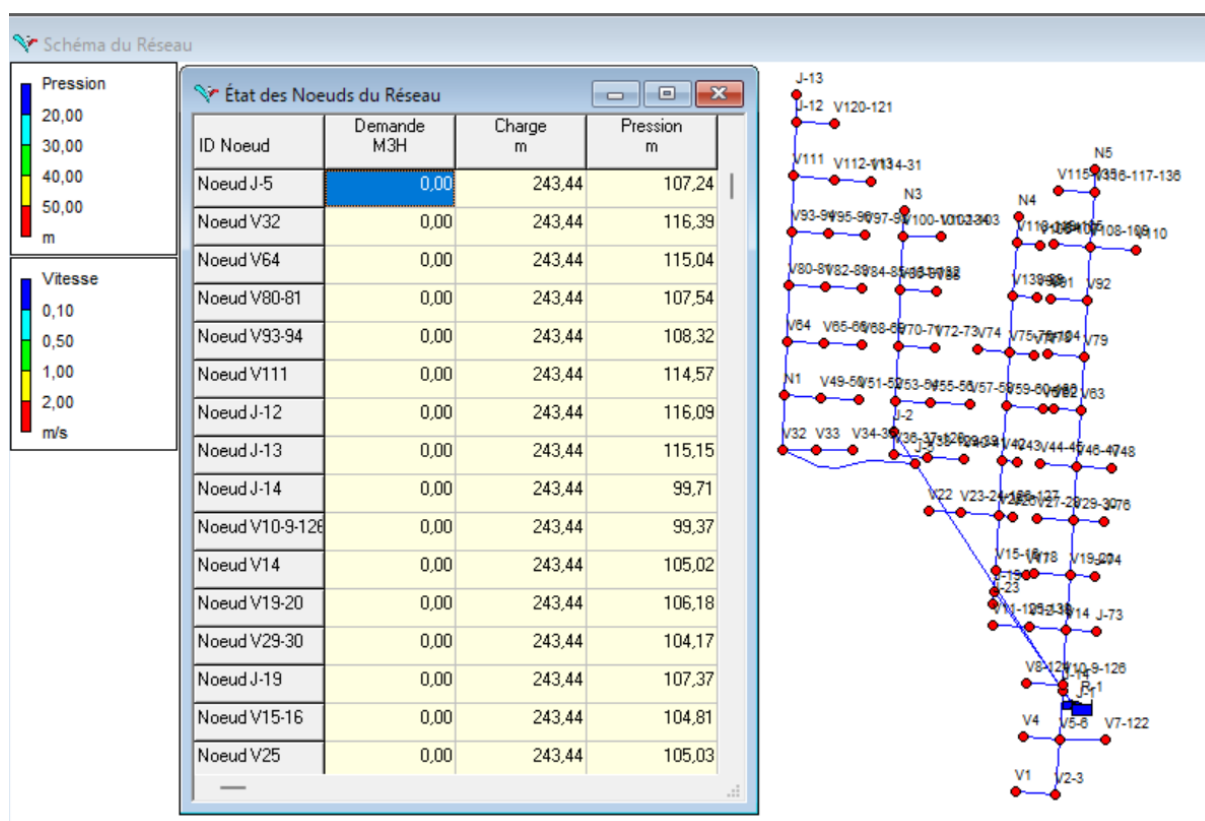


Figure 18: Simulation à l'état initial

V.7.2. Simulation des différentes positions

- Position une (01)

Après regroupement des vannes par position, une simulation de la position une qui contient 9 vannes a été faite en introduisant les demandes de chaque vanne. Les pressions obtenues varient de 9 à 7,7 bar, ce qui traduit que de bonnes pressions seront obtenues au niveau des différents asperseurs.

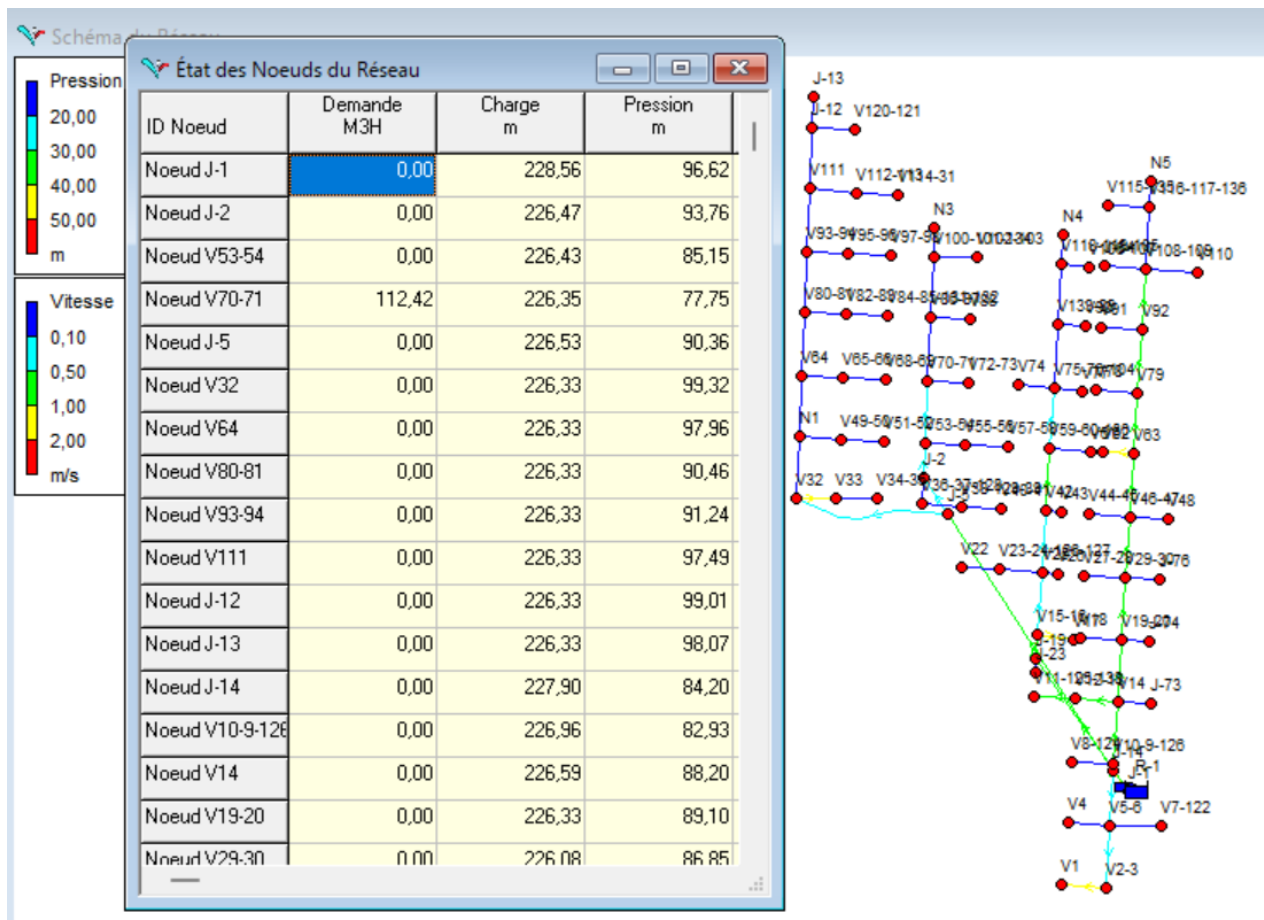


Figure 19: Simulation de la position 01

- Position deux (02)

Pour la position 02, les pressions obtenues varient de 8,8 bar à 6,7 bar. Il y'aura donc de bonnes pressions au niveau des asperseurs.

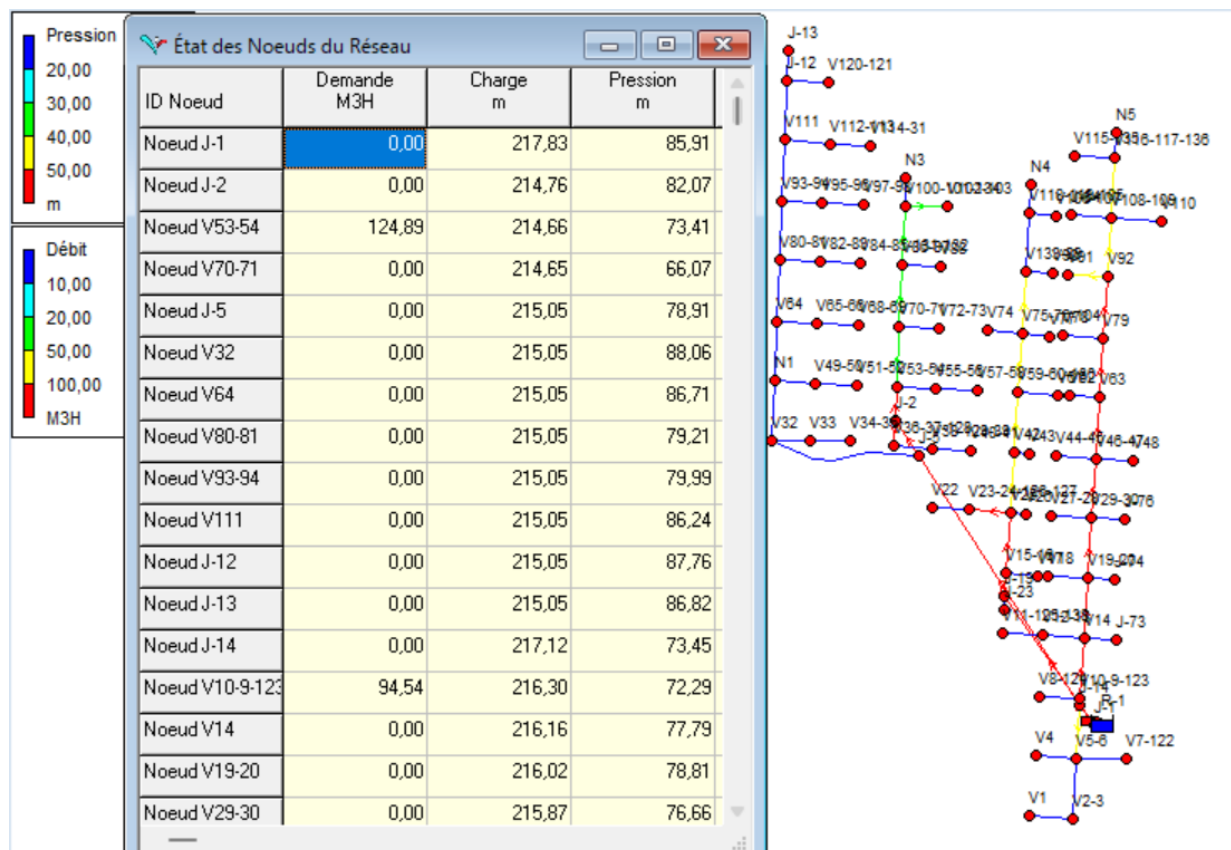


Figure 20: Simulation de la position 02

- Position trois (03)

Pour la position 3, il y'a des pressions qui varient de 8,9 bar à 7,5bar. Il y' aura donc de bonnes pressions au niveau des asperseurs.

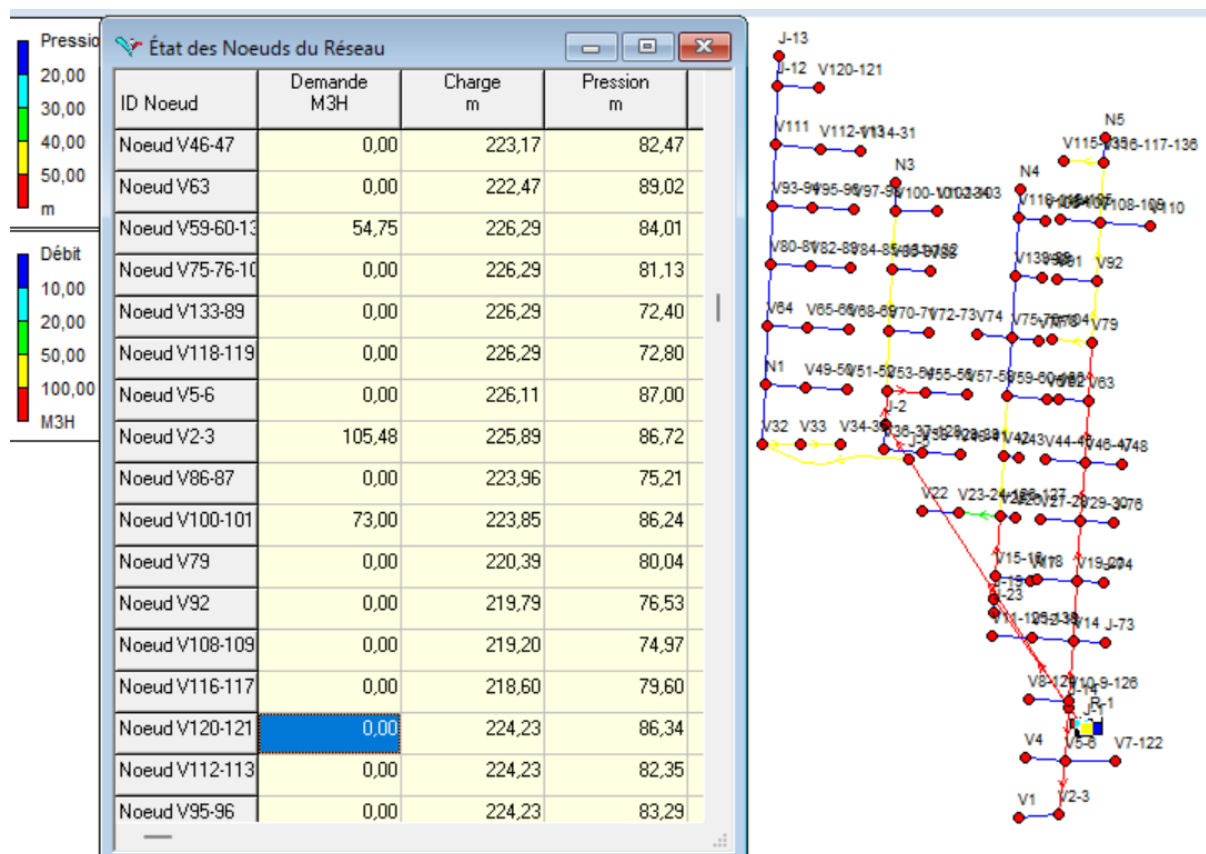


Figure 21: Simulation de la position 03

- Position quatre (04)

Pour la position 4, les pressions varient de 8,9bar à 7,2bar. Il y'aura donc de bonnes pressions au niveau des asperseurs.

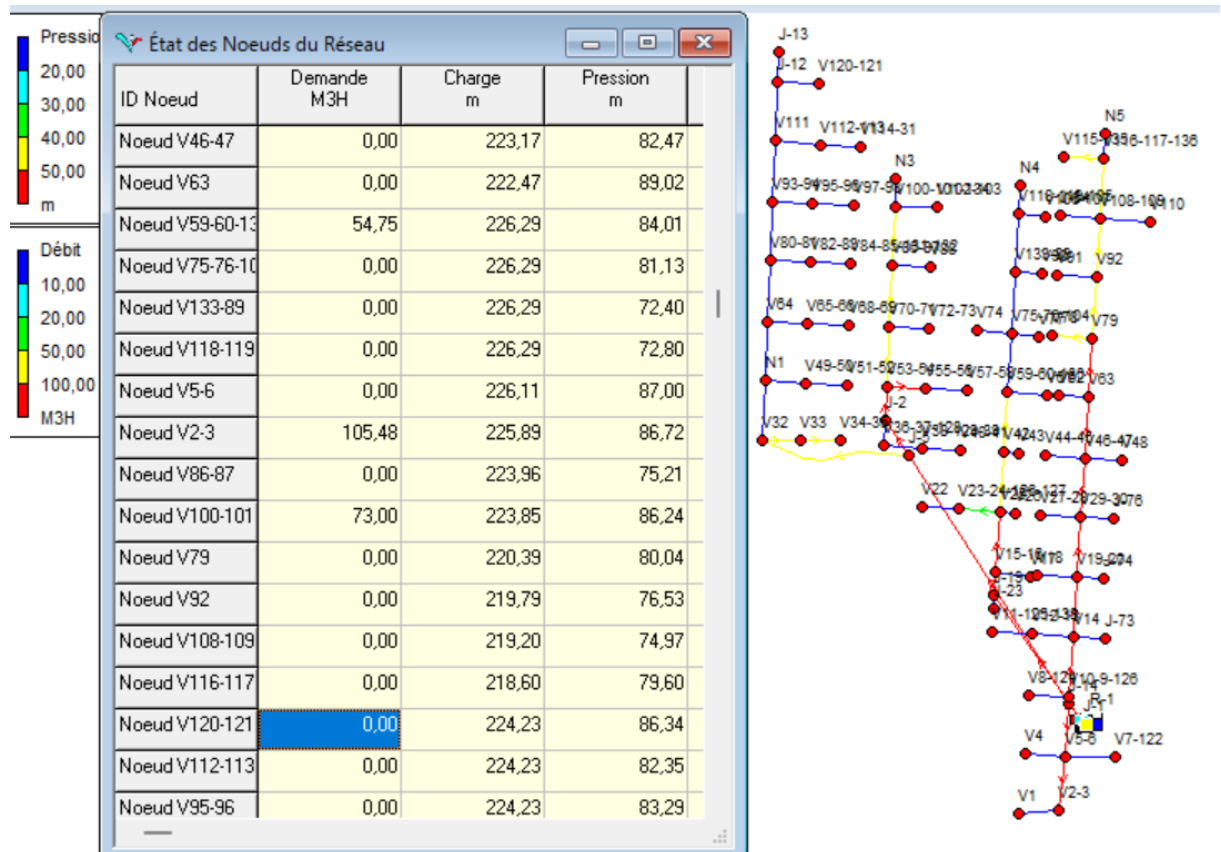


Figure 22: Simulation de la position 04

- Position cinq (05)

Pour la position 5 les pressions varient de 8,8bar à 7,2bar. Il y'aura donc une bonne pression au niveau des asperseurs.

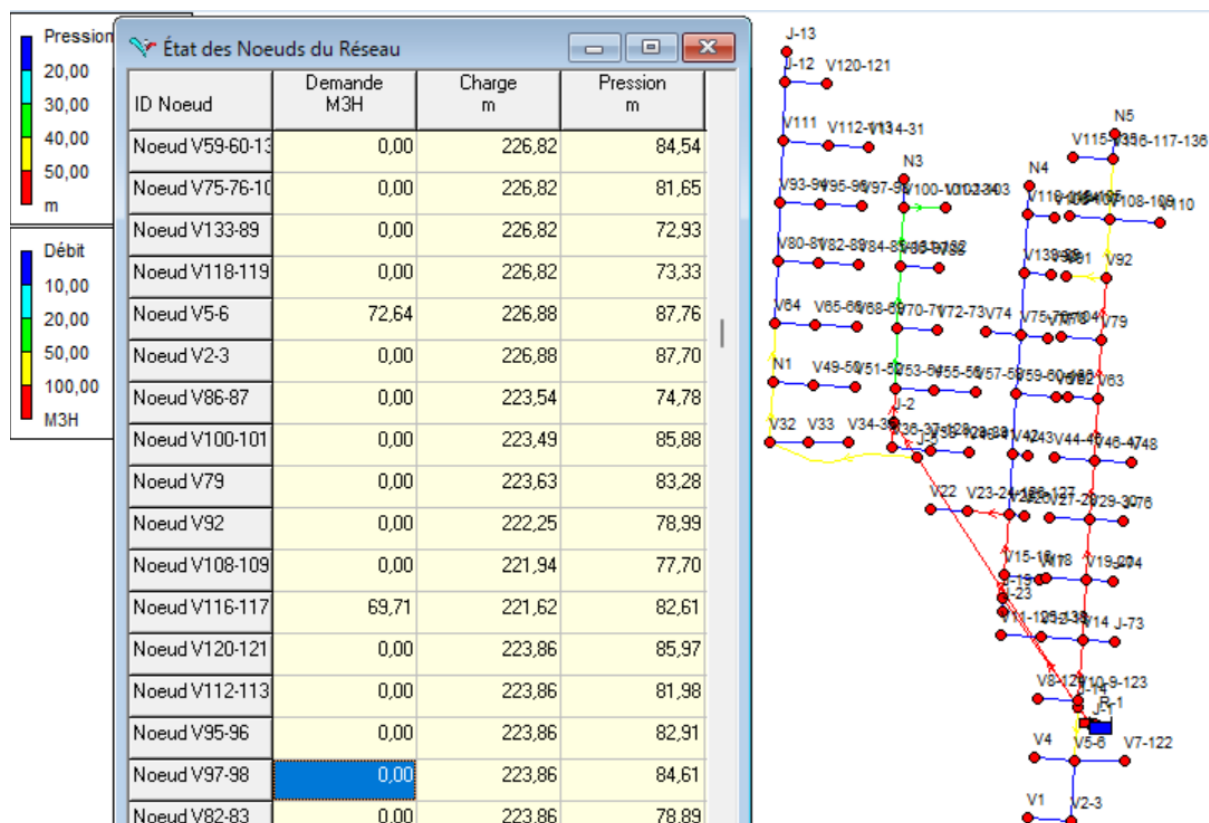


Figure 23: Simulation de la position 5

- Position six (06)

Pour la position 6, les pressions varient de 8,7bar à 7,2bar. Il y'aura donc de bonnes pressions au niveau des asperseurs.

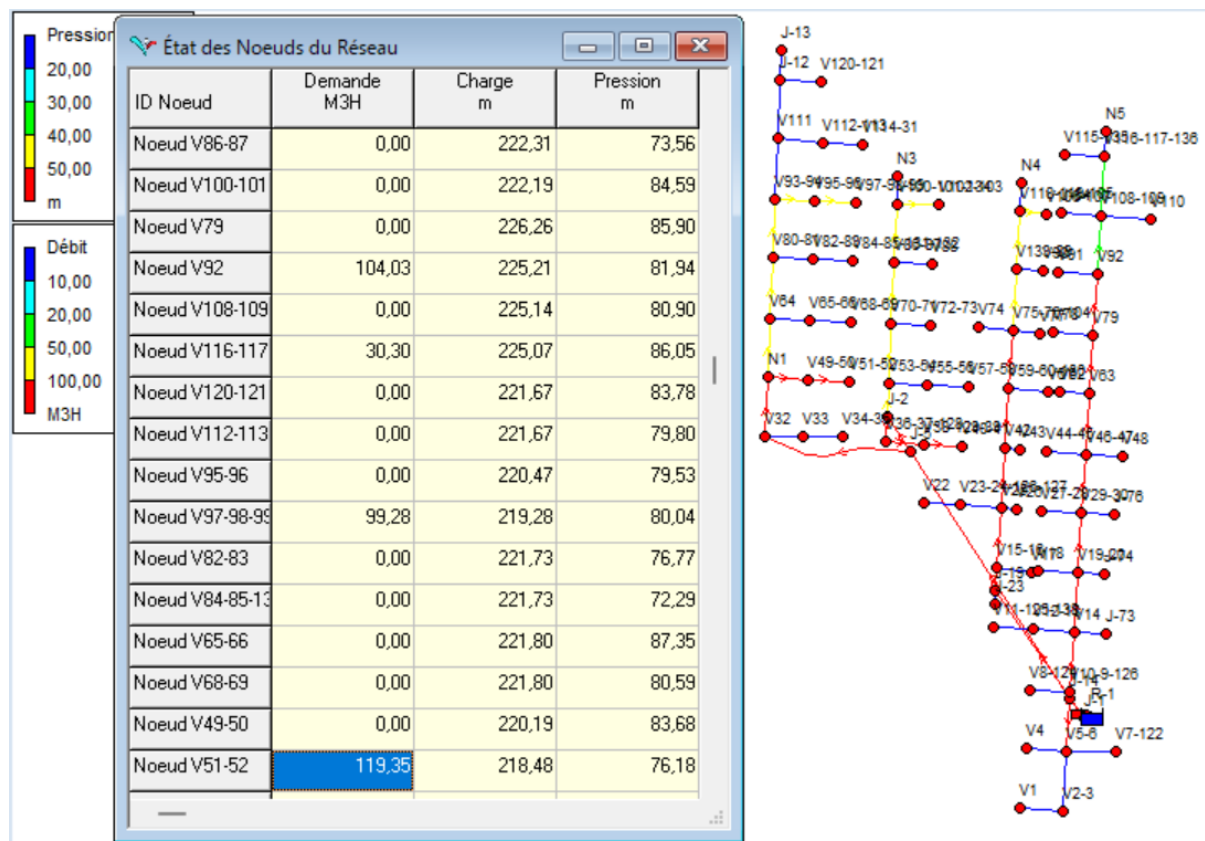


Figure 24: Simulation de la position 06

- Position huit (07)

Pour la position 7 les pressions varient de 8,5bar à 7,2bar. Il y'aura donc de bonnes pressions au niveau des asperseurs.

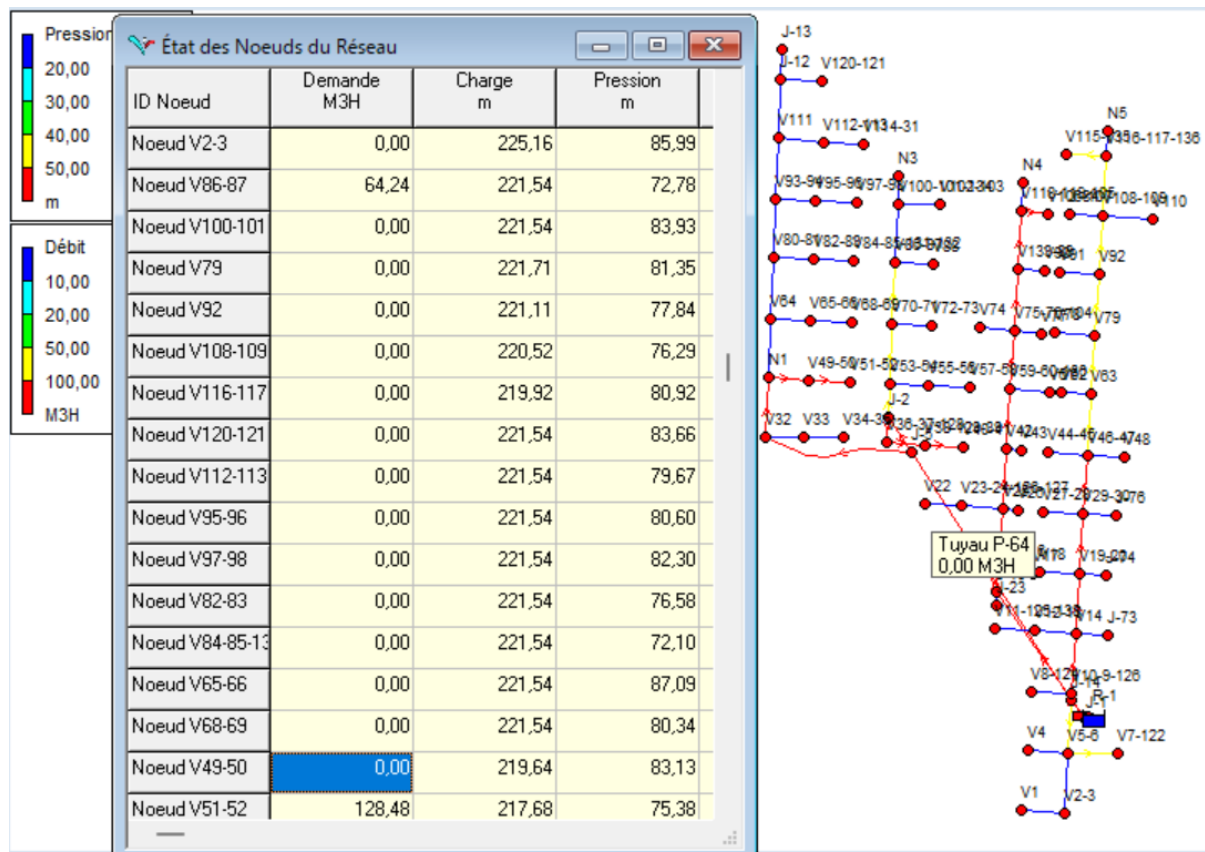


Figure 25: Simulation de la position 07

- Position huit (08)

Pour la position 8 les pressions varient de 8,7bar à 7,4bar. Il y'aura donc de bonnes pressions au niveau des asperseurs.

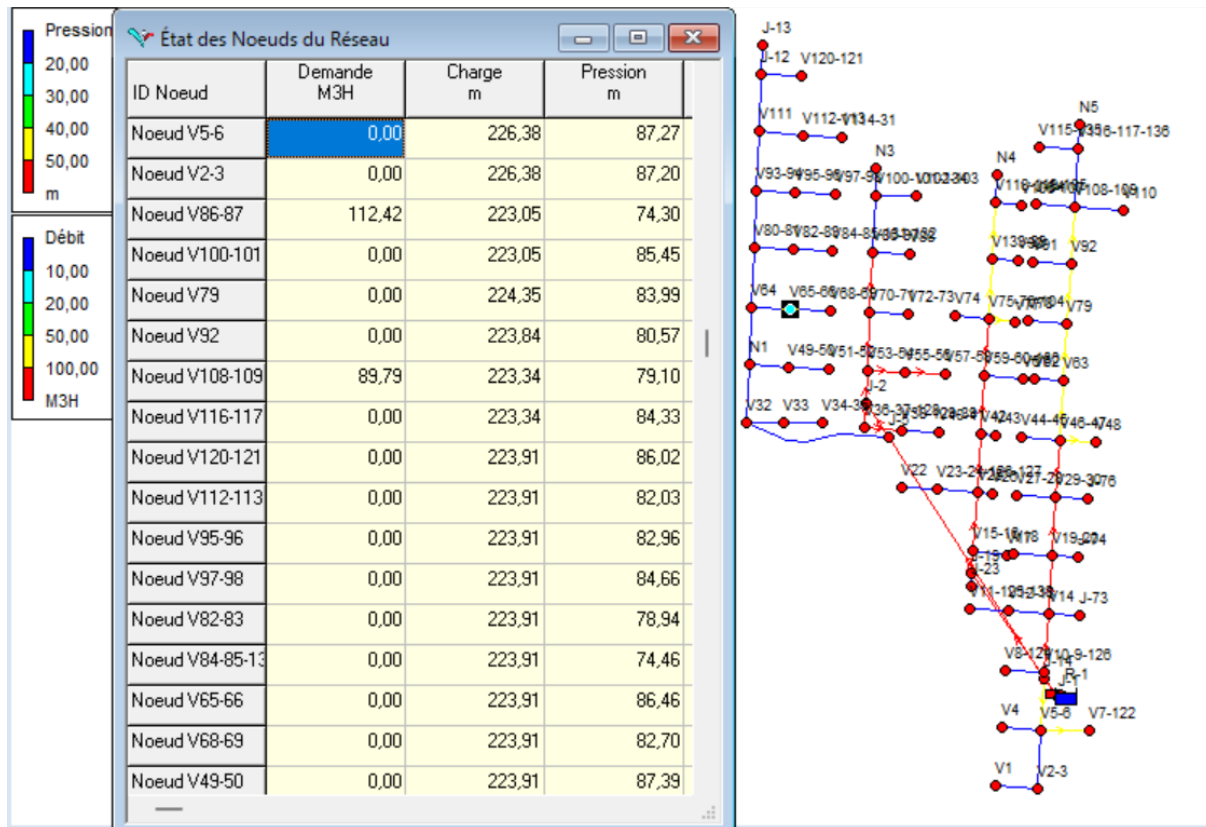
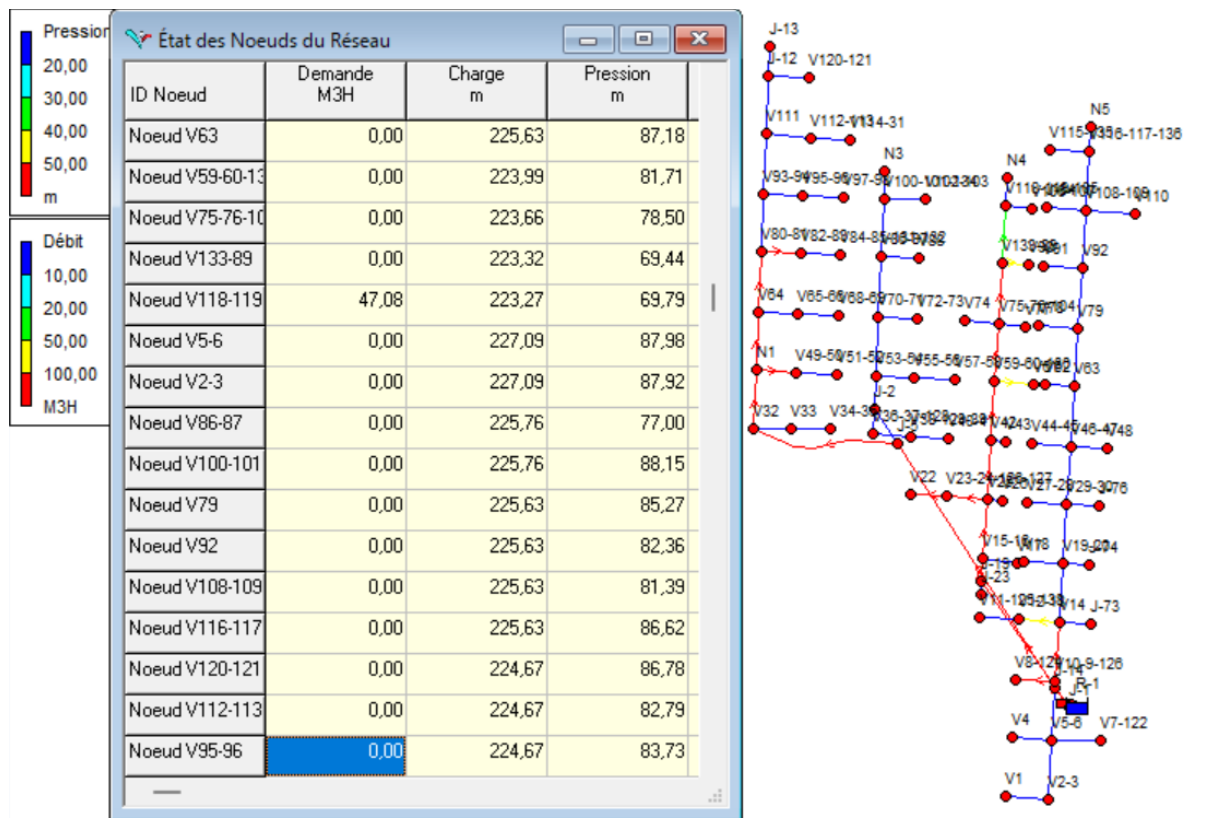


Figure 26: Simulation de la position 08

- Position huit (09)

Pour la position 9 les pressions varient de 8,7bar à 6,9bar. Il y'aura donc ade bonnes pressions au niveau des asperseurs.



V.7.3. Proposition de programme d'irrigation

Connaissant le besoin journalier du bananier qui est de **7,6 mm/j** et le temps d'irrigation qui est de **2h30 min**, la plantation d'Ahondo II sera donc irriguée à l'aide du programme d'irrigation suivant :

PROGRAMME D'IRRIGATION AHONDO II

Position 1	00:00:00	02:30:00	02:30:00	Position 2	02:30:00	02:30:00	05:00:00	Position 3	05:00:00	02:30:00	07:30:00
Vannes	Parcelle	Débit	Réseau	Vannes	Parcelle	Débit	Réseau	Vannes	Parcelle	Débit	Réseau
1	O-3	88,695	R2	2	O-3	83,22	R2	3	O-3	105,485	R2
11	N-1	51,465	R2	125	N-1	75,555	R2	15	M-1	117,895	R2
17	N-1	116,435	R2	18	O-1	111,325	R2	19	O-1	111,325	R2
62	O1	108,77	R2	63	O1	98,915	R2	78	O1	98,915	R2
59	M1	105,85	R2	60	N1	61,685	R2	130	N1	54,75	R2
70	J1	112,42	R1	54	K1	115,34	R1	55	K1	111,69	R1
33	I0	113,15	R1	34	I0	110,595	R1	35	J0	88,695	R1
104	N1	64,97	R2	100	J2	79,57	R1	101	J2	73	R1
109	P2	106,58	R2	23	L0	48,91	R1	126	L0	46,72	R1
9				110	P2	88,695	R2	135	N3	98,55	R2
		868,335		10		873,81		10		907,025	
Position 4	07:30:00	02:30:00	10:00:00	Position 5	10:00:00	02:30:00	12:30:00	Position 6	12:30:00	02:30:00	15:00:00
Vannes	Parcelle	Débit	Réseau	Vannes	Parcelle	Débit	Réseau	Vannes	Parcelle	Débit	Réseau
4	O-2	92,345	R2	5	O-2	72,635	R2	6	P-2	101,835	R2
16	N-1	131,4	R2	25	M0	110,23	R2	92	O2	104,025	R2
20	P-1	109,5	R2	123	O-2	94,535	R2	76	N1	47,085	R2
79	O1	99,28	R2	91	O2	86,14	R2	51	I1	119,355	R1
124	N-1	111,69	R2	89	N2	64,24	R2	37	K0	76,65	R1
56	L1	109,5	R1	53	J1	124,83	R1	103	K2	75,19	R1
36	J0	76,65	R1	128	J0	112,42	R1	40	L0	125,56	R1
134	J2	107,31	R1	102	K3	45,625	R1	116	P2	30,295	R2
24	M0	52,925	R2	127	M-1	108,77	R2	99	J2	99,28	R1
136	O3	55,845	R2	117	P3	69,715	R2	106	O2	59,495	R2
10		946,445		10		889,14		10		838,77	
Position 7	15:00:00	02:30:00	17:30:00	Position 8	17:30:00	02:30:00	20:00:00	Position 9	20:00:00	02:30:00	22:30:00
Vannes	Parcelle	Débit	Réseau	Vannes	Parcelle	Débit	Réseau	Vannes	Parcelle	Débit	Réseau
7	P-2	80,665	R2	122	P-2	98,55	R2	118	N2-N3	81,03	R2
107	O2	103,295	R2	108	O2	89,79	R2	61	O1	98,915	R2
47	P0	95,265	R2	48	P0	53,655	R2	90	N2	84,68	R2
133	N2	70,445	R2	77	N1	60,59	R2	8	O-2	115,34	R2
38	K0	59,86	R1	129	K0	101,47	R1	50	I1	111,69	R1
52	J1	128,48	R1	86	J2	112,42	R1	105	N2	47,085	R2
14	O-1	111,325	R2	57	L1	109,5	R1	10	P-2	40,515	R2
87	K2	64,24	R1	9	P-2	101,47	R2	22	L0	125,56	R1
41	M0	118,26	R2	42	M0	117,53	R2	12	N-1	51,465	R1
115	N3	98,55	R2	119	N3	56,575	R2	14	O-1	108,77	R2
10		930,385		10		901,55		9		865,05	

V.7.4. Evaluation du temps optimisé

L'optimisation du programme d'irrigation a permis de réduire le temps d'irrigation par semaine de **01 jour 08h (31,8 heures)** ; ce qui équivaut à **19,64 %** de réduction sur la consommation énergétique des différentes pompes.

Tableau 14: Evaluation du temps de réduction d'optimisation

	Temps (h)	Nb de jour	Total (h)
Avant Optimisation	24	7	168
Après Optimisation	22,5	6	135
Temps réduit après Optimisation	1,5	1,375	33
Temps réduit après Optimisation en %	19,64285714		

VI. ESTIMATION DES COÛTS DE MAINTENANCE

Les coûts pour la maintenance des équipements défectueux identifiés lors du diagnostic ont été évalués. Les prix unitaires des différents matériels ont été pris avec les maintenanciers.

Tableau 15: Coût d'optimisation

Matériels	Unité	Quantité	Prix Unitaire FCFA	Prix Total
Asperseurs	U	1000	8000	8000000
Crépine à Clapet anti-retour	U	5	175000	875000
Joints 200mm	U	10	3500	35000
Joints 110mm	U	30	2300	69000
Manomètre	U	4	11050	44200
Robinet à 3 voies	U	15	12000	180000
Solénoïde	U	20	6000	120000
Décodeur	U	25	9050	226250
Ventouses	U	20	17650	353000
Total				9902450

VII. CONCLUSION

Cette étude porte sur l'optimisation du programme d'irrigation dans un contexte de gestion rationnelle de l'eau. L'objectif principal était de déterminer les besoins en eau du bananier et de calculer le temps nécessaire qu'il faut pour répondre à ce besoin, afin d'élaborer un programme efficace et adapté qui pourra améliorer l'apport en eau et la productivité agricole. La démarche a consisté à évaluer les caractéristiques agro-climatiques et hydriques de la zone d'étude, puis à établir une méthode de calcul des besoins hydriques basée sur la réserve utile et la vitesse d'infiltration du sol.

Parallèlement, une modélisation hydraulique du réseau d'irrigation a été réalisée à l'aide du logiciel EPANET afin de simuler les conditions de pression dans le réseau primaire et de valider l'efficacité de la disposition des équipements (asperseurs, vannes, conduite). Les résultats obtenus ont permis de définir un programme (calendrier) d'irrigation rationnel, garantissant une couverture optimale des besoins en eau qui est de **7,6 mm/j** sur un temps de **2h30 min** pendant **06 jours** par **semaine**.

Les résultats du diagnostic ont donné un coût de maintenance de **1902450 FCFA**.

L'étude ouvre la voie à une gestion plus durable de l'eau et performante de l'irrigation de la plantation d'Ahondo II.

VIII. RECOMMANDATIONS POUR OPTIMISER LE SYSTEME

VIII.1. Recommandation technique

- Techniquement, pour améliorer le système d'irrigation de la plantation d'Ahondo II, Toutes les 139 vannes Raphael peuvent être remplacées par des vannes Bermad avec des régulateurs de pression sur chaque vanne. Cela permettra aussi de contrôler la pression dans le réseau primaire et d'éviter les casses de conduites.



Figure 27: Vanne Bermad

- Nous proposons aussi des asperseurs autrégulateurs (Nelson Turbo R10T) qui vont aussi réguler le débit à chaque point. Voir en annexe la fiche technique.

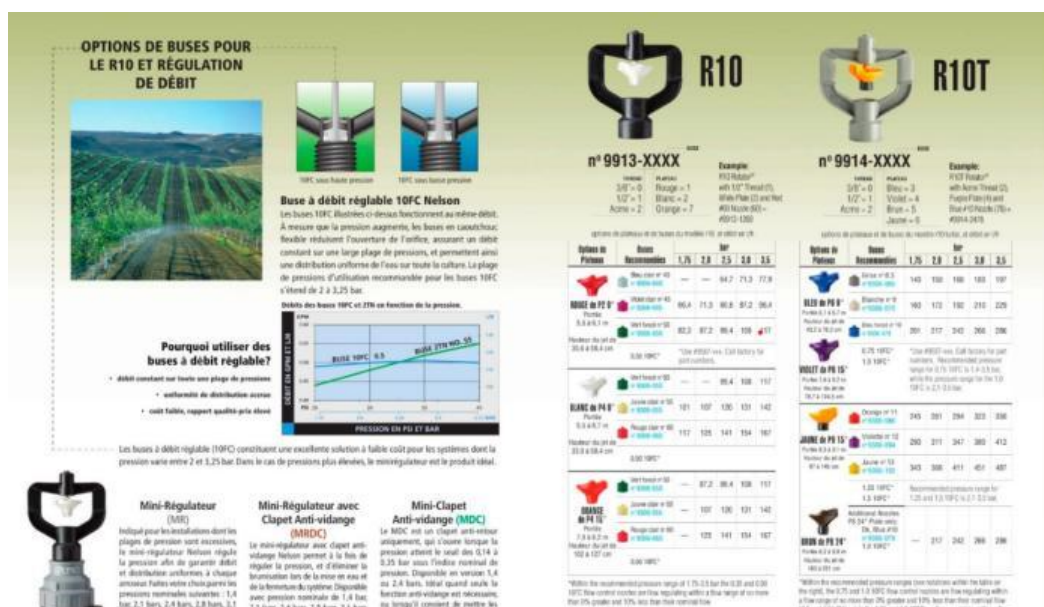


Figure 28: Asperseur Nelson R10

VIII.2. Recommandations préventives et entretien du système

La mise en place d'un programme structuré de maintenance et d'entretien du système d'irrigation est indispensable pour assurer son bon fonctionnement, éviter les pannes et prolonger la durée de vie des équipements. Ce programme s'articule autour de trois axes principaux : la maintenance préventive, la maintenance corrective et l'entretien régulier.

➤ Maintenance préventive

La maintenance préventive vise à anticiper les pannes et à maintenir le système en bon état de fonctionnement :

- Inspection hebdomadaire des arroseurs c'est à dire vérifier les buses pour détecter les obstructions causées par des dépôts de minéraux ou des débris végétaux et les nettoyer pour assurer une distribution uniforme de l'eau ;
- Contrôle des pressions et des débits c'est-à-dire mesurer les pressions à différents points du système chaque mois pour s'assurer que les arroseurs fonctionnent à des niveaux optimaux et ajuster les vannes ou les régulateurs de pression si nécessaire ;
- Vérification des filtres c'est-à-dire nettoyer ou remplacer les filtres toutes les deux semaines pour éviter les blocages qui pourraient réduire l'efficacité du système d'arrosage ;
- Maintenance des pompes c'est-à-dire effectuer un entretien bimensuel des pompes, incluant la vérification de l'état des roulements, des joints et de l'étanchéité. Lubrifier les pièces mobiles et ajuster les courroies si nécessaire.

➤ Maintenance corrective

La maintenance corrective vise à résoudre rapidement les problèmes identifiés pour minimiser les interruptions.

- Réparation des fuites c'est-à-dire intervenir immédiatement sur toute fuite détectée dans les tuyaux, raccords ou arroseurs pour réduire les pertes d'eau et maintenir une pression adéquate dans le système ;
- Remplacement des arroseurs défectueux c'est-à-dire remplacer les arroseurs qui ne fonctionnent plus correctement (diminution du débit, rotation bloquée) pour maintenir une distribution homogène de l'eau ;

- Réparation des pompes c'est-à-dire réparer ou remplacer les pompes défectueuses, y compris le dépannage des moteurs électriques et le remplacement des pièces usées.

➤ **Entretien régulier**

L'entretien régulier assure un fonctionnement fluide et prévient l'accumulation de problèmes

- Élaguer régulièrement la végétation autour des arroseurs pour éviter qu'elle n'obstrue le jet d'eau et pour garantir une couverture uniforme de l'irrigation ;
- Nettoyer régulièrement tous les dispositifs d'irrigation pour éviter l'accumulation de boue, d'algues ou de sédiments qui peuvent altérer la performance du système ;
- Former le personnel en charge de l'irrigation sur l'utilisation correcte des équipements et sur les procédures de maintenance pour éviter les erreurs opérationnelles.

Ce programme de maintenance et d'entretien du système d'irrigation permettra un fonctionnement de manière optimale, assurant ainsi une distribution efficace de l'eau pour les cultures tout en minimisant les coûts d'exploitation et les interruptions de service.

BIBLIOGRAPHIE

- Avenard, Jean-Michel, Michel Eldin, Georges Girard, et al. 1971. *Le milieu naturel de la Côte d'Ivoire*.
- BANANA, – Agronomy. 2016. *BANANA – Agronomy – TFNet – International Tropical Fruits Network*. <https://www.itfnet.org/v1/2016/03/banana-agronomy/>.
- Banque, M. 2019. « Banque Mondiale ». World Bank Open Data. <https://data.worldbank.org>.
- Bing. s. d. « cours irrigation keita ». Consulté le 20 juin 2025.
<https://www.bing.com/search?q=cours+irrigation+keita&form=ANNTTH1&refig=48829C20F88E446C8D6AF1E5E2AA2E0A&pc=U531>.
- Chris, Perry. 2017. « (PDF) DOES IMPROVED IRRIGATION TECHNOLOGY SAVE WATER? A Review of the Evidence ». ResearchGate.
<https://doi.org/10.13140/RG.2.2.35540.81280>.
- CIRAD. 2007. « Working and Training at CIRAD ». CIRAD.
<https://www.cirad.fr/en/landing-cible/student-or-applicant>.
- Cuenca, Richard H. 1989. *Irrigation System Design: An Engineering Approach*. Prentice Hall.
- FAO. 2014a. « Table of Contents ».
https://www.fao.org/4/S8684E/S8684E00.htm?utm_source=chatgpt.com.
- FAO. 2014b. « The State of Food and Agriculture (SOFA 2014) FAO | PDF | Farms | Agriculture ». <https://fr.scribd.com/document/341321266/The-State-of-Food-and-Agriculture-SOFA-2014-FAO>.
- FAO. 2015. « Smallholder irrigation technology | FAO ». https://www.fao.org/family-farming/detail/fr/c/293363/?utm_source=chatgpt.com.
- FAO. 2020. « Selon les données de la FAO et du Conseil Hévée-Palmier-Banane de Côte d'Ivoire (CHPB) ». <https://openknowledge.fao.org/home>.
- Guillaumet & Adjanooun. 1971. « Guillaumet, J. L., & Adjanooun, E. (1971). La végétation de la Côte d'Ivoire. In J. M. Avenard, M. Eldin et al. (Eds.), *Le milieu naturel de la Côte d'Ivoire* (No. 50, pp. 166-262). Paris Mémoire ORSTOM. - References - Scientific Research Publishing ».
<https://www.scirp.org/reference/referencespapers?referenceid=2178338>.
- « Irrigation par aspersion 2iE Keita, 2009 ». s. d.
- Kouadio & N'Guessan. 2018. « Diagnostic de l'Etat de Fertilité des Sols Sous Culture Cotonnière Dans les Principaux Bassins de Production de Côte d'Ivoire | European Scientific Journal, ESJ ». <https://eujournal.org/index.php/esj/article/view/11512>.
- Kouadio, Djèh Olivier, Alassane Traore, et Légnima Lacina Sorho. 2022. *La banane culture plantain à l'épreuve d'une irrégularité pluviométrique dans la Sous-préfecture de Taabo (au centre de la Côte d'Ivoire)*.
- Kouamé, Brou, Jean-Noël Ehounou, Koffi Emmanuel Kassin, et al. 2018. « Caractérisation Des Paramètres Agroclimatiques Clés De La Saison Culturelle En Zone De Contact ForêtSavane De Côte-d'Ivoire ». *European Scientific Journal ESJ* 14 (36).
<https://doi.org/10.19044/esj.2018.v14n36p243>.
- Kouame, Kassi Alexis, Sekouba Oulare, Gnanou Christian-Rodrigue Adon, Koffi Fernand Kouame, et Amani Michel Kouassi. 2016. *Un modèle hydrologique distribué pour la simulation des écoulements des eaux du bassin versant du Bandama en Côte d'Ivoire, Afrique de l'Ouest*.
<https://www.afriquescience.net/admin/postpdfs/64cd6161af75743fcb5e9abcb18425661741382267.pdf>.
- Kouassi. 2022. « Amani Michel KOUASSI | Institut National Polytechnique Félix Houphouët-Boigny, Yamoussoukro | INPHB | Département de Formation et de

- Recherche en Sciences de la Terre et des Ressources Minières (STeRMi) | Research profile ». <https://www.researchgate.net/profile/Amani-Michel-Kouassi>.
- Lassoudière, André. 2007. *Le Bananier et Sa Culture*. 1^{re} éd. Éditions Quae. <https://www.perlego.com/fr/book/3797818/le-bananier-et-sa-culture>.
- MarvinE. Jensen, Ph.D., NAE. 2016. *Evaporation, Evapotranspiration, and Irrigation Water Requirements*. Second Edition. Édité par Marvin E. Jensen et Richard G. Allen. American Society of Civil Engineers. <https://doi.org/10.1061/9780784414057>.
- Perraud. 1971. « Les sols ». https://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/pleins_textes_2/memoires/16373.pdf.
- « Sodexam, 2024 ». s. d. Consulté le 24 juillet 2025. <https://sodexam.com/wp-content/uploads/2024/11/Bulletin-climatique-octobre-2024.pdf>.
- Traoré, A. 2015. « Traoré, A. (2015). Hydrologie et gestion des ressources en eau du bassin du Bandama. Presses Universitaires de Côte d'Ivoire.document ». Bing. [https://www.bing.com/search?pglt=2339&q=Traoré%2C+A.+\(2015\).+Hydrologie+et+gestion+des+ressources+en+eau+du+bassin+du+Bandama.+Presses+Universitaires+de+Côte+d%27Ivoire.document&cvid=7548d9e0fd7b480faab88de46d14cd4d&gs_lcrp=EgRlZGdlKgYIABBFGDkyBggAEEUYOdIBCDY1MTNqMGoxqAIIsAIB&FORM=ANNTA1&PC=U531](https://www.bing.com/search?pglt=2339&q=Traoré%2C+A.+(2015).+Hydrologie+et+gestion+des+ressources+en+eau+du+bassin+du+Bandama.+Presses+Universitaires+de+Côte+d%27Ivoire.document&cvid=7548d9e0fd7b480faab88de46d14cd4d&gs_lcrp=EgRlZGdlKgYIABBFGDkyBggAEEUYOdIBCDY1MTNqMGoxqAIIsAIB&FORM=ANNTA1&PC=U531).

ANNEXES

Annexe 1 : Inventaire des asperseurs

Plantation	Vanne	Parcelle	Magic drive	Nelson	LF 1200	Total	Q(m3/h)	Q(l/s)	Appréciation
3002	93	G2	397				144,905	40,2513 8889	OK
3002	80		En installation	En installation	En installation	En installation	En installation	En installation	En installation
3002	110		323				117,895	32,7486 1111	OK
3002	32	H0	Jachère	Jachère	Jachère	300	Jachère	Jachère	Jachère
3002	49	H1	Jachère	Jachère	Jachère	300	Jachère	Jachère	Jachère
3002	64		Jachère	Jachère	Jachère	300	Jachère	Jachère	Jachère
3002	65		Jachère	Jachère	Jachère	305	111,325	Jachère	Jachère
3002	81	H2	Jachère	Jachère	Jachère	300	Jachère	Jachère	Jachère
3002	82		Jachère	Jachère	Jachère	300	109,5	Jachère	Jachère
3002	94		Jachère	Jachère	Jachère	300	109,5	Jachère	Jachère
3002	95	H3	Jachère	Jachère	Jachère	300	Jachère	Jachère	Jachère
3002	111		113	206	12	331	120,815	33,5597 2222	OK
3002	112		60	173	9	242	88,33	24,5361 1111	
3002	120		34	228	6	268	97,82	27,1722 2222	
3002	121		145	14	79	238	86,87	24,1305 5556	
3002	33	I0	Jachère	Jachère	Jachère	310	113,15	31,4305 5556	Jachère
3002	34		Jachère	Jachère	Jachère	303	110,595	30,7208 3333	Jachère
3002	50	I1	125	11	170	306	111,69	31,025	OK
3002	51		136	24	167	327	119,355	33,1541 6667	
3002	68		45	26	254	325	118,625	32,9513 8889	
3002	67		8	5	258	271	98,915	27,4763 8889	

3002	83	I2	21	13	294	328	119,72	33,25555556	OK
3002	97		23	6	333	362	132,13	36,70277778	
3002	98		13	1	278	292	106,58	29,60555556	
3002	85		13	0	164	177	64,605	17,94583333	
3002	84		12	1	176	189	68,985	19,1625	
3002	113	I3	63	34	46	143	52,195	14,49861111	

3002	114		159	5	79	243	88,695	24,6375	OK
3002	35	J0	104	20	119	243	88,695	24,6375	OK
3002	38		120	8	45	173	63,145	17,54027778	
3002	128		218	20	70	308	112,42	31,22777778	
3002	52	J1	264	5	83	352	128,48	35,68888889	OK
3002	53		250	6	86	342	124,83	34,675	
3002	69		159	2	94	255	93,075	25,85416667	
3002	70		227	6	75	308	112,42	31,22777778	
3002	131	J2	160	5	57	222	81,03	22,50833333	OK
3002	132		159	5	64	228	83,22	23,11666667	
3002	86		218	20	70	308	112,42	31,22777778	
3002	98		13	1	278	292	106,58	29,60555556	
3002	99		180	7	85	272	99,28	27,57777778	
3002	100		104	5	109	218	79,57	22,10277778	
3002	101		104	5	91	200	73	20,27777778	

3002	131	J2	160	5	57	222	81,03	22,50833333	OK
3002	132		159	5	64	228	83,22	23,11666667	
3002	86		218	20	70	308	112,42	31,22777778	
3002	98		13	1	278	292	106,58	29,60555556	
3002	99		180	7	85	272	99,28	27,57777778	
3002	100		104	5	109	218	79,57	22,10277778	
3002	101		104	5	91	200	73	20,27777778	
3002	31	J3	104	20	18	142	51,83	14,39722222	
3002	37	K0	121	9	80	210	76,65	21,29166667	OK
3002	129		120	5	153	278	101,47	28,18611111	
3002	38		89	11	64	164	59,86	16,62777778	
3002	128	K1	107	2	54	163	59,495	16,52638889	OK
3002	54		218	8	90	316	115,34	32,03888889	
3002	55		208	10	88	306	111,69	31,025	OK
3002	71		Jachère	Jachère	Jachère	305	111,325	Jachère	Jachère
3002	72		Jachère	Jachère	Jachère	305	111,325	Jachère	Jachère
3002	73		Jachère	Jachère	Jachère	300	109,5	Jachère	Jachère
3002	87	K2	231	17	90	338	123,37	34,26944444	OK
3002	88		191	8	43	242	88,33	24,53611111	
3002	134		203	8	83	294	107,31	29,80833333	
3002	102		86	5	34	125	45,625	12,67361111	
3002	103		110	7	89	206	75,19	20,88611111	
3002	22	L-1 L0	181	2	161	344	125,56	34,87777778	OK
3002	23		87	3	44	134	48,91	13,58611111	
3002	126		108	2	18	128	46,72	12,97777778	
3002	40		226	7	111	344	125,56	34,87777778	
3002	127	L1	180	9	109	298	108,77	30,21388889	Absent
3002	56		Jachère	Jachère	Jachère	300	109,5	30,41666667	Jachère
3002	57		Jachère	Jachère	Jachère	300	109,5	30,41666667	Jachère

3002	15	M-1	289	5	29	323	117,895	32,74861111	OK
3002	25	M0	197	2	103	302	110,23	30,61944444	
3002	24		86	2	57	145	52,925	14,70138889	
3002	41		256	5	63	324	118,26	32,85	
3002	42		248	2	72	322	117,53	32,64722222	
3002	58	M1	Jachère	Jachère	Jachère	300	109,5	30,41666667	Jachère
3002	59		Jachère	Jachère	Jachère	290	105,85	29,40277778	Jachère
3002	74		Jachère	Jachère	Jachère	290	105,85	29,40277778	Jachère
3002	75		Jachère	Jachère	Jachère	300	109,5	30,41666667	Jachère
3002	8	N-1	209	9	98	316	115,34	32,03888889	En attente
3002	16		227	3	130	360	131,4	36,5	
3002	125		155	2	50	207	75,555	20,9875	
3002	138		110	0	31	141	51,465	14,29583333	
3002	17		203	3	113	319	116,435	32,34305556	
3002	26	N0	Jachère	Jachère	Jachère	310	113,15	31,43055556	Jachère
3002	27		Jachère	Jachère	Jachère	300	109,5	30,41666667	Jachère
3002	43		Jachère	Jachère	Jachère	300	109,5	30,41666667	Jachère
3002	44		Jachère	Jachère	Jachère	300	109,5	30,41666667	Jachère
3002	130	N1	86	6	58	150	54,75	15,20833333	Ok
3002	60		89	1	79	169	61,685	17,13472222	
3002	61		166	4	125	295	107,675	29,90972222	
3002	104		125	10	43	178	64,97	18,04722222	
3002	76		105	2	22	129	47,085	13,07916667	
3002	77		112	2	52	166	60,59	16,83055556	
3002	137		152	1	56	209	76,285	21,19027778	

3002	89	N2	114	5	57	176	64,24	17,84444444	Ok
3002	90		151	6	75	232	84,68	23,52222222	
3002	133		135	3	55	193	70,445	19,56805556	
3002	118		147	2	73	222	81,03	22,50833333	
3002	105		84	0	45	129	47,085	13,07916667	
3002	106		116	4	43	163	59,495	16,52638889	
3002	119	N3	102	6	47	155	56,575	15,71527778	Ok
3002	115		141	9	120	270	98,55	27,375	
3002	1	O-3	139	4	100	243	88,695	24,6375	Ok
3002	4		104	2	147	253	92,345	25,65138889	
3002	2		136	5	87	228	83,22	23,11666667	
3002	5	O-2	106	3	90	199	72,635	20,17638889	Ok
3002	124		98	8	200	306	111,69	31,025	
3002	123		101	6	152	259	94,535	26,25972222	
3002	13	O-1	Jachère	Jachère	Jachère	305	111,325	30,92361111	Jachère
3002	14		Jachère	Jachère	Jachère	305	111,325	30,92361111	Jachère

3002	18		Jachère	Jachère	Jachère	305	111,325	30,92361111	Jachère
3002	19		Jachère	Jachère	Jachère	305	111,325	30,92361111	Jachère
3002	28	O0	Jachère	Jachère	Jachère	305	111,325	30,92361111	Jachère
3002	29		Jachère	Jachère	Jachère	305	111,325	30,92361111	Jachère
3002	45		Jachère	Jachère	Jachère	305	111,325	30,92361111	Jachère
3002	46		Jachère	Jachère	Jachère	305	111,325	30,92361111	Jachère

3002	62	O1	221	19	58	298	108,77	30,21388889	OK
3002	63		198	5	68	271	98,915	27,47638889	
3002	78		178	4	89	271	98,915	27,47638889	
3002	79		203	3	66	272	99,28	27,57777778	
3002	91	O2	197	0	39	236	86,14	23,92777778	Ok
3002	92		203	3	79	285	104,025	28,89583333	
3002	107		191	3	89	283	103,295	28,69305556	
3002	108		178	9	59	246	89,79	24,94166667	
3002	135	O3	70	1	48	119	43,435	12,06527778	Ok
3002	136		89	5	59	153	55,845	15,5125	
3002	7	P-2	122	6	93	221	80,665	22,40694444	Ok
3002	6		155	4	120	279	101,835	28,2875	
3002	3		107	12	170	289	105,485	29,30138889	
3002	122		192	7	71	270	98,55	27,375	
3002	9		120	5	153	278	101,47	28,18611111	
3002	10		17	5	89	111	40,515	11,25416667	
3002	14	P-1	Jachère	Jachère	Jachère	298	108,77	30,21388889	Jachère
3002	20		Jachère	Jachère	Jachère	300	109,5	30,41666667	Jachère
3002	21		Jachère	Jachère	Jachère	290	105,85	29,40277778	Jachère
3002	30	P0	185	2	62	249	90,885	25,24583333	Ok
3002	47		137	4	120	261	95,265	26,4625	
3002	48		100	12	35	147	53,655	14,90416667	
3002	109	P2	222	7	63	292	106,58	29,60555556	Ok
3002	110		187	3	53	243	88,695	24,6375	
3002	116		55	3	25	83	30,295	8,41527778	
3002	117	P3	143	18	30	191	69,715	19,36527778	Ok
3002									

ANNEXE 2 : Images des résultats du diagnostic



Préparation de terrain pour le planting



soudure de PEHD 110mm



Une crépine à clapet anti-retour



Pompes ksb



Fuite constatée sur un PEHD 200mm



Fuite constatée sur un PEHD 110mm



Prise d'ampérage d'un décodeur



Entrétient d'une vanne Raphael



Une vanne Raphael



Une ventouse défectueuse



Soudure d'un PEHD 110mm



Colleuse pour les PEHD 200mm



Prise de pression



Station de conditionnement



Pompes ksb

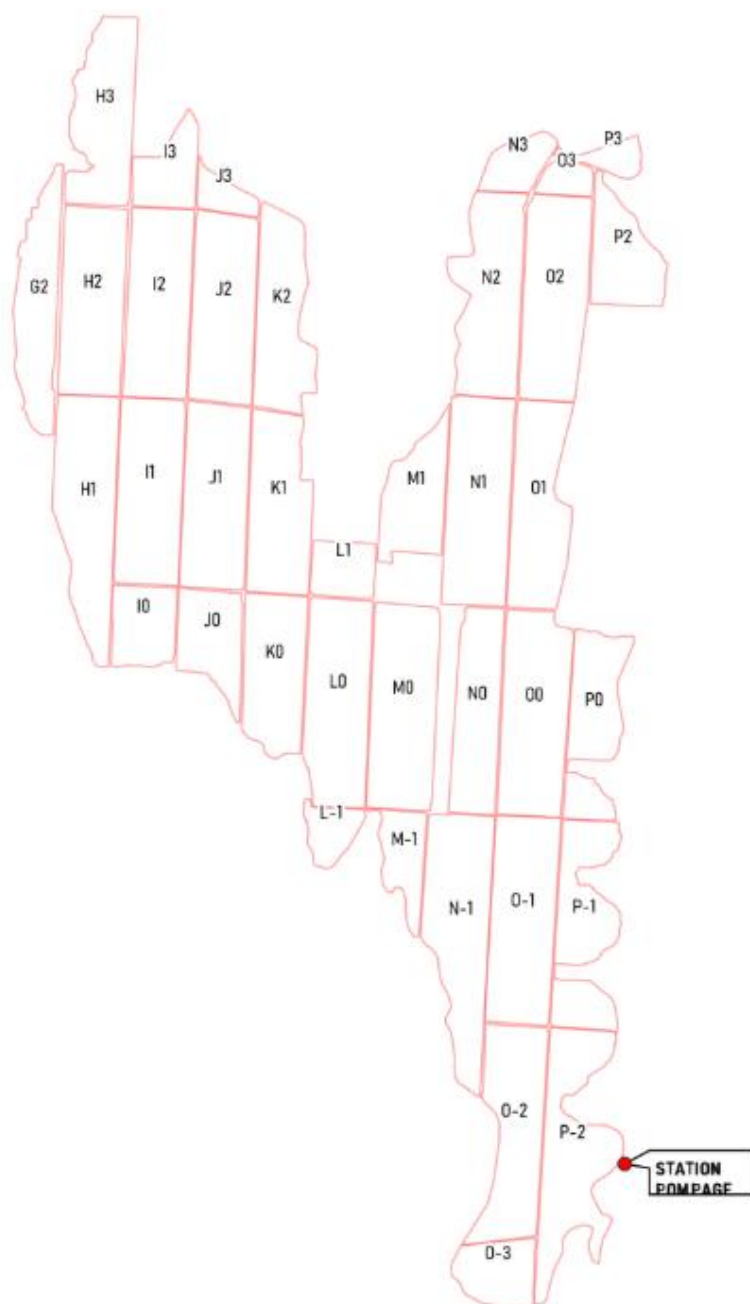


Réparation de conduite DN 200mm



Travaux de réparation de conduite PVC 400mm

ANNEXE3 : Réseau d'irrigation et découpage parcellaire



Découpage parcellaire de la plantation d'Ahondo II



Réseau primaire d'irrigation