CONCEPTION D'UN SYSTEME D'IRRIGATION GOUTTE-A-GOUTTE SUR 100 HA DE PLANTATION DE CANNE A SUCRE, EN PHASE D'AVANT-PROJET DETAILLE, APPROVISIONNEE PAR LE FLEUVE BANDAMA A LA SUCAF COTE D'IVOIRE, SUR LE SITE DE FERKE 2

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

SPECIALITE GENIE DE L'EAU, DE L'ASSAINISSEMENT ET DES AMÉNAGEMENTS HYDRO-AGRICOLES (GEAAH)

Présenté et soutenu publiquement le 23 Janvier 2026 par

Sakamité Philys Astride Aïda KONKORA (20220170)

Directeur de mémoire : **Dr Ousmane Roland YONABA**, Enseignant-Chercheur, Maître de Conférences (CAMES), Institut 2iE

Encadreur : **M. Bassirou BOUBE**, Enseignant, Institut 2iE

Maître de stage : **M. Amani Germain KOUAME,** Directeur de l'Irrigation, SUCAF CI

Structure d'accueil de la stagiaire : SUCRERIE D'AFRIQUE-COTE D'IVOIRE (SUCAF-CI)

Jury d'évaluation du mémoire :

Président : **Dr Lawani Adjadi MOUNIROU**

Membres et correcteurs : **M. Soumahila SAKANDE**
Dr Guy Armel AYOUMBISSI KEUGMENI

Promotion 2025-2026

DEDICACES

Je dédie ce document :

- Au Seigneur Jésus Christ qui a su me garder jusqu'à ce jour,
- A ma famille.

REMERCIEMENTS

La réalisation de ce mémoire a été rendue possible grâce au soutien, aux conseils avisés et à la disponibilité de plusieurs personnes. Un sincère remerciement est adressé à :

- Pr. El Hadji Bamba DIAW, Directeur général du 2iE, ainsi que ses collaborateurs, pour leurs engagements constants en faveur de l'excellence académique ;
- Dr Ousmane Roland YONABA, Maître de Conférences (CAMES), le Directeur de Mémoire à 2iE, pour sa disponibilité, son encadrement attentif, sa patience et ses orientations méthodologiques, qui ont contribué à l'amélioration de la qualité de ce travail ;
- M. Bassirou BOUBE, l'Encadreur à 2iE, pour sa disponibilité, son suivi et encadrement attentifs, qui ont contribué à l'amélioration de la qualité de ce travail ;
- La Direction de la Sucrerie d'Afrique Côte d'Ivoire (SUCAF-CI), pour l'opportunité de stage accordée et l'accompagnement dont nous avons bénéficié tout au long de cette expérience professionnelle ;
- M. Amani Germain KOUAME, le Directeur de l'Irrigation et maître de stage, pour sa bienveillance et son engagement dans l'élaboration de ce document ;
- M. Amazoulé Eric NIAMKE, le Chef du Service Irrigation et aîné du 2iE, pour son encadrement, ses conseils et sa disponibilité ;
- Mme Françoise, Mme Maggy et l'ensemble des Chefs de Secteurs du Service Irrigation, pour leur accueil chaleureux et leur soutien tout au long de ce stage ;
- M. ETTIEN, pour son soutien, son oreille attentive et ses conseils avisés ;
- M. SANOGO, pour ses conseils ;
- Enfin, nous adressons nos sincères remerciements à toutes ces personnes qui ont contribué, de près ou de loin, à l'élaboration de ce document.

RESUME

La SUCAF-CI a adopté une stratégie de diversification de ses systèmes d'irrigation afin de faire face à la raréfaction de la ressource en eau, accentuée par la variabilité climatique. Dans ce contexte, l'irrigation goutte à goutte apparaît comme une alternative pertinente, nécessitant toutefois une adaptation aux conditions locales. Un projet pilote de **100 hectares** de plantation en canne à sucre, alimenté par les eaux du **fleuve Bandama**, a été validé par la SUCAF CI afin d'évaluer la faisabilité technique et la rentabilité du système d'irrigation en goutte-à-goutte. Les analyses de la qualité de l'eau indiquent une compatibilité globale avec ce mode d'irrigation sous réserve d'un traitement approprié des certains paramètres non conformes, notamment le **pH**, les **matières en suspension (TSS)**, le **fer**, le **manganèse**, la **demande chimique en oxygène (DCO)**, afin de préserver l'intégrité et la durabilité du système. Une filière de traitement, dimensionnée pour un débit **470 m^3/h** d'eau provenant de la station IPS 1-2 et C1 de Ferké 2, a été conçue. Elle comprend un **tamis rotatif**, un **système d'aération**, un **bassin d'oxydation** et **de décantation**, une **filtration sur sable**, un **bassin tampon** ainsi qu'une filtration de sécurité par **filtres à disques**. L'eau traitée est ensuite distribuée vers le réseau d'irrigation goutte à goutte alimentant les différentes parcelles. Le parcellaire est composé de **30** sous parcelles de 4 hectares. Le réseau d'adduction est en **PVC PN10** de **25 470 m** de longueur, pour des diamètres allant de 17,5 à 400 mm, produisant un débit total de **452,088 m3/h** pour des HMT allant de 3 à 150 m. Le tour d'eau est de **6** jours. Le montant totale du projet s'élève à **906 005 310,04 FCFA toutes taxes comprises**.

Mots Clés :

1- **Canne à sucre**
2- **Goutte-à-goutte**
3- **Irrigation**
4- **Qualité de l'eau**
5- **Traitement de l'eau**

ABSTRACT

In response to increasing water scarcity exacerbated by climate variability, SUCAF-CI has adopted a strategy to diversify its irrigation systems. In this context, drip irrigation appears as a relevant alternative, provided that it is adapted to local conditions. A pilot project covering **100 hectares** of sugarcane plantations, supplied with water from the Bandama River, was approved by SUCAF-CI to evaluate the technical feasibility and economic viability of drip irrigation. Water quality analyses indicate an overall compatibility with drip irrigation, subject to appropriate treatment of certain non-compliant parameters, including **pH**, **total suspended solids** (TSS), **iron**, **manganese**, and **chemical oxygen demand** (COD), in order to preserve the integrity and durability of the irrigation system. A treatment process designed to handle a flow rate of **470 m³/h** from the IPS 1-2 and C1 pumping stations of Ferké 2 was developed. It includes a **rotary screen**, an **aeration system**, **oxidation** and **settling basins**, **sand filtration** units, a **buffer tank**, and **disc filters** for final protection. The treated water is then distributed through a drip irrigation network supplying 30 sub-plots of 4 hectares each. The conveyance network is made of **PVC** PN10 pipes with a total length of 25,470 m and diameters ranging from 17.5 to 400 mm, delivering a total flow rate of **452.088 m³/h** under total dynamic heads varying from 3 to 150 m. The irrigation rotation period is six days. The total investment cost of the project is estimated at **906,005,310.04 FCFA**, all taxes included.

Key words:

1 - Sugarcane

2 - Drip irrigation

3 - Irrigation

4 - Water quality

5 - Water treatment

LISTE DES SIGLES ET ABREVIATIONS

2iE	: Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement
SUCAF CI	: Sucrerie D'Afrique Côte-D'Ivoire
HMT	: Hauteur Manométrique Totale
PVC	: Polychlorure de Vinyle
UTM	: Universal Transverse Mercator
WGS 84	: World Geodetic System 1984
SODESUCRE	: Société d'État pour le Développement des Plantations de Canne à Sucre

SOMMAIRE

DEDICACES I

REMERCIEMENTS II

RESUME III

ABSTRACT IV

LISTE DES SIGLES ET ABREVIATIONS V

LISTE DE TABLEAUX VIII

LISTE DE FIGURES IX

INTRODUCTION 1

I. PRESENTATION DE LA STRUCTURE D'ACCUEIL ET DE LA ZONE D'ETUDE 3

I.1. Présentation de la structure d'accueil 3

I.2. Présentation de la zone d'étude 6

II. PRESENTATION DU PROJET 10

II.1. Contexte 10

II.2. Justification 11

II.3. Objectifs de l'étude 12

II.4. Diagnostic/ état des lieux 12

II.5. Situation géographique 13

II.6. Occupation actuelle du site et installation existante 14

II.7. Données de base 16

III. METHODOLOGIE DE CONCEPTION 18

III.1. Recherche bibliographique et visite de la zone d'étude 18

III.2. Etude technique 18

III.3. Méthode de dimensionnement de la station de traitement 27

III.4. Dimensionnement du système d'irrigation 33

III.5. Outils de collecte et de traitement des données..... 37

IV. ETUDE DE FAISABILITE TECHNIQUE 38

IV.1. Besoins en eau pour l'irrigation 38

IV.2. Paramètres de gestion de l'irrigation 38

IV.3. Résultat de l'évaluation de la qualité de l'eau 39

IV.4. Station de traitement 45

IV.5. Résultats du dimensionnement du système d'irrigation 54

IV.6. Equipements annexes..... 60

IV.7. Présentation cartographique des parcellaires 60

V. DEVIS ESTIMATIF DES INSTALLATIONS 59

VI. EVALUATION DE L'IMPACT ENVIRONNEMENTAL ET SOCIAL DU PROJET.....70

CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS 73

BIBLIOGRAPHIE 74

ANNEXES 75

LISTE DE TABLEAUX

Tableau I : Efficience agronomique des systèmes d'irrigation Ferké 2 12
Tableau II : Les normes (ou seuils) des paramètres analysés 24
Tableau III: Résultats de l'évaluation des besoins en eau 38
Tableau IV : Paramètres de gestion de l'irrigation 39
Tableau V : Caractéristiques de la conduite de refoulement 46
Tableau VI : Tableau des caractéristiques de la pompe 47
Tableau VII : Dimension de l'aérateur en cascade 49
Tableau VIII : Caractéristiques de l'ouvrage d'Oxydation 50
Tableau IX: Caractéristiques du décanteur 51
Tableau X: Caractéristiques du filtre 52
Tableau XI : Caractéristiques du bassin tampon 53
Tableau XII : Tableau des caractéristiques des lignes de goutteurs 55
Tableau XIII : Donnée sur l'aménagement du site 56
Tableau XIV: Données sur l'organisation de l'arrosage 56
Tableau XV: Données latérales 57
Tableau XVI: Données du collecteur 57
Tableau XVII: Données des conduites secondaires 58
Tableau XVIII : Données de la conduite principale 58
Tableau XIX: Devis estimatif du projet 59

LISTE DE FIGURES

Figure 1: Organigramme de la SUCAF-CI 5
Figure 2 : Carte des complexes sucriers de la SUCAF-CI 6
Figure 3: Diagramme ombrothermique de la station Ferké 2 de 1999 à 2019 7
Figure 4: Le lac Morrisson 9
Figure 5: Le fleuve lokpoho 10
Figure 6: La zone du projet dans les plantation de de canne à sucre à Ferké 2 13
Figure 7: Parcelle N2 003 sous intégrale 14
Figure 8 : La conduite d'alimentation DN 315 du site 15
Figure 9 : Canne à sucre en plantation pluviale 15
Figure 10: Analyse au laboratoire 23
Figure 11:Prélèvement de l'échantillons d'eau 23
Figure 12 : Schéma de traitement de l'eau 26
Figure 13: score de pollution moyen mensuel 41
Figure 14: La courbe d'évolution du fer 42
Figure 15: La courbe d'évolution du manganèse 43
Figure 16: La courbe d'évolution du pH 44
Figure 17: La courbe d'évolution des TSS 45
Figure 18: La courbe d'évolution du DCO 45
Figure 19: Pompe de refoulement vers la station de traitement 47
Figure 20: Tamis Inofer Groupe DEVOS choisi 48
Figure 21:Coupe transversale de l'ouvrage d'aération 49
Figure 22: Illustration du filtre média 52
Figure 23 : Filtre à disque. 54
Figure 24: Goutteur UNIRAM™ AS 20012 55
Figure 25: Image de la pompe GRUNDFOS CR XL 59
Figure 26: Parcellaire du réseau d'irrigation goutte à goutte 60

INTRODUCTION

La canne à sucre, culture à fort potentiel économique et social en Afrique, constitue une ressource stratégique pour le développement agricole et industriel (Audouin et al., 2010). En Côte d'Ivoire, l'implantation de l'industrie sucrière remonte aux années 1960 avec la création de plusieurs sites d'expérimentation, dont six furent retenus par l'ex-SODESUCRE à l'époque pour accueillir des complexes sucriers. Aujourd'hui, quatre sites demeurent en exploitation : Borotou-Koro, Ferké 1, Ferké 2 au Nord et Zuénoula au Centre-Ouest (Kouamé et al., 2010). La SUCAF-CI, exploitant Ferké 1 et 2, produit environ 130 000 tonnes de sucre par an et contribue au développement économique régional depuis 1971.

Malgré ces performances, la canne à sucre reste très exigeante en eau, nécessitant entre 1500 et 2500 mm/an, alors que la pluviométrie moyenne du site est d'environ 1200 mm/an, ce qui entraîne des déficits hydriques et des pertes de rendement importantes (KONAN et al., 2018). Pour pallier ce déficit, la SUCAF-CI a expérimenté plusieurs systèmes d'irrigation. L'aspersion à l'aide de rampes pivotantes a montré un rendement moyen de 84,5 t/ha et une productivité en eau de 26,1 kg/mm. L'irrigation goutte-à-goutte, plus efficiente en termes d'usage de l'eau (39,3 kg/mm), présente un rendement moyen légèrement inférieur (77,3 t/ha) (KONAN et al., 2018). Cependant, son adoption est freinée par le colmatage des goutteurs, lié à la qualité de l'eau, qui réduit la distribution homogène de l'eau et compromet les performances attendues. Un projet pilote d'implantation du système goutte-à-goutte sur 100 hectares a été validé par la SUCAF-CI en vue d'apprécier le rendement du système dans les conditions optimales d'exploitation.

Dans ce contexte, la problématique centrale se pose ainsi : comment adopter un système d'irrigation goutte-à-goutte durable et économiquement viable à Ferké 2 malgré les contraintes techniques et la qualité de l'eau ?

Pour y répondre, le mémoire s'articule autour de trois questions :

1. Quelle est la faisabilité technique d'un système goutte-à-goutte adapté aux conditions locales ?

2. Quelles solutions de traitement de l'eau permettent de réduire les risques de colmatage ?

3. Quel est le niveau de faisabilité financière sur une superficie pilote de 100 ha ?

L'objectif général est de faire un avant-projet détaillé d'irrigation goutte-à-goutte pour la culture de la canne à sucre à Ferké 2, afin d'améliorer l'efficience de l'eau et la production durable. De façon spécifique il s'agira :

- Analyser les modes de mobilisation de la ressource en eau pour l'irrigation ;
- Dimensionner le système ;
- Evaluer la faisabilité financière de la réalisation du projet.

Cette étude est pertinente car elle répond à la double exigence d'accroître la productivité de la canne à sucre tout en optimisant l'usage des ressources en eau. Elle se limite au dimensionnement technique, au traitement de l'eau et à la faisabilité financière, sans inclure la mise en œuvre réelle, suivi agronomique à long terme, ni les aspects commerciaux ou sociaux.

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

I.1. Présentation de la structure d'accueil

I.1.1. Généralités

La Côte d'Ivoire, par le biais de feu le Président Félix Houphouët-Boigny, a engagé une politique de diversification agricole et de réduction des disparités régionales au lendemain de l'indépendance. C'est dans ce contexte qu'a été créée, par décret n°71-562 du 27 octobre 1971, la société d'Etat pour le Développement des Plantations de Canne à sucre (SODESUCRE) qui comprenait plusieurs complexes sucriers dont Ferké 1 et Ferké 2, placée sous la tutelle du Ministère de l'Agriculture. Dans le cadre des réformes de privatisation des années 1990 Ferké 1 et Ferké 2 furent rachetés en 1997 par le groupe BGI (Brasseries et Glacières Internationales), donnant naissance à la SUCAF-CI (Sucrerie d'Afrique Côte d'Ivoire), société anonyme. Depuis 2010, la SUCAF CI est intégrée au groupe SOMDIAA (Société d'Organisation, de Management et de Développement des Industries Alimentaires et Agricoles) l'un des pionniers dans l'industrie agroalimentaire en Afrique.

La Sucrerie d'Afrique-Côte d'Ivoire (SUCAF-CI) est une société anonyme, avec un capital social de 21 200 000 000 FCFA.

- Siège social : Complexes Sucriers Ferké 1, BP 150 Ferkessédougou.
- Bureau Abidjan : 22, Rue des Carrossiers ; 01 BP 1967 Abidjan 01, Côte d'Ivoire.
- Tél. : (225) 27 21 57 57.
- Site web : http://www.groupe-somdia.com.

La SUCAF CI cultive et exploite la canne à sucre sur 17 500 ha de terre, répartie sur deux sites Ferké 1 et Ferké 2. Les sites sont distants de 35 km. Ferké 1 est situé dans le département de Ferkessédougou, tandis que Ferké 2 se trouve dans le celui de Niakaramadougou.
L'entreprise produit grâce à ses deux usines environ 130 000 tonnes de sucre par an. Elle commercialise son sucre de qualité : blond et raffiné, en morceaux, en granulés sous la marque « Princesse Tatie », ainsi que les sous-produits tels que la mélasse, l'écume et la bagasse.
La société a entrepris la construction d'une distillerie qui permettra de transformer la mélasse en alcool. Le projet devrait être effectif d'ici l'horizon 2026.

I.1.2. Organisation administrative

La SUCAF CI est dirigée par le Directeur Général Monsieur Anthony AHIABA depuis l'année 2024. L'Administration de la SUCAF CI est organisée en 10 directions principales :

- La Direction Générale (DG),
- La Direction Technique Industrielle (DTI),
- La Direction Technique Agricole (DTA),
- La Direction des Ressource Humaine (DRH),
- La Direction Développement Durable et Conformité (3DC),
- La Direction Commercial et Marketing (DCM),
- La Direction Système d'Information (DSI),
- La Direction Administratif et Financier (DAF),
- La Direction Approvisionnement et Logistique (DAL),
- La Direction Technique du Matériel (DTM).

La Direction Technique Agricole (DTA) est chargée de la gestion de la production de canne à sucre. Elle supervise à la fois les cultures industrielles exploitées directement par l'entreprise et les plantations villageoises. Ses activités couvrent tout le cycle cultural et constitue un levier essentiel pour garantir la productivité, la qualité des récoltes et la durabilité des pratiques agricoles. La DTA est composée de cinq (5) sous-directions :

- La Direction Irrigation (DI) : chargée de l'exploitation et de la maintenance des systèmes d'irrigation où s'est déroulé le stage ;
- La Direction Plantation F1 : chargée de la gestion et l'organisation de la production agricole sur le site de Ferké 1 ;
- La Direction Plantation F2 : chargée de la gestion et l'organisation la production agricole sur le site de Ferké 2 ;
- Coordination Études et Méthodes Agricole : S'occupe de concevoir, tester et améliorer les techniques de culture afin d'optimiser la production agricole ;
- Coordination Recherche et Développement Agronomique (CRDA) : Chargé principalement de la sélection variétale, du suivi phyto/contrôle qualité et des essais agronomique.

La Figure 1 présente l'organigramme de la SUCAF-CI.

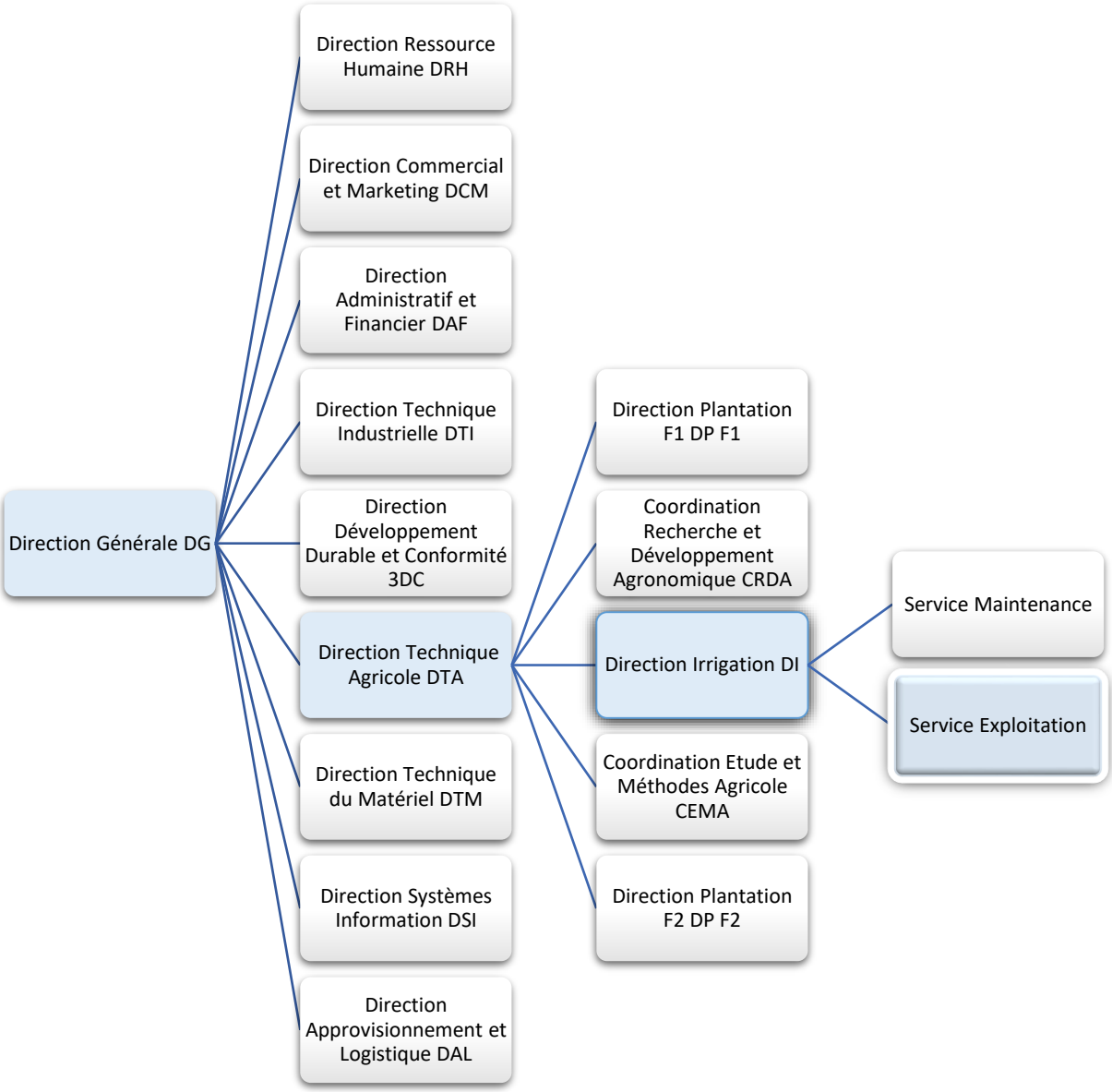


Figure 1: Organigramme de la SUCAF-CI

I.2. Présentation de la zone d'étude

I.2.1. Situation géographique

La zone d'étude se situe dans le Nord de la Côte d'Ivoire à environ 600 km d'Abidjan, les deux complexes de SUCAF CI sont à cheval sur les régions du Tchologo et du Hambol, à proximité de la frontière du Burkina Faso (80 km). Les sites sont distants l'un de l'autre de 35 km.

Les complexes sucriers se situent entre 9°14' et 9°35' N de latitude, et entre 5°15' et 5°24' O de longitude, à une altitude moyenne de 325 m (Kouamé et al., 2010). Ils sont entourés à l'Ouest par le fleuve Bandama, à l'Est par les départements de Koumbala et Tafiré, au sud par le fleuve Farakwo et au Nord par le département de Ferkessédougou

La Figure 2 présente la situation géographique des complexes sucriers de la SUCAF CI (TOURE et al.2024).

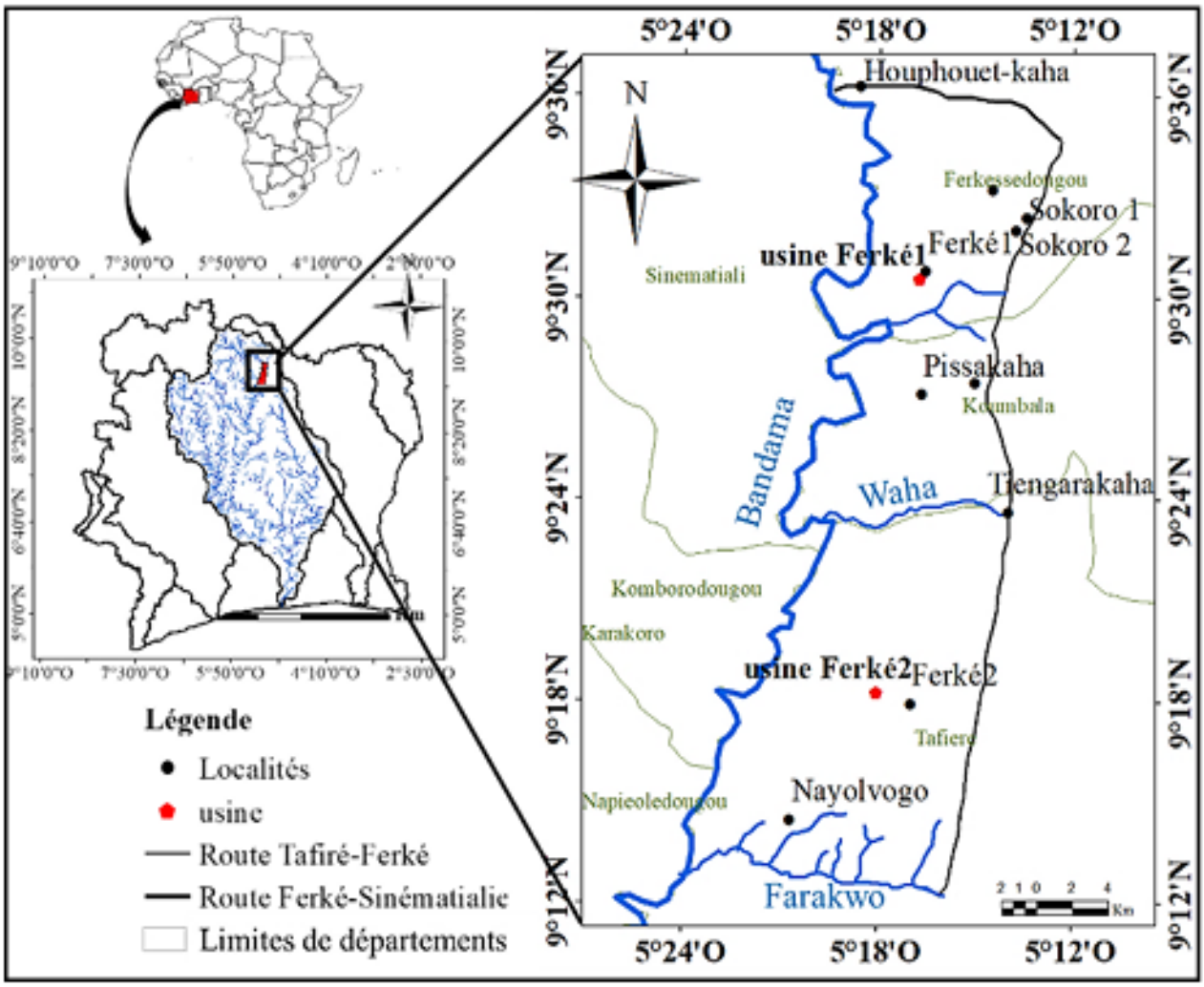


Figure 2 : Carte des complexes sucriers de la SUCAF-CI

I.2.2. Caractéristiques du milieu physique

I.2.2.a. Climat et pluviométrie

Le climat de la zone d'étude est de type tropical subhumide, caractérisé par deux saisons : une saison sèche marquée par l'harmattan (vent sec et chaud) de novembre à mars, avec des pluies allant de 1,9mm à 49mm, et une saison pluvieuse d'avril à octobre, avec des précipitations mensuelles moyennes comprises entre 127,6 et 248mm (Kouamé et al., 2010).

Les températures maximale et minimale sont respectivement d'environ de 32,5 °C et 21 °C. La durée de l'insolation avoisine 2610 h.an-1.

Le régime pluviométrique est de type unimodal et centré sur les mois d'août-septembre la hauteur moyenne annuelle des précipitations est de 1200 mm (Kouamé et al., 2010). Les températures et les précipitations enregistrées à la station de Ferké 2 sur la période de 1999-2019 sont illustrées dans la figure 3 source (Affoué Berthe Epse TOURE et al., 2024).

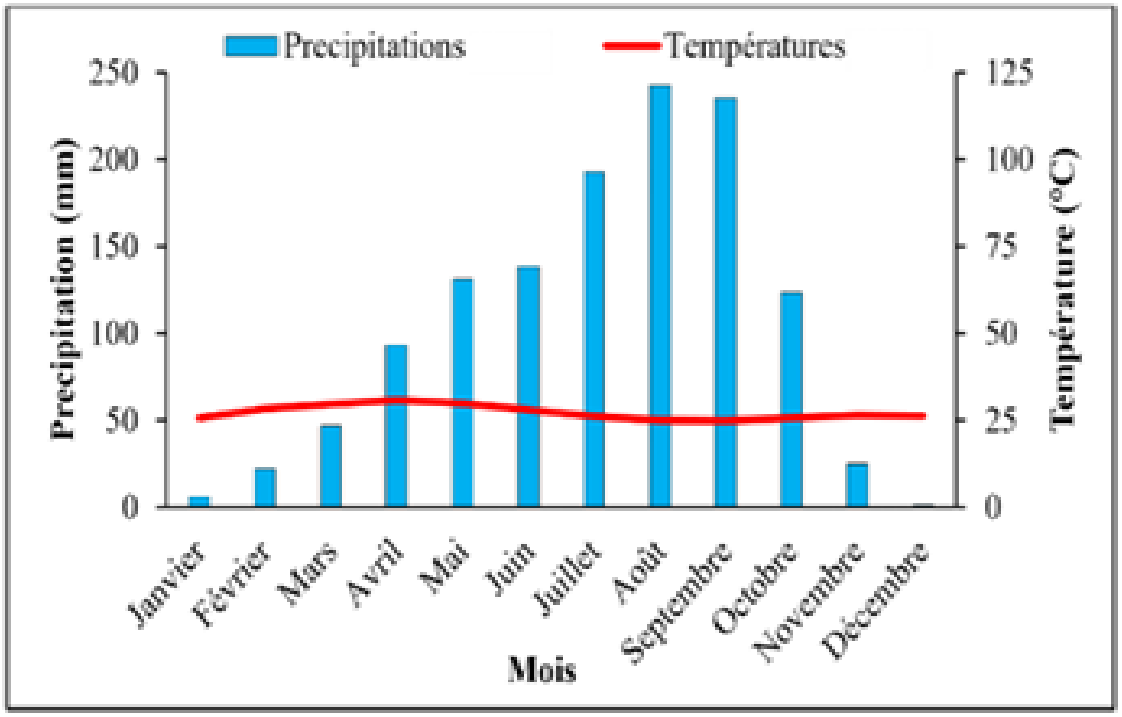


Figure 3: Diagramme ombrothermique de la station Ferké 2 de 1999 à 2019

I.2.2.b. Végétation, relief et sols

De manière générale, le relief du département de Ferkessédougou se caractérise par de vastes plaines dont l'altitude augmente progressivement, dans un paysage sans lignes directrices marquées. Ce relief est ponctué de collines de faible hauteur qui s'élèvent abruptement au-dessus des bas-fonds. On y observe également des plateaux, tels que le « mont Gnangbabka »,

qui prolongent les plaines tout en s'en détachant progressivement, avec des altitudes comprises entre 200 et 500 mètres. Le territoire est enfin marqué par la présence d'une formation montagneuse, notamment la montagne de Ouamelhoro.

La région de Ferké 2 appartient au domaine de la savane subsoudanaise. Les sols sont ferralitiques (prédominants), hydromorphes remaniés, et alluviaux (terrasses du fleuve Bandama), avec une couche arable peu profonde (40 à 60 cm) due à la présence de carapaces. La texture sablo-argileuse, de couleur ocre, est dominante et représente 40 % des superficies. Ces sols sont caractérisés par une réserve en eau utile de 90 mm et une réserve facilement utilisable de 60 mm.

Par ailleurs, les sols à texture sableuse et sablo-argilo-limoneuse occupent respectivement 24 et 20 % des superficies. Le sol est pauvre en matière organique (1,5 %) avec un pH acide de l'ordre 6 et une faible capacité d'échange cationique avoisinant 8 méq/100g. La végétation de la région du complexe sucrier est une savane guinéenne boisée, avec des niveaux variables renfermant de petits lambeaux de forêts isolés (KOUAKOU, 2018).

I.2.2.c. Hydrographie

La zone se trouve dans le bassin versant du Bandama ; elle est drainée par des affluents du fleuve Bandama (rivières Lokpoho, Monongo, Waha et Farakwo), selon un mode dendritique.

Le fleuve Bandama prend naissance entre Korhogo et Boundiali. Il draine plusieurs cours d'eau, cependant, beaucoup sont asséchés pendant la saison sèche. D'autres, permanents tels que la rivière Lokpoho, le Solomougou et le Bou, font l'objet de barrages d'irrigation au profit des paysans et de plantations de la SUCAF CI (Soro, 2021).

Le régime hydrologique des cours d'eau du Nord est de type tropical de transition et le réseau est de type dendritique. Celui-ci est caractérisé par une crue unique, d'août à septembre. À une décrue rapide, d'octobre à novembre, succède une longue période d'étiage, de décembre à janvier, durant laquelle l'alimentation est en grande partie assurée par les nappes alluviales. La SUCAF CI exploite les eaux du lac des barrages Morrison et Lokpoho (KOUAKOU, 2018).

- *Le barrage Morrisson*

Le barrage Morrisson fut créé sur le fleuve Bandama par la SODESUCRE. Il occupe une superficie de 3 700 ha. Sa profondeur maximale est de 12 m (Soro, 2021). Il a une capacité de 80 millions de m³ d'eau ; il sert à irriguer les parcelles de canne à sucre, à approvisionner l'usine de production de sucre et les populations des villages des complexes sucriers Ferké 1 et Ferké 2 de la SUCAF-CI en eau potable, ainsi qu'à la pêche artisanale. Le fleuve prend Bandama prend sa source à une altitude de 480 m, entre Korhogo et Boundiali. En amont du barrage

Morrisson, le lac reçoit les eaux de la rivière Lokpoho sur sa rive gauche. La figure 4 représente le lac Morrisson.



Figure 4: Le lac Morrisson

- *Le lac Lokpoho*

Le barrage hydroagricole Lokpoho, d'une superficie de 620 ha, a été construit en 1974 par la SODESUCRE sur la rivière Lokpoho.

La rivière Lokpoho, avec un bassin versant de 1200 Km², est un affluent du fleuve Bandama. Elle prend sa source dans la circonscription de la ville de Ouangolodougou. La profondeur maximale de son lit mineur est de 8,5 m (Soro, 2021).

Le lac de barrage Lokpoho a une capacité estimée à 10 millions de m³ et sert principalement à l'irrigation des parcelles de canne à sucre de la SUCAF-CI, des champs du CNRA et des jardins de cultures maraichères, à l'approvisionnement en eau potable de la ville de Ferké, à l'élevage et à la pêche. La figure 5 présente le fleuve Lokpoho.



Figure 5: Le fleuve lokpoho

II. PRESENTATION DU PROJET

II.1. Contexte

La Sucrerie d'Afrique Côte d'Ivoire exploite un domaine foncier de 45 000 ha, dont 17 000 ha sont consacrés à la culture de la canne à sucre. Parmi ces plantations, 12 800 ha sont irrigués, répartis entre les sites F1 (5 685 ha) et F2 (7 200 ha) (Ilboudo, 2023).

La production de sucre s'élève à 115 000 à 125 000 tonnes par an (record atteint en campagne 22/23), avec un objectif à six ans de 138 000 tonnes de sucre (Ts).

Les plantations en régime pluvial dépendent des précipitations, ce qui limite le rendement et expose la production aux aléas climatiques. Pour améliorer la productivité, l'entreprise a expérimenté plusieurs méthodes d'irrigation : la rampe pivotante, la couverture intégrale, la rampe frontale, le canon-enrouleur, la couverture partielle, le goutte-à-goutte etc.

Si les rampes pivotantes se sont imposées comme la méthode la plus performante en termes de surfaces récoltées, leur utilisation reste limitée par la topographie de certaines parcelles.

Le système goutte-à-goutte, reconnu pour son efficience en eau grâce à son application localisée, rencontre des problèmes de colmatage des goutteurs, liés à l'utilisation d'eau insuffisamment traitée provenant des retenues agricoles. Ces dysfonctionnements entraînent une distribution inégale de l'eau et affectent les rendements.

Face à la raréfaction progressive de la ressource en eau, exacerbée par le changement climatique et la pression sur les barrages, la maîtrise et l'optimisation du système goutte-à-goutte apparaissent comme une solution stratégique pour compléter les limites des rampes pivotantes et améliorer durablement la production sur le site de Ferké 2.

II.2. Justification

La canne à sucre est une culture à forte demande hydrique, avec des besoins estimés entre 700 et 1 500 mm par campagne, soit près de 10 000 m³/ha, pour atteindre un rendement d'environ 100 t/ha selon les conditions agroclimatiques (Giner & Langellier, 2009). Sa productivité dépend donc directement de la maîtrise de l'irrigation.

Des travaux menés par Adjoua Estelle KONAN et al. en 2018 montrent que l'irrigation goutte-à-goutte présente l'efficience agronomique la plus élevée (39,3 kg/mm d'eau). Toutefois, les rendements moyens parfois inférieurs observés par rapport à ceux obtenus avec la rampe pivotante résultent du colmatage des goutteurs, un problème technique pouvant être atténué par un traitement adapté de l'eau. Malgré cette contrainte, le goutte-à-goutte reste une alternative prometteuse grâce à son apport localisé, qui optimise la disponibilité de l'eau et favorise la productivité.

La mise en place d'un projet pilote sur 100 ha s'inscrit donc dans une logique de démonstration de la faisabilité et de la rentabilité de cette technologie. En renforçant le dispositif de traitement d'eau, la SUCAF-CI pourra non seulement améliorer ses rendements et consolider son système d'irrigation, mais aussi réduire les pertes liées aux aléas climatiques et assurer une gestion plus durable de la ressource hydrique. Le tableau I met en évidence une corrélation inverse entre le rendement brut et l'efficience de l'utilisation de l'eau selon les technologies employées. La rampe pivotante domine en termes de productivité aux champs avec un rendement maximal de 84,5 T/Ha, suivie de près par l'aspersion par couverture intégrale à 79 T/Ha. Cependant, l'analyse de la productivité de l'eau révèle que le goutte-à-goutte, bien qu'en troisième position pour le rendement (77,3 T/Ha), est de loin le système le plus performant pour l'économie de la ressource avec 39,3 kg/mm. À l'inverse, le canon enrouleur et l'aspersion par couverture partielle apparaissent comme les solutions les moins efficientes, affichant les rendements les plus faibles et une productivité de l'eau divisée par deux par rapport au goutte-à-goutte (Konan et al. 2018).

Tableau I : Efficiences agronomiques des systèmes d'irrigation Ferké 2

Systèmes d'irrigation	Rendement moyen (T/Ha)	Productivité de l'eau (kg/mm)
Rampe pivotante	84,5	26,1
Aspersion par couverture intégrale	79	22,4
Goutte à goutte	77,3	39,3
Aspersion par couverture partielle	71	17
Canon enrouleur	69,4	18,4

II.3. Objectifs de l'étude

L'objectif général est de réaliser l'étude d'Avant-Projet Détaillé (APD) du système d'irrigation goutte-à-goutte sur 100 hectares, dans le périmètre cultivable de Ferké 2.

Plus spécifiquement, il s'agit de :

1- Evaluer l'aptitude de la ressource en eau de surface pour l'approvisionnement de l'aménagement (Quantité et Qualité) ;
2- Réalisé l'étude technique du projet ;
3- Evaluer la faisabilité financière de la réalisation du projet.

II.4. Diagnostic/ état des lieux

La majorité des surfaces irriguées dans le domaine de Ferké 2 se fait par rampe pivotante et par couverture intégrale.

Le goutte-à-goutte a été introduit sur le périmètre de la SUCAF-CI pour la première fois en 2003, puis s'est développé lentement jusqu'en 2014. Le système a ensuite été abandonné progressivement pour finalement disparaître en 2019-2020 en raison de la chute des rendements.

Le goutte-à-goutte a donné de bons résultats les premières années (Canne en Vierge ou première pousse, Repousse 1 et Repousse 2) avec des pointes à 130 T/ha, avant de décliner pour atteindre des rendements médiocres de 65-70 T/ha. On observe de façon générale une baisse significative des rendements après la troisième repousse 3 (R3), en dessous des rendements sous pivots (70-80 T/ha). Ce résultat est bien en deçà des objectifs et de performances attendues d'une irrigation goutte-à-goutte, laquelle devrait normalement permettre d'atteindre un rendement minimal de 120 T/ha.

La mission menée à la SUCAF en 2012 par Netafim, en vue de la réhabilitation des premières parcelles goutte-à-goutte, a établi le diagnostic suivant : l'échec du goutte à goutte dans le contexte de la SUCAF fut le résultat combiné d'une très mauvaise qualité de l'eau, d'une dispersion des parcelles installées, et de la dépendance de chaque parcelle à un réseau ne garantissant pas les conditions hydrauliques optimales de fonctionnement. De là s'en est suivie une « réaction en chaine » qui n'a pas permis à cette technologie de produire les résultats attendus.

II.5. Situation géographique

Le site prévu pour l'implantation du projet pilote de 100 ha de canne à sucre est situé dans le périmètre cultivable de Ferké 2, sur les parcelles N2 001, N2 002-003, N2 004 et N2 005 formant un seul bloc, elles sont entourées par les parcelles P3 006 P3 007 et P3 008. Ses coordonnées géographiques sont : Latitude : 5°20'Nord Longitude : 3°53'Ouest.

La figure 6 présente la portion du site dans le cadrant blanc par rapport au champ de Ferké 2.



Figure 6: La zone du projet dans les plantations de de canne à sucre à Ferké 2

II.6. Occupation actuelle du site et installation existante

La majeure partie des parcelles du site est couverte par des plantations de canne en couvertures intégrales de surface (irrigation de surface) et l'autre par des plantations pluviales (non irrigué). Des plantations de canne sous rampes pivotantes et couverture intégrale sont aux alentours.

Le site est alimenté en eau par la station IPS-1-2, elle-même est alimentée par le Bandama. Une conduite DN 315 approvisionne les parcelles en eau depuis la station et chaque parcelle est équipée d'une vanne de régulation. Cependant dans le cadre de ce projet seulement une portion de la conduite DN 315 qui apporte l'eau sur la parcelle sera exploitée car son diamètre ne permet pas de véhiculer 470 m^3/h d'eau vers la station et le conserver comme conduite principales du réseau goutte à goutte pourrai engendrer des instabilités de pressions sur l'ensemble du réseau. Les figures 7 à 9 illustrent occupation du site.



Figure 7: Parcelle N2 003 sous intégrale



Figure 8 : La conduite d'alimentation DN 315 du site



Figure 9 : Canne à sucre en plantation pluviale

II.7. Données de base

Les données de base regroupent l'ensemble des informations nécessaires à l'analyse et à la résolution du problème posé. La collecte des données indispensables à notre étude s'est faite par le biais de collecte sur le terrain et d'entretiens avec les responsables intervenant sur le site. Dans le cadre de ce projet, les données se déclinent comme suit :

- Les données climatologiques relatives à l'évapotranspiration, pluviométrie (moyenne mensuelle, période de pointe) etc.
- Les données topographiques (plan côte en courbe e niveau) ;
- Les données pédologiques relatives à la structure du sol, à la capacité d'infiltration, à capacité de rétention en eau etc ;
- La ressource en eau (quantité, débit, etc.) ;
- Les données agronomiques (type de culture, profondeur racinaire, etc.).

III. METHODOLOGIE DE CONCEPTION

Pour atteindre les objectifs attendus de cette étude, la démarche méthodologie adoptée s'articule autour des points suivants.

III.1. Recherche bibliographique et visite de la zone d'étude

La recherche documentaire a consisté à faire une synthèse des ouvrages, des rapports d'activité, des textes réglementaires dans le domaine de l'irrigation (micro-irrigation) et sur la qualité de l'eau à des fins de micro irrigation. En outre, elle a permis d'enrichir la conception et d'assurer la conformité du projet aux normes en vigueur.

La visite de terrain a permis de faire la reconnaissance du milieu afin de mieux apprécier la situation actuelle du terrain, à savoir : leur localisation sur le plan, relevé les coordonnées avec un GPS et l'acquisition de clichés numériques.

III.2. Etude technique

III.2.1. Estimation de la quantité d'eau requis pour l'irrigation

III.2.1.a. Besoin en eau de la canne à sucre

Le besoin en eau d'irrigation est la quantité d'eau nécessaire à la culture pour lui assurer un bon développement. Il se détermine comme suit :

- *Évapotranspiration maximale localisé ETM_{loc} :*

  L'évapotranspiration ETM localisée est la quantité d'eau que la canne prélève par évapotranspiration lorsqu'elle est partiellement irriguée et elle est proportionnelle à la fraction de surface mouillée. L'équation (1) représente l'équation de l'évapotranspiration maximale localisée.

$$ETM = ET_0 \times Kc \quad \textbf{(1)}$$

$$ETMloc = ETM \times Kr$$

ET_0 (mm/j) :	Evapotranspiration de référence déterminée à partir du maximum des valeurs de la moyenne mensuelle des données journalières sur 15 ans
Kc :	Le coefficient de culture, il s'agit de la limite supérieure de l'évapotranspiration des cultures
Kr :	Facteur de réduction de la couverture du sol appliqué en irrigation localisé
ETM (mm/j) :	Évapotranspiration maximale

- *Besoin d'irrigation*

Le besoin en eau apporté par irrigation prend en compte : le besoin net journalier maximum de pointe (IRn), la conductivité hydraulique à saturation (Ks) du sol, le besoin de lessivage (LR) et l'efficacité d'application au champ (Ea), l'ensemble de ces paramètres permettra de déterminer le besoin brut maximum de pointe (IRg).

L'efficacité d'application est la fraction de l'eau appliquée qui est utilisée de manière bénéfique par la culture dans la zone racinaire. L'équation (2) représente les équations qui permettent de déterminer le besoin brut maximum de pointe.

(2)

$$IRn = ETMloc - (R + Pe)$$

$$Ea = Ks \times EU$$

$$IRg = \frac{IRn}{Ea} + LR$$

IRn (mm/j) :	Besoin net journalier maximum de pointe
R (mm/j) :	Apport en eau provenant d'une autre source
Pe (mm/j) :	Pluie efficace
Ea :	Efficacité d'application au champ
Ks :	Conductivité hydraulique à saturation
EU :	Coefficient d'uniformité d'application
IRg (mm/j) :	Besoin brut maximum de pointe
LR (mm/j) :	Besoin de lessivage

- *Besoin de lessivage*

Le besoin de lessivage (LR) est une fraction d'eau supplémentaire à prévoir dans le calcul du besoin brut d'irrigation, dans le but de maintenir la salinité du sol en dessous du seuil de tolérance de la culture. L'équation (3) représente les équations qui permettent de déterminer le besoin de lessivage.

(3)

$$LRt = \frac{ECw}{(2 \times maxECe)}$$

$$LR = LRt \times \left(\frac{IRn}{Ea}\right)$$

LRt :	Besoin de lessivage dans la zone racinaire
ECw (dS/m) :	Conductivité électrique de l'eau pour l'irrigation
maxECe (dS/m) :	Conductivité maximale du sol à saturation
IRn (mm/j):	Besoin net journalier maximum de pointe

Ea :	Efficacité d'application au champ
LR (mm/j) :	Besoin de lessivage

- *La quantité d'eau réellement exploitable par la plante dans le sol*

La plante ne peut utiliser que la quantité d'eau disponible dans la zone racinaire avec une tension du sol suffisamment faible pour qu'elle transpire à l'ETM (Évapotranspiration Maximale). Elle est exprimée par la Réserve Facilement Utilisable RFU/Dp /RAM. L'équation (4) représente les équations qui permettent de déterminer la quantité d'eau réellement exploitable par la plante.

(4)

$$Dp = P \times AM$$

$$AM/RU = (\theta FC - \theta WP) \times Dr$$

P :	Facteur de tarissement dépendant du type de culture et de ETM
Dp (mm) :	La réserve facilement utilisable
AM (mm/m) :	Réserve utile
Dr (m) :	Profondeur racinaire
θ_{FC} (%) :	Humidité à la capacité au champ
θ_{WP} (%) :	Humidité point de flétrissement

L'évapotranspiration de pointe se présente dans le mois d'avril soit **5,78**.

III.2.1.b. Gestion de l'irrigation

La gestion de l'irrigation se fait par le biais de paramètres qui permettent de planifier et de contrôler l'apport d'eau à la canne, afin de satisfaire son besoin hydrique tout en optimisant l'utilisation de l'eau.

- *La fréquence d'irrigation et le tour d'eau*

La fréquence d'irrigation est l'intervalle de temps entre deux irrigations successives (FAO, Irrigation Scheduling: from Theory to Practice (Smith, 1992)).

Le tour d'eau, quant à lui, est la durée nécessaire pour desservir l'ensemble de l'aire irriguée une seule fois, compte tenu du débit disponible et de l'organisation de l'irrigation (INRA (France), cours d'hydraulique agricole). L'équation (5) représente les équations qui permettent de déterminer la fréquence d'irrigation.

(5)

F(d) =	$\frac{\mathbf{Dp}}{\mathbf{IRn}}$	**F (d) :**	La fréquence d'irrigation
T(d) =	**T(d) ≤ F(d)**	**T (d) :**	Le tour d'eau
Da =	**T (d) × IRn**	**Da (mm) :**	Dose réelle de l'application
Pa =	$\frac{\boldsymbol{Da}}{\boldsymbol{AM}}$	**pa :**	Facteur de tarissement réel
Dg =	$\frac{\mathbf{Da}}{\mathbf{Ea}} + \mathrm{LR} \times \mathbf{T(d)}$	**Dg(mm):**	Dose brut

III.2.1.c. Débit d'équipement qe

Le débit d'équipement (qe) permet l'estimation du débit total et le dimensionnement des installations nécessaires pour un système d'irrigation localisée. L'équation (6) représente les équations qui permettent de déterminer le débit d'équipement.

(6)

$$\mathbf{qe} = \frac{\boldsymbol{Dg(mm)}}{(\boldsymbol{T}\,(\boldsymbol{d})) \times \boldsymbol{Ts}\,(\boldsymbol{hr/d}) \times \boldsymbol{Nsh} \times \mathbf{0.36})}$$

T= **T(d) ≤ F(d)**

TWmax = $\boldsymbol{Ts}\,(\boldsymbol{hr/d}) \times \boldsymbol{Nsh}$

Qetota = **qe (l/s/ha) ×** $(\boldsymbol{ha})$

$\boldsymbol{A}\,(\boldsymbol{ha})$ **:**	La surface totale irriguée
qe (l/s/ha) :	Le débit d'équipement
TWmax (h/j) :	Le nombre maximum d'heures d'arrosage par jour
$\boldsymbol{Ts}\,(\boldsymbol{hr/d})$ **:**	Le nombre d'heures passées par la rampe à un poste d'arrosage pour apporter la dose brute
$\boldsymbol{Nsh}$ **:**	Le nombre de positions par jour
qetota(l/s) :	Le débit total du système

III.2.2. Evaluation de la ressource en eau disponible

III.2.2.a. Evaluation quantitative

La SUCAF-CI prélève en moyenne 5 824 994,917 m^3 d'eau en moyenne mensuel contre un volume minimal de 3 487 200 m^3 et maximal de 11 656 735,5 m^3 dans l'eau du barrage pour le compte de Ferké 2. L'eau d'irrigation des parcelles N2 001 à N2 005, provient de la station IPS-1-2. La station ayant été dimensionnée à cet effet, la conduite de refoulement sur ces parcelles peut apporter jusqu'à 300 m3/h d'eau en permanence, avec des possibilités d'extension du réseau au niveau de ladite station ou de la station relai C1.

III.2.2.b. Evaluation de la qualité de l'eau

La qualité de l'eau prend en compte les exigences agronomiques liées à la plante et au type de sol, ainsi que les exigences du système de micro-irrigation, qui est très précis mais sensibles aux impuretés. Une cherche documentaire sur les exigences de qualité d'eau de la canne à sucre et du système d'irrigation goutte à goutte. Ces recherches ont permis de d'avoir une liste des paramètres physico-chimique et biologique essentiel à analyser.

- *Analyse en laboratoire*

Au laboratoire de la SUCAF CI des analyses ont été fait sur l'eau brute. A l'aide d'un kit de prélèvement l'eau est recueillie à la station IPS-1-2 dans trois flacons, à des points et profondeurs différent. Et est ensuite transporter au laboratoire pour analyse. C'est un échantillon composite des trois flacons qui a été analysé. Trois appareils on permit de déterminer les valeurs des paramètres notamment le Spectrophotomètre HACH DR 2500, l'inoLab WTW et le turbidimètre.

Les figures 10 et 11 représentent quelques clichés du prélèvement et des analyses sur l'eau.



Figure 10: Analyse au laboratoire



Figure 11:Prélèvement de l'échantillon d'eau

Les données recueillies ont été associées à une base de données plus importante couvrant la période de janvier 2019 à juillet 2025. Le traitement des données est fait à l'aide du logiciel RStudio comme suit :

- Préparation et nettoyage des données

  La première étape a consisté à importer la base de données brute depuis un support Excel vers l'environnement de programmation RStudio. Afin de permettre une analyse temporelle, une colonne « Date » a été générée. Le diagnostic initial a révélé la présence de données manquantes (NA), dont la distribution a été visualisée par un graphique de proportions. Une analyse de ces lacunes a permis d'identifier que les paramètres comme le phosphate et le chlorure présentaient les taux d'absence les plus élevés, principalement dus à des ruptures de réactifs lors des mesures de terrain.
- Traitement des valeurs manquantes (Imputation)

  Pour garantir la continuité des séries temporelles et la robustesse des modèles statistiques, une méthode d'imputation par la moyenne mensuelle a été appliquée. Les valeurs manquantes ont été substituées par la moyenne des observations du mois

correspondant. Cette technique permet de réduire les biais statistiques tout en préservant la saisonnalité des paramètres physico-chimiques.

- Évaluation de la conformité aux normes d'irrigation

  La qualité de l'eau a été confrontée aux seuils critiques de l'irrigation localisée (goutte-à-goutte), en s'appuyant sur les travaux de Isabelle Couture (2006) et les standards techniques du groupe Netafim.

  Calcul d'un score de pollution : Une variable de conformité a été créée pour dénombrer les paramètres hors-normes par mois.

  Analyse temporelle : Ce score a permis d'identifier les périodes de vulnérabilité de la ressource (notamment le mois d'août) et d'évaluer l'impact des activités anthropiques sur la qualité de l'eau.

- Analyse statistique descriptive et caractérisation

  Une analyse statistique multidimensionnelle a été réalisée à l'aide de la fonction summary () sous R. ainsi des indicateurs de mesures de tendance centrale (moyenne et médiane) et de dispersion (minima, maxima, et quartiles) ont été établie.

  Le tableau II représente les normes utilisées pour apprécier la conformité des paramètres.

Tableau II : Les normes (ou seuils) des paramètres analysés

Paramètres	**Unités**	**Normes**
Conductivité	µS/ cm^{-1}	< 1 500
pH		> 5;< 8
caCO3	mgL^{-1}	< 200
HCO3	mgL^{-1}	< 150
Chlorure	mgL^{-1}	< 14
Sulfate	mgL^{-1}	< 200
Fer	mgL^{-1}	< 0,3
Manganèse	mgL^{-1}	< 0,2
TSS	mgL^{-1}	< 50
COD	mgL^{-1}	< 50
TDS	mgL^{-1}	< 1 000
Ca	mgL^{-1}	< 200
SAR	mgL^{-1}	< 3

Source : NETAFIM Water Quality by Seba Schifris 2020 et AGRI-VISION ANALYSE D'EAU POUR FIN D'IRRIGATION Par Isabelle Couture (Couture, 2006)

III.2.3. Technologie de traitement de la ressource en eau

Le traitement de l'eau se fait depuis une station de traitement d'eau. La station doit pouvoir traiter l'eau de la source de manière à répondre aux exigences du système d'irrigation. Le traitement vise à éliminer les particules solides, les métaux dissous (Fe et Mn), la matière organique et à stabiliser le pH afin d'éviter le colmatage des goutteurs et l'entartrage des conduites.

Il existe divers procédés, selon les problèmes propres à l'eau de la source. Une station adopte habituellement une combinaison de plusieurs procédés qui, ensemble, permettent d'atteindre la norme de qualité requise.

La séparation des particules grossières de l'eau se fait généralement avec un dégrilleur et un tamis. La station IPS 2 doté d'un dégrilleur en amont seul le tamisage sera nécessaire.

Le tamisage permet d'éliminer les objets fins tel que les matières grossières en suspension surtout d'origine végétale (plancton) afin d'améliorer l'efficacité de toute la chaîne de traitement. Le tamis recommandé est un tamis de mailles compris entre 1 et 3 mm avec purge programmée, placé en amont de la station.

L'élimination du fer et du manganèse se fait par oxydation. L'oxydation permet de transformer certains métaux dont le fer et le manganèse en composé précipité. Un Aérateur en cascade est placé en aval du tamis. Son rôle est d'oxyder une bonne partie du fer oxydable et de réduire la charge de matière organique DCO. Ensuite de l'hypochlorite de sodium est injecté dans l'eau pour oxyder le manganèse.

Les précipités résultant de l'oxydation sont piégés dans un bassin de décantation. Le bassin de décantation a pour rôle de retenir 60 - 80% des matières en suspension. La décantation rend le travail beaucoup plus facile pour les filtres.

La filtration de l'eau d'irrigation est essentielle pour éviter le blocage du passage étroit des distributeurs et goutteurs par les TSS résiduels, les particules Fe/Mn et la DCO particulaire. Il s'agit d'un traitement mécanique de l'eau obtenu par l'installation de dispositifs de filtrage au niveau de la tête du réseau d'irrigation. Dans le cadre de ce projet l'eau décantée passe d'abord par un filtre à sable qui assure la filtration macroscopique (matières organiques) puis par un filtre à disques qui assure la filtration fine (particules minérales restantes), garantissant ainsi la

longévité des goutteurs.

Au terme du processus, des analyses sur l'eau filtrée seront effectuées afin de déterminer la dose du désinfectant notamment le l'Hypochlorite de sodium à utiliser. La désinfection a pour rôle de protéger l'eau contre la propagation de bactéries et la biofilm. Une dose résiduelle de 1 mg / l de chlore libre est recommander en sortie aval des lignes de goutteurs. En effet, la valeur de DCO montre une eau riche en matière organique est propice au biofilm et peut favoriser le colmatage biologique.

Le pH minimum de l'eau est de 4.5 ; l'oxydation ne peut fonctionner correctement dans ces conditions. Il est obligatoire de corriger le pH avec la chaux pour tout pH inférieur à 7. La station de traitement est dimensionnée pour un débit de pointe de 470 m^3/h sur 22 heures.

La figure 12 présente le schéma de la filière de traitement.

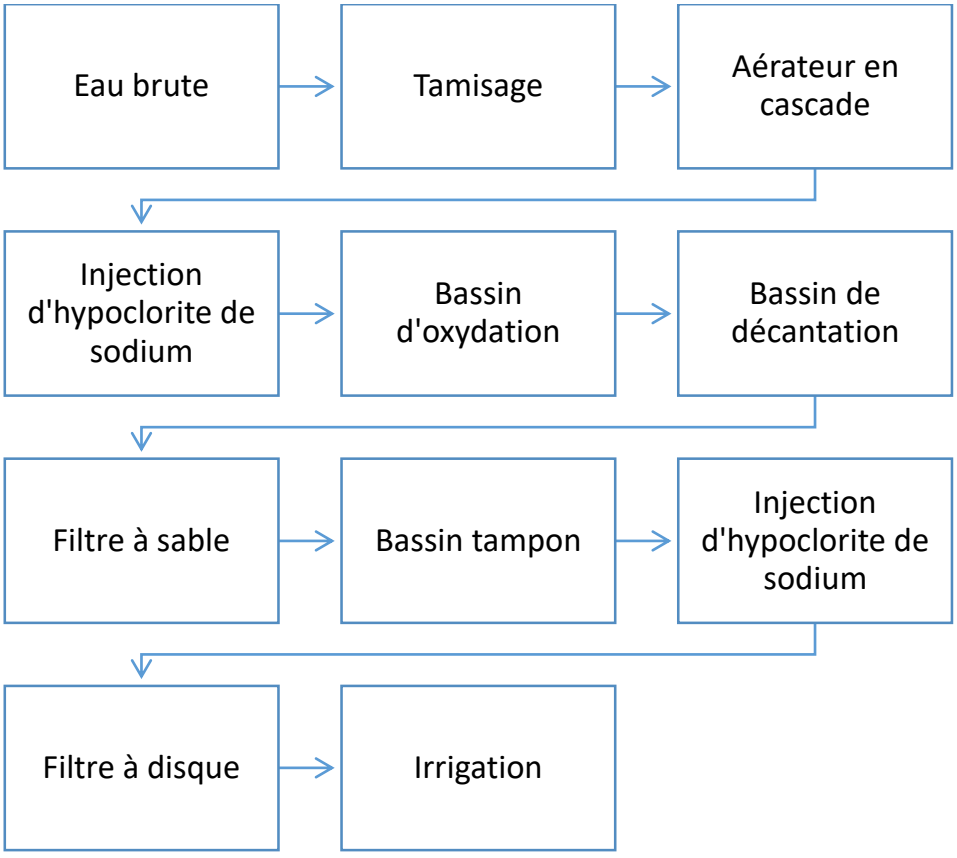


Figure 12 : Schéma de traitement de l'eau

III.3. Méthode de dimensionnement de la station de traitement

III.3.1. Conduite d'adduction de l'eau vers la station de traitement goutte-à-goutte

La conduite qui assure le transport de l'eau brute vers la station de traitement est une conduite en PVC PN 10 de diamètre DN 315, épaisseur 15 mm préexistante. Son diamètre ne permettant pas de satisfaire le débit d'eau requis à la station de traitement, une conduite supplémentaire d'amené d'eau doit être raccordée à la station de traitement ; le débit supplémentaire à apporter est de 250,35 m^3/h

Le dimensionnement d'une conduite supplémentaire captant l'eau depuis la station C1, s'est fait avec les cinq formules énumérées. Le diamètre retenu respecte la condition de Flamant ($(\boldsymbol{m}/\boldsymbol{s}) \leq \mathbf{0,6}+\boldsymbol{D}(\boldsymbol{m})$) la vitesse économique est comprise entre 0,7m/s et 0,8m/s et provient de la formule de A. Bedjaoui, Pr. B. Achour, M.T. Bouziane.

Les paramètres de détermination du diamètre minimal des conduites sont contenus dans l'équation (7).

Formules

(7)

Bresse : $(\boldsymbol{m}) =$ 1,5Q^0,5 (m^3/s)

Bresse modifié : $(\boldsymbol{m}) =$ $\mathbf{0,}\boldsymbol{Q}\mathbf{^1/3}$ (m^3/s)

Munier (1961) : $(\boldsymbol{m}) =$ $(\mathbf{1}+\mathbf{0,02}\boldsymbol{n})\ \boldsymbol{Q}$^0,5 ($m^3/s$)

Formule de Bonnin : $(\boldsymbol{m}) =$ Q^0,5 (m^3/s)

A. Bedjaoui, Pr. B. Achour, M.T. Bouziane : $(\boldsymbol{m}) =$ 1,27 $\boldsymbol{Q}$^0,5 (m^3/s)

III.3.1.a. *Choix de la pompe de la station C1*

Le choix de la pompe se fait en projetant le point de coordonné (Q ; HMT) sur le canevas de la pompe, puis choisir la courbe de performance de la pompe la plus proche.

Le débit étant connu (250,35 m3/h.), la HMT se détermine en faisant la somme des pertes de charges totales et de la hauteur géométrique. Pour le calcul des pertes de charges totales on considère que les pertes de charges singulières valent 5% des pertes de charges linéaires, la formule de Manning Strickler.

Les équations (8) ont permis de sélectionner la pompe

$$\sum \mathbf{pdc} = 1.05 \frac{10.29 \times Q^2 \times L}{Ks^2 \times D\hat{}(\frac{16}{3})} \qquad \mathbf{Nsh} = \qquad HMT = H\ géo + \sum pdc$$

(8) $\qquad\qquad$ **Ph (W) =** $\rho \times g \times Q \times HMT$

III.3.2. Station de traitement

III.3.2.a. Tamisage fin et Aération en cascade

Le tamis est choisi dans catalogue INOFILTER SRA avec un débit minimum de 470 m^3/h. Quant à l'aération en cascade elle est une technique largement utilisée dans le traitement de l'eau. C'est un ouvrage gravitaire dans lequel l'eau s'écoule de marche en marche, sous forme de nappe mince ou de petits jets. Il permet d'augmenter l'oxygène dissous (OD), de dégazer le CO_2, H_2S et certains composés responsables de goûts/odeurs et de favoriser l'oxydation du fer et du manganèse.

Ce processus imite l'aération naturelle qui se produit dans les rivières et les ruisseaux, où l'eau cascade sur des rochers et des obstacles, augmentant la surface et le transfert d'oxygène.

- Écoulement Étagé : L'eau s'écoule à travers une série d'étapes, chacune conçue pour créer un effet en cascade. Ce mouvement en cascade augmente la surface de l'eau exposée à l'air.
- Transfert d'Oxygène : La surface accrue favorise le transfert d'oxygène de l'air vers l'eau. L'action en cascade crée également des turbulences, améliorant encore l'absorption d'oxygène. L'oxygène va oxyder le fer.

L'élimination physico-chimique du fer dans l'aérateur se fait par la transformation de sa forme dissoute en un précipité que l'on peut retenir dans un décanteur ou sur un filtre à sable. Cette élimination est obtenue en élevant le potentiel rédox par simple aération. Le processus se déroule en deux étapes :

$$Fe^{2+} \xrightarrow[\text{Oxydation}]{} Fe^{3+} \xrightarrow[\text{Précipitation}]{} Fe(OH)_3$$

La réaction globale de précipitation du fer est la suivante :

$$4\ fe^{2+} + O_2 + 10\ H_2O \longrightarrow 4\ Fe(OH)_3 + 8\ H^+$$

Le dimensionnement de l'aérateur en cascade est basé sur la méthode de Gameson.

Le dimensionnement d'un déversoir rectangulaire est régi par la formule de l'équation (9)

(9)

$$\mathbf{Q} = K \times L \times H \times \sqrt{2 \times g \times H}$$

$$\mathbf{L} = \frac{Q}{K \times H \times \sqrt{2 \times g \times H}}$$

$$\mathbf{N} = \frac{\text{H totale}}{\text{h marches}}$$

L m :	Longueur du Déversoir
K :	Coefficient de contraction
H m :	Hauteur de Lame d'Eau
H totale m :	Hauteur Totale de Chute
h marches m :	Hauteur de chaque Marche
N marches :	Nombre de Marches
P marches m :	Profondeur de Marche

III.3.2.b. Oxydation

L'oxydation par injection d'hypochlorite de sodium a pour objectif de transformer le Fe^{2+} résiduel et le Mn^{2+} plus stable en formes solides. L'injection de l'hypochlorite de sodium se fait dans le bassin situé au pied des marches de l'aérateur. Le temps de contacte pour assurer une bonne oxydation du manganèse est de 20 minutes. La quantité d'hypochlorite nécessaire se calcule comme suit :

La mise en solution de I'hypochlorite de sodium donne comme produit I'ion sodium et I'ion hypochlorite : $NaOCl \longrightarrow Na^{+} + OCl^{-}$

L'ion hypochlorite aqueux entre en équilibre avec I 'acide hypochloreux selon la relation suivante : $HOCl \longrightarrow H+ + OCl^{-}$

L'oxydation du Fe ferreux et du Mn manganeux par I'acide hypochloreux s'effectue selon ces équations : $2Fe^{2+} + HOCI \longrightarrow 2Fe^{3+} + H_20 + Cl$

$Mn^{2+} + HOCI \longrightarrow Mn^{3+} + H_20 + Cl$

Pour une solution d'hypochlorite de sodium dosée à 12 % de chlore actif. En retenant une dose de 2 mg Cl_2/l, la masse de chlore actif nécessaire est d'environ 0,66 kg/h (soit 16 kg/j), ce qui correspond à un débit de solution de l'ordre de 4,6 L/h.

Ces valeurs constituent un redimensionnement ; les doses optimales seront ajustées par des essais de jar-test et des tests sur site.

Les observations de Knocke ont montré qu'à pH > 6,5, les sites d'adsorption augmentent et l'élimination du manganèse ou du fer est améliorée. La chaux sera utilisée pour rehausser le Ph si nécessaire.

III.3.2.c. Bassin d'oxydation

Le Bassin d'oxydation sert de zone de contacts entre l'eau et l'oxydant. Il est dimensionné grâce aux équation (10).

(10)

$$L' = n \times d + (n - 1) \times e + 2 \times e'$$

$$15mn < t < 30 \text{ à } 60mn$$

$$S = L' \times l'$$

$$L' = V \times t$$

$$d = \frac{Q}{h_{eau} \times V}$$

$$4\% \leq I < 10\ \%$$

$$0{,}3 \leq h_{eau} \leq 1{,}0m$$

$$3 \leq \frac{L'}{l'} \leq 6\ m$$

L'(m) :	Longueur du d'oxydation
t'(min) :	Temps de séjour minutes
l'(m) :	Largeur du bassin d'oxydation
S (m^2) :	Surface
V (m/s) :	Vitesse de l'Eau
h eau (m) :	Hauteur de l'eau dans le bassin d'oxydation
h chicane (m) :	Hauteur murs de séparation des chicanes m
n :	Nombre de chicanes
d (m) :	Distance entre deux chicanes
e :	épaisseur des murs de séparation des chicanes
e' :	épaisseur des parois latérales
I :	La pente

III.3.2.d. Bassin de décantation statique

Le bassin de décantation est dimensionné grâce à l'équation (11) ci-après.

(11)

	L(m) :	Longueur du décanteur
2h ≤ ts ≤ 4 h	Ch **m²** **:**	La charge hydraulique
0,5 ≤ V ≤ 1 m/ h	**l (m) :**	Largeur de la zone de décantation
L = V × t	**S (m²) :**	Surface de la zone de décantation
$Ch = \frac{Q}{S}$	**V (m/s) :**	Vitesse de décantation
2 ≤ H ≤ 4m	**H (m) :**	Le tirant d'eau
$\frac{1}{3}$**H ≤ Pp entrée m <** $\frac{2}{3}$**H**	**Pp entrée m :**	Plaque plongeante Zone d'entrée
I ≥ 4%	**Pp sortie cm :**	Plaque plongeante Zone de sortie
V z-boues = 25% V z-déc.	**V z-boues :**	Volume Zone de boues
1m ≤ Le	**V z-déc. :**	Volume Zone de décantation
20 ≤ $\frac{L}{H}$ **≤ 35,0m**	**Le (m) :**	Distance entre la plaque et la paroi du décanteur
3 ≤ $\frac{L}{l}$ **≤ 6 m**	**Dint (mm) :**	Le diamètre intérieur de la conduite de soutirage
Dint > 150mm	**Ts (h) :**	Temps de séjour
	I	La pente du radier

III.3.2.e. Filtres à média

Le filtre média est calculé à partir de l'équation (12).

(12)

$$\mathbf{A_{tot}} = \frac{Q}{v_filtre}$$

$$\mathbf{Af} = \frac{Q}{nombre\ _{de}\ filtres}$$

v_filtre (m/h) :	Vitesse de filtration
A_{tot} (m^2) :	Surface totale
A_f (m^2) :	Surface par filtre
B (m) :	Largeur
L (m) :	Longueur
CU :	Coefficient d'uniformité
Q_{lavage} (m3/h) :	Profondeur de Marche

III.3.2.f. Bassin tampons

Ce bassin sert de zone de désinfection (hypochlorite de sodium résiduel entre 0,2 et 0,5 mg/L) et de réservoir tampon pour les pompes d'irrigation. Un temps de contact tc de 15 minutes est considérer pour le dimensionnement.

III.3.2.g. Filtre à disque

Le filtre de sécurité à disque est placé après la pompe d'aspiration du réseau, afin d'assurer une protection efficace du réseau d'irrigation goutte-à-goutte, le choix de ce filtre c'est porté sur le type SpinKlin du catalogue de Netafim. Ce choix est justifié par la capacité élevée de ces filtres à retenir les particules fines résiduelles, leur robustesse et leur aptitude au fonctionnement en continu avec nettoyage automatique. Pour un débit de conception de 470 m³/h et une eau prétraitée par décantation et filtration sur sable, une finesse de filtration de 130 microns est adoptée, correspondant aux disques de couleur rouge, conformément aux recommandations pour les systèmes d'irrigation localisée.

III.4. Dimensionnement du système d'irrigation

III.4.1. Le choix des émetteurs

Le choix du goutteur doit être effectué de telle sorte que son débit d'application soit inférieur à la capacité d'infiltration du sol, afin d'éviter le ruissellement. Les lignes de goutteurs sont choisies dans le catalogue Netafim V 0.1 2019.

III.4.2. Nombre d'heures à passer par poste d'arrosage pour apporter la dose brute

Une fois que le temps d'application (Ts) basé sur les besoins en eau de la culture est déterminé, il est important de recalculer le nombre de positions (Nsh) afin que le débit disponible suffise à irriguer la totalité de la parcelle. L'équation (13) permet de calculer le nombre d'heures à passer par poste d'arrosage.

(13)

Ts (h) = $\frac{Dg(mm)}{Pemit(\frac{mm}{h})}$

Nsh = $\frac{TWmax\ (hr/d)}{Ts\ (h)}$

Ts (h) : Temps d'irrigation

Nsh : Nombre de position des lignes de goutteurs

TWmax (hr/d) : Temps de fonctionnement maximal journalier

Dg (mm) : La dose brute

$Pemit\left(\frac{mm}{h}\right)$ **:** La pluviométrie des goutteurs

III.4.3. Aménagement du terrain

La superficie totale de l'exploitation est de 100 Ha. La superficie nette du périmètre à irriguer va représenter 90 % de la superficie totale et sera subdivisée en 12 secteurs. L'objectif de ce découpage est de limiter la longueur des rampes latérales pour une meilleure uniformité de la distribution de l'eau. Le calcul des superficies de l'aménagement est fait par l'équation (14).

(14)

$$\text{Anette (ha)} = 90\% \times Abrute\ (ha)$$

$$Ap\ (ha) = \frac{\text{Anette (ha)}}{N}$$

$$\text{Lp (m)} = 5\text{lp (m)}$$

Abrute (ha) : La superficie brute

N : Nombre de subdivision

$Ap\ (ha)$: La superficie parcellaire

Lp (m) : Longueur parcellaire

lp (m) : Largeur parcellaire

III.4.4. Le nombre de positions de ligne de goutteur (latéraux) sur un collecteur

Le nombre de positions de latéraux sur un collecteur est le nombre total de points de branchement où les conduites latérales sont connectées au collecteur. Tous les latéraux ne peuvent pas fonctionner simultanément, sinon le débit de la pompe serait trop élevé, la pression chuterait et la distribution d'eau deviendrait inégale. Le nombre de latéraux fonctionnant simultanément correspond au nombre de latéraux (ou lignes de goutteurs) qui reçoivent l'eau en même temps pendant une phase d'irrigation. Le calcul du nombre de positions des latéraux est fait par l'équation (15).

(15)

$$\text{Npos} = \frac{Lfarm}{Slat}$$

$$\text{Nlat,sim} = \frac{\text{Npos}}{\text{T (d)} \times \text{Nsh}(\frac{\text{nbr}}{\text{d}})}$$

Npos : Le nombre de latéraux sur le collecteur

Nlat,sim : Le nombre de latéraux fonctionnant simultanément

III.4.5. Le nombre d'émetteurs (goutteur) par latérale

Le calcul du nombre d'émetteurs (goutteur) par latérale est fait par l'équation (16).

(16)

$$\text{Nemit/lat} = \frac{Llat}{Semit}$$

Nemit/lat : Le nombre d'émetteurs (goutteur) par latérale

Llat (m) : Longueur des lignes de goutteurs

Semit : Espacement entre émetteur

III.4.6. Le débit par latérale

Le débit des latéraux correspond à la quantité d'eau qui s'écoule dans la latérale par unité de temps. Le débit des lignes de goutteurs est déterminé par l'équation (17).

(17)

$$\textbf{Qlat} = \frac{qemit\left(\frac{l}{h}\right) \times Nemit/lat}{3600}$$

$$\textbf{Qsyst} = \textbf{Nlat,sim} \times \textbf{Qlat l/ s}$$

Qlat (l /s) : Le débit par latérale

Qsyst (l/s) : Le débit du système

III.4.7. Dimensionnement des conduites du système

III.4.7.a. Les latéraux

Les latéraux ou lignes de goutteurs sont les conduites sur lesquelles les goutteurs (émetteurs) sont fixés. Le dimensionnement des latéraux consiste à déterminer leurs diamètres, la perte de charge et la variation totale de la pression.

(18)

$$\textbf{D(mm)} = \sqrt{\frac{\text{Q(m3/h)}}{\text{V m/s}}} \times 18.811$$

$$\textbf{}\Delta\textbf{Hsimple (m/m)} = a \times \frac{(\text{Q (m3/h)})^N}{(Dm)^M}$$

$$\textbf{}\Delta\textbf{Hlat (m)} = \Delta\text{Hsimple} \times F \times L_{lat}$$

$$\Delta\textbf{P}_{\textbf{rampe}}\text{(m)} = \Delta\text{Hlat} - (E_{amont} - E_{aval})$$

D(mm) : Diamètre théorique

V (m/s) : La vitesse (V≤ 1.7 m/s car les conduites sont en plastique)

ΔH simple (m/m) : Perte de charge linéaire par unité de longueur sur la latérale

a, N et M : Coefficients de values Calmon & Lechap

ΔHlat (m) : Perte de charge sur la latérale

L_{lat} (m): Longueur de la latérale

F : Facteur de correction fonction du nombre de points de sortie d'eau

ΔP_{rampe}(m): La variation totale pression ≤ ΔHallow (m)

E_{amont}(m)et E_{aval}(m) : La côte amont et aval de la latérale

III.4.7.b. Les collecteurs (manifolds), les conduites secondaires (mains) et la conduite principale

Les collecteurs alimentent plusieurs latéraux simultanément, avec une distribution progressive du débit le long du parcours. Ils sont alimentés par les mains pipes. Les conduites secondaires sont-elles mêmes alimentées par la conduite principale.

Le dimensionnement des mains pipes et celui de la conduite principale respectent la même procédure que celui des latéraux. Le calcul se poursuit de l'aval vers l'amont, en direction de la conduite principale.

La sélection des collecteurs/manifolds, des mains pipes et du canal principale est faite dans le catalogue de la SOTICI (Documentation technique des tubes PVC pression).

III.4.7.c. Vérification de la règle de Christiansen

La variation de pression à l'intérieur d'une unité hydraulique doit respecter le critère de Christiansen qui garantit un haut degré d'uniformité au sein de l'unité. Pour assurer cette uniformité, les pertes de charge dans les conduites ne doivent généralement pas dépasser 20 % de la pression de service des émetteurs, ce qui permet de calculer correctement les pertes de charge par frottement.

ΔH allow = 20% Pav

III.4.7.d. La hauteur manométrique totale

La hauteur manométrique totale (HMT) permet de choisir la pompe. Elle se détermine en tenant comptes : toutes les pertes de charges du système, la hauteur géométrique, la pression nominale et les pertes de charges des filtres et injection. La hauteur manométrique totale est déterminée par l'équation (19).

(19)

$$\mathbf{HMT} = \mathbf{Htotale(m) + \Delta Hgeom(m) + \Delta Hpièces(m) + \Delta Hfiltres,injecteurs\ (m)}$$

$$\mathbf{Htotale} = \sum \mathrm{Pm} + \Delta\mathrm{Hlatérale} + \Delta\mathrm{Hcollecteur} + \Delta\mathrm{Hmain} + \Delta\mathrm{H\ transport} + \Delta\mathrm{H\ aspiration}$$

ΔHtransport =	ΔHpièces × Lpipe	**ΔHtransport (m) :**	Perte de charge de la conduite d'amener d'eau depuis la source
ΔH suction =	$\frac{V^2(m/s^2)}{2g(m/s^2)}$	**ΔH suction :**	Perte de charge à l'aspiration V≤ 3.3 m/s.
ΔHgeom =	Zmax (m) - Zwater (m)	**ΔHgeom (m) :**	La différence entre la côte maximale du terrain et la côte de

			la surface de l'eau
ΔHpièces =	0.10 × Htotal (m)	**ΔHpièces (m) :**	Perte de charge due à la singularité
ΔHfiltres,inject. =	5 à 7 (m)	**ΔHfiltres,inj. (m) :**	Perte de charge due aux filtres et aux injecteurs

III.4.7.e. Sélection de la pompe

La pompe est sélectionnée dans le Catalogue d'irrigation GRUNDFOS 2025 Pompes

Les caractéristiques de la pompe sont données par le fabricant. Cependant les formules pour déterminer la puissance requis est donnée par l'équation (20).

(20)

$$\textbf{P (kW)} = \frac{Q(m3/h) \times \mathrm{TDH(m)}}{360 \times \mathrm{e1} \times \mathrm{e2}}$$

$$\textbf{P (HP)} = \frac{Q(m3/h) \times \mathrm{TDH(m)}}{273 \times \mathrm{e1} \times \mathrm{e2}}$$

P (kW/HP) :	La puissance requis pour la pompe
Q(m3/h) :	Débit totale
e1 :	0,5 - 0,8 efficience de la pompe
e2 :	0,7- 0,9 efficience du moteur

III.5. Outils de collecte et de traitement des données

Le matériel utilisé pour l'atteinte de nos objectifs est diversifié en fonction des opérations menées :

- ✓ Un GPS pour la localisation des parcelles ;
- ✓ Un appareil photo pour les illustrations ;
- ✓ Les logiciels Google Earth, QGIS, AutoCAD pour la réalisation des cartes et plan d'étude ;
- ✓ Le pack Microsoft Office (Word et Excel) et le logiciel RStudio pour le traitement des données et la rédaction du mémoire.
- ✓ Des Kits de prélèvement d'eau pour analyse en laboratoire ;
- ✓ Un ensemble d'appareils permettant de déterminer les paramètres de qualité de l'eau brute pour notre étude notamment : le Spectrophotomètre HACH DR 2500, l'inoLab WTW, un turbidimètre.

IV. ETUDE DE FAISABILITE TECHNIQUE

IV.1. Besoins en eau pour l'irrigation

Le tableau III présente l'ensemble des résultats de l'évaluation de la demande en eau.

Tableau III: Résultats de l'évaluation des besoins en eau

Paramètres	**Valeurs**	**Paramètres**	**Valeurs**
Evapotranspiration de référence ET_0 mm/j	5	Conductivité maximale du sol à saturation max ECe dS/m	19
Le coefficient de culture de pointe Kc	1,2	Conductivité électrique de l'eau pour l'irrigation ECw dS/m	0,080
Évapotranspiration maximale ETM mm/j	6	Besoin de lessivage dans la zone racinaire LRt	0,02
Facteur de réduction kr	0,9	Besoin de lessivage LR	0,013
L'évapotranspiration ETM localisée ETM loc mm/j	5,4	Profondeur racinaire D r m	1,5
Apport en eau provenant d'une autre source (R + Pe) mm/j	0	Réserve utile AM/RU mm/ m	76
Besoin net journalier maximum de pointe IRn mm/j	5,4	Facteur de tarissement P	0,5
Coefficient d'uniformité d'application EU	0,9	La réserve facilement utilisable Dp/ RFU/RAM mm	38
Conductivité hydraulique à saturation Ks	1	Efficacité d'application au champ Ea %	0,9
Besoin brut maximum de pointe IRg mm/j	**6,01**		

On constate un besoin brut maximum de pointe est de **6,01 m/j**.

IV.2. Paramètres de gestion de l'irrigation

Le tableau IV présente l'ensemble des résultats des paramètres de gestion de l'irrigation.

Tableau IV : P*aramètres de gestion de l'irrigation*

Paramètres	Valeurs
La fréquence d'irrigation F j	7,03
Le tour d'eau T j	6
Dose réelle Da mm	32,4
Facteur de tarissement réel Pa	0,43
Dose brut Dg mm	36,08
Le nombre maximum d'heures d'arrosage par jour TWmax h/j	21
Le débit d'équipement qe (l/s/ha)	0,80
Type de sol	Argilo-limoneux

IV.3. Résultat de l'évaluation de la qualité de l'eau

Le tableau V est un résumé statistique des données afin de décrire la distribution des valeurs mesurées pour chaque paramètre physico-chimique.

Tableau V: Résultats de l'évaluation de la qualité de l'eau

Paramètre		**1er Quartile**	**Médiane**	**Moyenne**	**3e Quartile**	**Max**
Turbidité	NTU	20,00	26,75	30,51	40,00	80,00
Conductivité		69,30	78,00	80,29	89,72	129,00
pH		6,37	6,60	6,57	6,84	9,00
Température	°C	27,30	28,50	27,81	29,20	33,80
CaCO3	mg/L	33,25	47,00	42,31	55,00	62,00
HCO3	mg/L	39,04	43,82	43,95	48,80	59,78
Chlore	mg/L	1,00	2,00	2,51	2,00	28,80
Sulfate	mg/L	0,0	0,0	1,6	1,0	42,0
Phosphate	mg/L	1,90	2,00	3,16	2,30	27,30
Fer ferreux	mg/L	0,00	$20{,}00.10^{-3}$	$72{,}97.10^{-3}$	$62{,}00.10^{-3}$	1,04
Fer	mg/L	0,40	0,70	$81{,}52.10^{-3}$	1,15	2,65
Manganèse	mg/L	$30{,}00.10^{-3}$	$71{,}00.10^{-3}$	$36{,}83.10^{-2}$	$13{,}40.10^{-2}$	18,20
TSS	mg/L	40,5	62	63	85	108
COD (DCO)	mg/L	30,1	34,1	302,4	440,6	847
TDS	mg/L	328	364	341	365,5	367

Ca	mg/L	$85{,}68.10^{-1}$	$85{,}68.10^{-1}$	$88{,}54.10^{-1}$	$89{,}96.10^{-1}$	$94{,}25.10^{-1}$
SAR	-	$23{,}27.10^{-3}$	$23{,}82.10^{-3}$	$23{,}45.10^{-3}$	$23{,}82.10^{-3}$	$23{,}82.10^{-3}$

IV.3.1.a. Le pourcentage de conformité par paramètre

Une comparaison des paramètres avec la norme a permis d'évaluer le taux de conformité des chaque paramètre, ainsi l'analyse globale de la qualité de l'eau montre une conformité moyenne de 86,5 % pour l'ensemble des paramètres étudiés.

Un traitement léger et une surveillance régulière sont donc nécessaires pour garantir la performance du système d'irrigation.

Les paramètres nécessitant une attention particulière et leurs pourcentages de conformité sont :

- Fer : conformité de 20,23 %
- Manganèse : conformité de 79,76 %
- pH : conformité de 91,66 %
- TSS : conformité de 33,33 %
- COD : conformité de 66,66 %

Globalement, la qualité de l'eau varie selon les mois, avec une pollution maximale observée au mois d'août, ce qui souligne la nécessité d'une gestion saisonnière adaptée pour maintenir l'efficacité et la durabilité du réseau d'irrigation goutte-à-goutte. Le tableau VI montre le taux de conformité de chaque paramètre et la figure les scores de pollution par mois.

Tableau VI : "

Paramètres	**Conformités (%)**
Conductivité	100
pH	91,66
Carbonate de calcium $caCO_3$	100
Bicarbonate HCO3	100
Chlorure Cl^-	100
Sulfate $SO4^{2-}$	100
Fer fe^{2+}	20,23

Manganese Mg	79,76
Matières solides totales TSS	33,33
Demande chimique en oxygène COD	66,66
Matières solides dissoutes totales TDS	100
Calcium Ca^{2+}	100
Rapport d'adsorption du sodium SAR	100

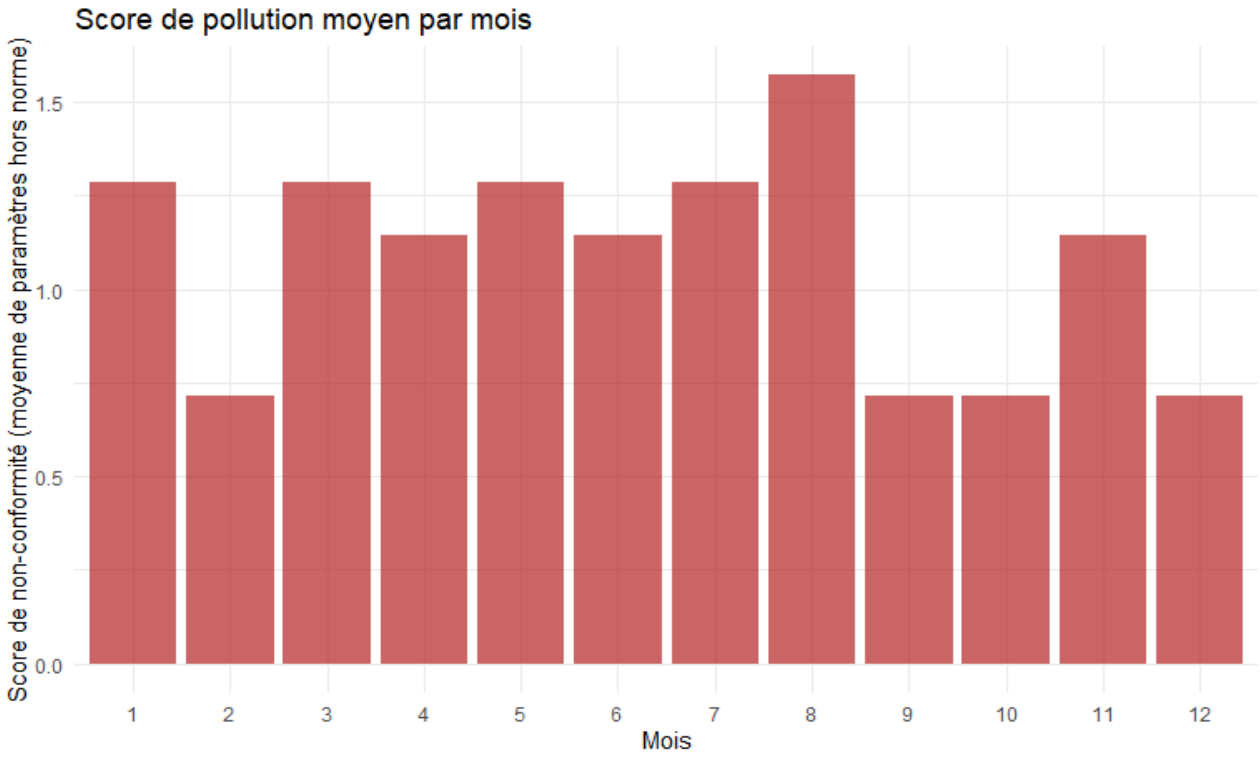


Figure 13: score de pollution moyen mensuel

IV.3.1.b. Fer

Le Fer s'oxyde (rouille) et précipitent. Il sert également de nourriture à certaines bactéries (Ferrobactéries) qui forment des boues susceptibles de créer des colmatages. C'est un indicateur de pollution industrielle et/ou atmosphérique. La teneur en fer (Fe) dépasse la valeur limite recommandée de 0,3 mg/L durant la période d'étude.

Les valeurs extrêmes sont de 0,00 mg/L et 2,65 mg/L, révélant un taux relativement élevé de fer dissous. Cela peut engendrer des problèmes de colmatage au niveau des filtres et des goutteurs, surtout en présence d'oxygène favorisant la précipitation du fer en oxyde de fer.

La figure 14 présente la courbe d'évolution du fer.

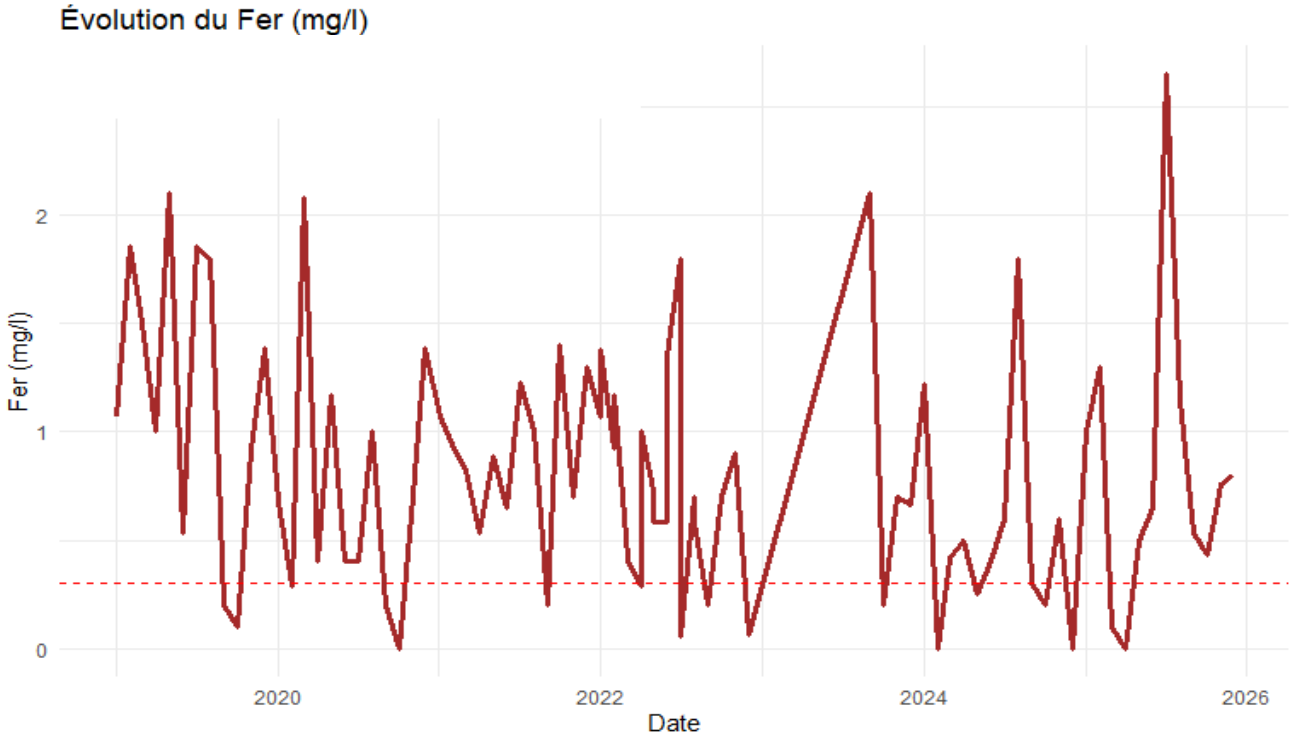


Figure 14: La courbe d'évolution du fer

IV.3.1.c. Manganèse

Le Manganèse s'oxyde en présence d'oxygène et précipitent sous forme d'oxydes de manganèse MnO2 qui forment des boues susceptibles de créer des colmatages. Le manganèse tout comme le fer est un indicateur de pollution industrielle et/ou atmosphérique.

Le manganèse (Mn) de l'eau dépasse la valeur limite recommandée de 0,2 mg/L. Les valeurs observées varient entre 0,0 mg/L et 18,2 mg/L, indiquant un taux relativement élevé. Cela représente un risque pour le bon fonctionnement du système d'irrigation. La figure 15 présente la courbe d'évolution du manganèse.

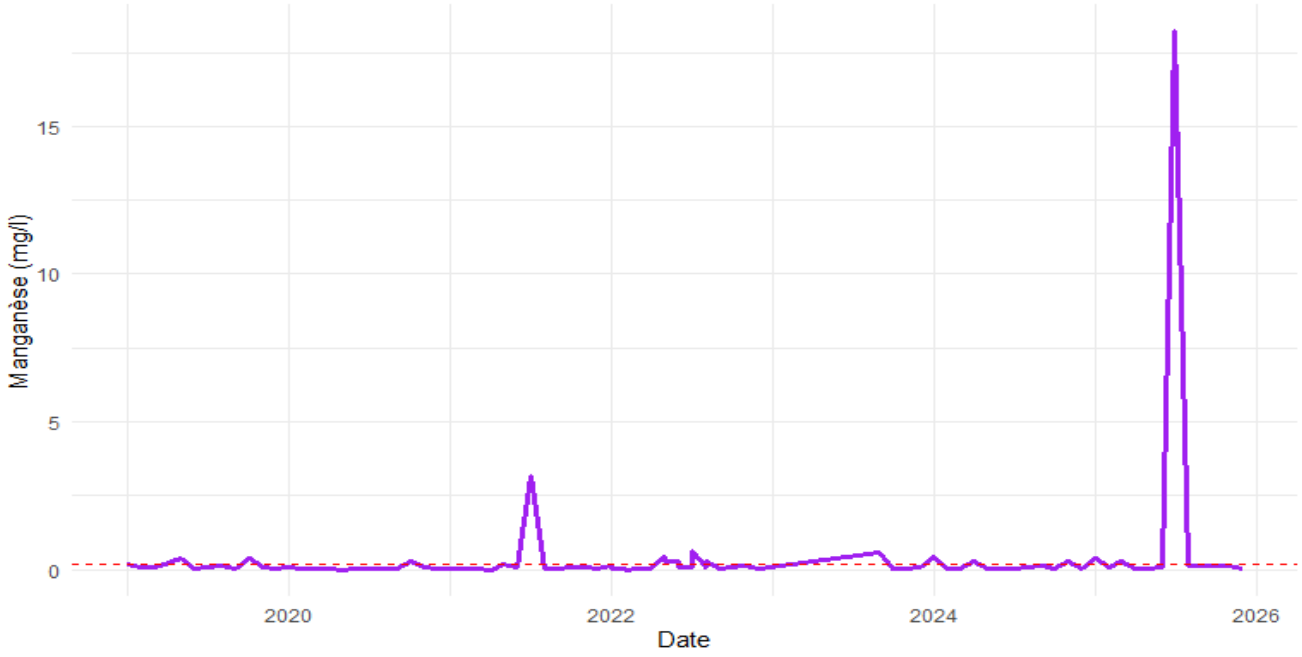


Figure 15: La courbe d'évolution du manganèse

IV.3.1.d. Le pH

Le pH de l'eau est un paramètre essentiel qui influe sur la stabilité chimique des éléments dissous. Il détermine si les composés tels que le carbonate de calcium ($CaCO_3$) ou le fer (fe) restent soluble ou précipitent sous forme de dépôts solides. Un pH trop bas rend l'eau corrosive, ce qui peut endommager les conduites, raccords et émetteurs. À l'inverse, un pH trop élevé favorise l. a. précipitation des sels (notamment du calcium et du fer), entraînant ainsi des risques de colmatage dans le système d'irrigation goutte à goutte. La figure 16 présente la courbe d'évolution du pH.



Figure 16: La courbe d'évolution du pH

IV.3.1.e. Les TSS

Les particules solides (argile, limon, débris organiques) non filtrées s'accumulent dans les petits orifices des goutteurs. Le bouchage est immédiat, entraînant un stress hydrique sévère. Les solides en suspension totaux (TSS) ont présenté une tendance croissante entre mars et juillet 2025, et dépassent le seuil de non-déplacement.

Les valeurs mesurées varient de 19 mg/L à 108 mg/L, ce qui constitue un risque important de colmatage des filtres et des goutteurs. La figure 17 présente la courbe d'évolution des TSS.

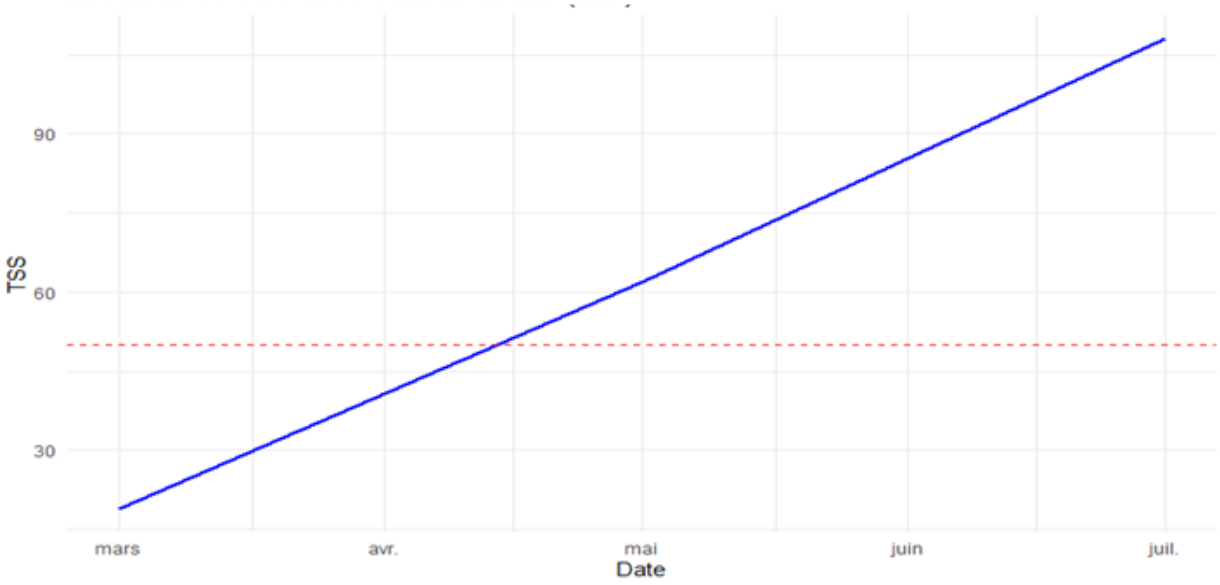


Figure 17: La courbe d'évolution des TSS

IV.3.1.f. Le DCO

Le DCO mesure la quantité de matières organiques oxydables dans l'eau, ce qui est un indicateur du risque de croissance biologique et de colmatage organique dans le système.

La demande chimique en oxygène (COD) a été largement supérieure à la norme au mois de mars 2025, puis chute en dessous de la norme en mai et reste stable jusqu'en juillet.

Entre mars et juillet 2025, les valeurs sont comprises entre 26,1 mg/L et 847 mg/L, ce qui constitue un risque pour l'intégrité du système d'irrigation, car un COD élevé peut favoriser le développement microbien et l'encrassement. La figure 18 présente la courbe d'évolution du DCO

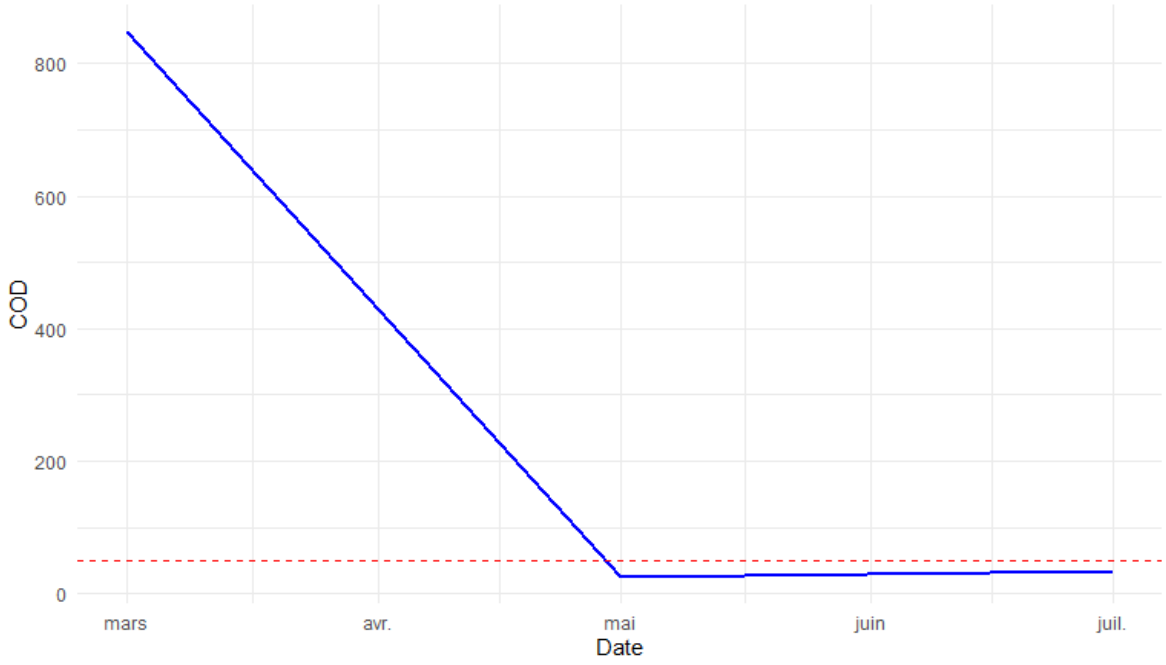


Figure 18: La courbe d'évolution du DCO

IV.4. Station de traitement

IV.4.1.a. Conduite d'adduction de l'eau vers la station de traitement goutte-à-goutte

La conduite qui assure le transport de l'eau brute vers la station de traitement est une conduite en PVC PN 10 de diamètre DN 315, épaisseur 15 mm préexistante. Son diamètre ne permettant

pas de satisfaire le débit d'eau requis à la station de traitement, une conduite supplémentaire d'amené d'eau doit être raccordée à la station de traitement ; le débit supplémentaire à apporter est de 250,35 m^3/h

Le dimensionnement d'une conduite supplémentaire captant l'eau depuis la station C1, s'est fait avec les cinq formules énumérées. Le tableau VII présente les caractéristiques de la conduite de refoulement.

Tableau VII : Caractéristiques de la conduite de refoulement

Paramètres	**Valeurs**
Nature de la conduite	**PVC**
Débit Q (m^3/s)	**0,070**
Diamètre nominal/intérieur D (mm)	**355/346,3**
Vitesse V (m/s) $^{-3}$	0,789
Longueur L (m)	**173,46**
Pression Nominal PN (bar)	**6**

IV.4.1.b. Choix de la pompe de la station C1

La pompe de refoulement choisie est une pompe centrifuge, multicellulaire, verticale avec orifices d'aspiration et de refoulement au même niveau (*inline*). Les matériaux de la pompe en contact avec le liquide sont en acier fin inoxydable. La garniture mécanique à cartouche Grundfos assure une grande fiabilité, une manipulation sécurisée ainsi qu'une maintenance et un accès faciles. La transmission de puissance est effectuée par un accouplement. Le raccordement à la tuyauterie est effectué par des brides DIN capable de délivrer un débit nominal de 250,34 m³/h sous une hauteur de 3mCE.

Ce modèle, issu de la gamme CRNE 155-1-1 A-F-A-E-HQQE (Grundfos 50 Hz Data Booklet), inclut parfaitement le point de fonctionnement requis.

La puissance nominale du moteur est 15,72 kW. Les brides DN150/DN150 et la conception verticale en font une solution robuste pour le refoulement de l'eau brute vers la station de traitement. Le tableau VIII présente les caractéristiques de la pompe et la figure 19 son illustration.

Tableau VIII : Caractéristiques de la pompe

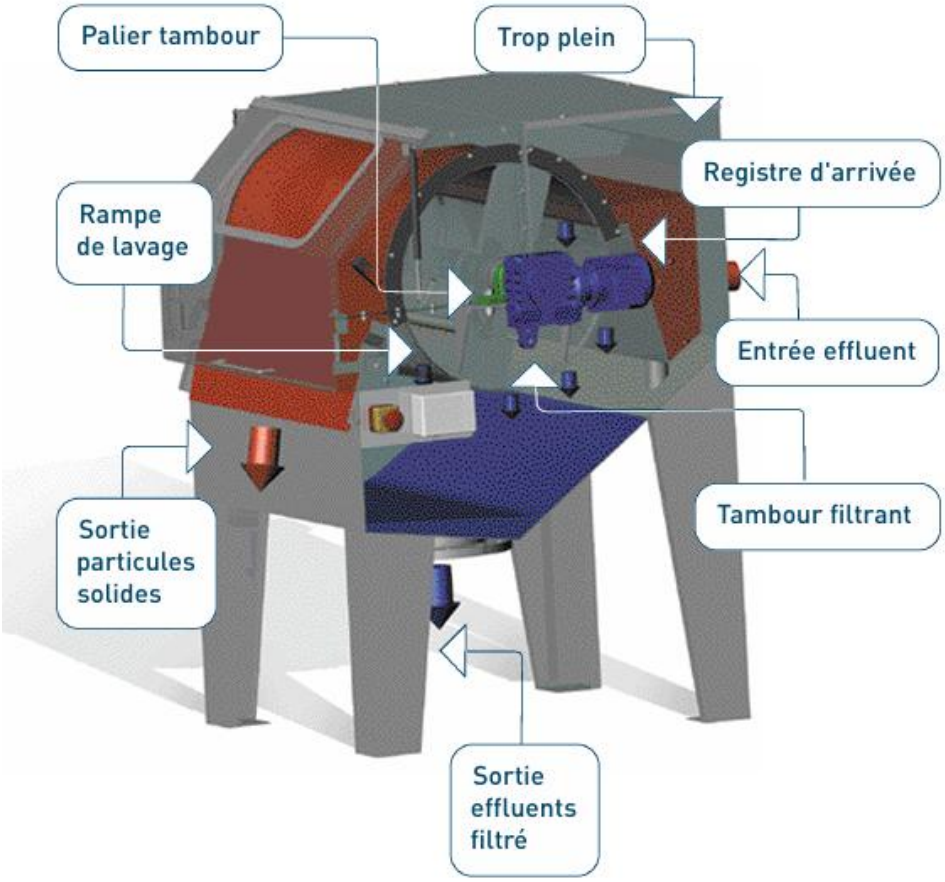
Paramètres calculées		**Paramètres retenus dans le catalogue**	
Modèle choisi : Grundfos CRNE 155-1-1 A-F-A-E-HQQE			
Débit **m³/h**	250,34	**Débit m³/h**	**250,7**
HMT m	3	HMT m	**3**
		P kW	**15,72**
		Pa KW	**6**
		Rendement	**75,4 %**



Figure 19: Pompe de refoulement vers la station de traitement

IV.4.1.c. Tamisage fin

Le prétraitement est assuré par un tamis rotatif INOFILTER de type SRA 150, adapté aux débits élevés et aux eaux faiblement chargées. Ce modèle, dont la capacité atteint 500 m³/h, couvre largement le débit du projet (470 m³/h). Il est équipé d'un tambour en inox 304 de 630 mm de diamètre et 345 mm de largeur, avec un seuil de filtration réglable entre 300 et 2000 µm, ainsi qu'un système de nettoyage interne par rampe de lavage et un racleur à ressorts pour l'extraction des refus. Toutes ces caractéristiques sont confirmées dans le catalogue INOFILTER SRA (fissures inox, tambour Ø630 mm, largeurs 500–2500 mm, filtration 300–2000 µm, débit 15 à 500 m³/h). Le schéma du tamis est donner la figure 20.



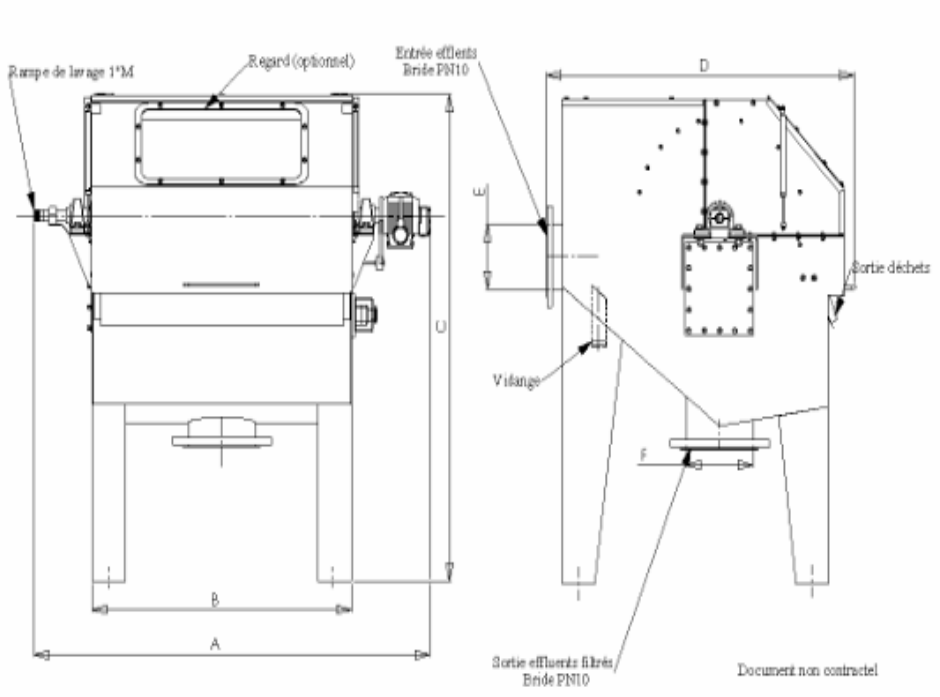


Figure 20: Tamis Inofer Groupe DEVOS choisi

IV.4.1.d. Aération en cascade

L'aération de l'eau est assurée par un aérateur en cascade dont les caractéristiques sont données dans le tableau IX et sa coupe dans la figure 21.

Tableau IX : Dimension de l'aérateur en cascade

Paramètres	Valeurs
Q m3/s	**0,131**
L m	**4,1**
K	**0,33**
Hauteur totale H (m)	**2,25**
Hauteur marches h (m)	**0,30**
Nombre de marches N	**5**
Hauteur de marche P (m)	**0,6**

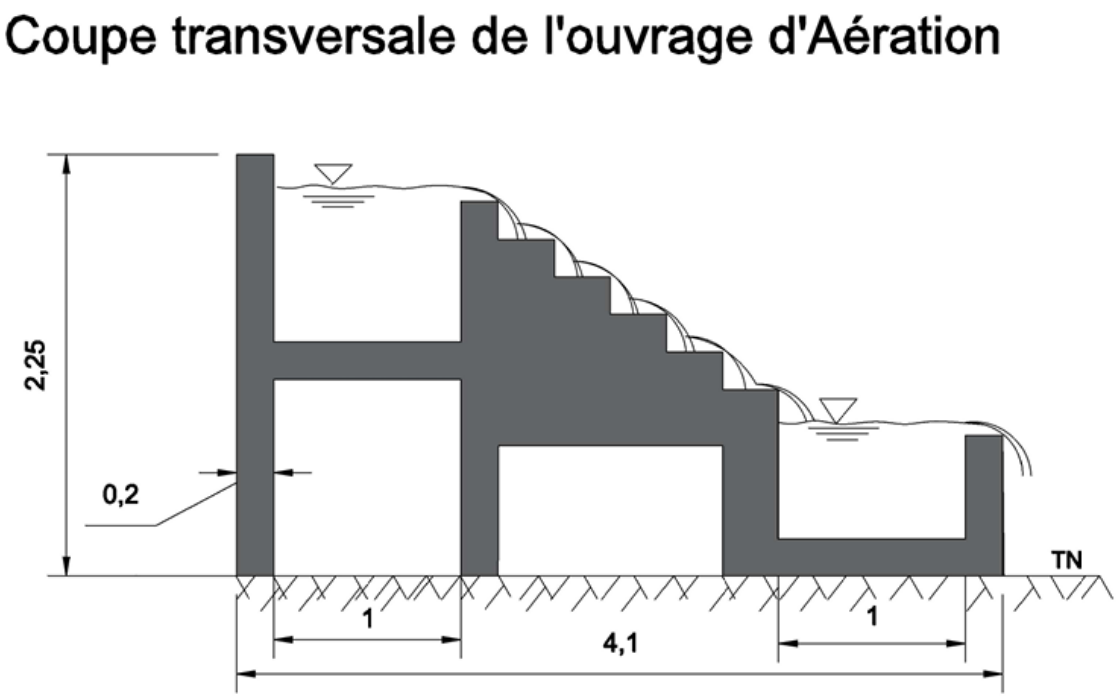


Figure 21:Coupe transversale de l'ouvrage d'aération

IV.4.1.e. Bassin d'oxydation

Le Bassin d'oxydation sert de zone de contacts entre l'eau et l'oxydant, ces caractéristiques sont données dans le tableau X.

Tableau X : Caractéristiques de l'ouvrage d'Oxydation

Paramètres	**Valeurs**
Débit Q m3/s	**0,131**
Longueur L' m	**6,3**
Largeur l'm	**2,75**
Distance inter-chicane d m	**0,61**
Hauteur d'eau h eau m	**0,5**
Hauteur du mur de chicane h mur des chicanes m	**0,75**
Temps de séjour t min	**21**
Vitesse V m/s	**0,3**
Nombre de chicane n	**2**
Epaisseur des murs e m	**0,20**
Pente globale de l'ouvrage	**5%**

IV.4.1.f. Bassin de décantation statique

Le Bassin de décantation comme son nom l'indique permet la décantation des particules solides ces caractéristiques sont données dans le tableau XI.

Tableau XI: Caractéristiques du décanteur

Paramètres		**Valeurs**
Débit m3/s	Q m3/s	**0,131**
Temps de séjour h	Ts (h) :	**3**
Volume total du décanteur m3	VT	**987**
Volume de la zone de décantation m3	Vd	**740,25**
Volume Zone de boues m3	Vb m3	**246,75**
Le tirant d'eau m	he m	**3**
Franc-bord m	f (m)	**0,5**
H totale m	H m	**3,5**
Hauteur de la zone de décantation m	Hd m	**2,75**
Hauteur de la zone de boues m	Hb m	**0,75**
Surface de la zone de décantation m2	S (m2)	**270**
Longueur de la zone de décantation m	Ld m	**30**
Largeur de la zone de décantation m	ld m	**9**
Plaque plongeante Zone d'entrée m	Pp entrée m :	**1,5**
Plaque plongeante Zone de sortie m	Pp sortie cm :	**25**
Le diamètre intérieur de la conduite de soutirage mm	Dint (mm) :	**200**
La pente du radier	I	**5%**
Distance entre la plaque et la paroi du décanteur	Le (m)	**1**

IV.4.1.g. Filtres à média

La filtration est assurée par une batterie de trois filtres média rapides à gravité bi-couche (anthracite + sable). La surface totale nécessaire est d'environ 50 m², soit 4 filtres rectangulaires de 3,5 m × 4,0 m (14 m² chacun). En cas de lavage d'un filtre, les 4 filtres restants peuvent traiter le débit à une vitesse d'environ 12 m/h, inférieure aux valeurs maximales admises pour la seule clarification et l'élimination des métaux (jusqu'à 15-20 m/h)

Chaque filtre est équipé d'un lit filtrant bi-média composé de 0,50 m d'anthracite (d = 1,0-1,5 mm) surmontant 0,40 m de sable siliceux (d1 = 0,6-0,8 mm), reposant sur 0,30 m de graviers étagés, soit une hauteur totale de média d'environ 1,2 m, conformément aux recommandations usuelles pour les filtres à gravité à double média. Les caractéristiques du filtre sont données

dans le tableau XII et la figure 22 est une illustration du filtre.

Tableau XII: Caractéristiques du filtre

Paramètres	**Valeurs**
Vitesss de filtration v_filtre (m/h)	**8**
Surface totale A tot (m^2)	**41**
Surface de la zone de filtration Af m^2	**13,7**
Largeur du filtre B m	**3,5**
Longueur du filtre L m	**4**
Débit de lavage (eau) Q_{lavage} m^3/h	**420**
Hauteur anthracite m	**0,5**
Taille effective anthracite mm	**1,0–1,5**
Coefficient d'uniformité anthracite	**CU ≤ 1,5**
Hauteur sable siliceux m	**0,4**
Taille effective sable siliceux mm	**0,6-0,8**
Coefficient d'uniformité sable siliceux	**CU ≤ 1,7**
Hauteur couche de soutènement en graviers m	**0,3**
Graviers étagés mm	**5 - 10**
Profondeur totale de cuve m	**2.5**
Vitesse de lavage m/h	**30**



Figure 22: Illustration du filtre média

IV.4.1.h. Bassin de tampon

Ce bassin sert de zone de désinfection (hypochlorite de sodium résiduel entre 0,2 et 0,5 mg/L) et de réservoir tampon pour les pompes d'irrigation. Les caractéristiques du bassin tampon sont données dans le tableau XIII.

Tableau XIII : Caractéristiques du bassin tampon

Paramètres	**Valeurs**
Temps de séjour T minutes	**15**
Volume V m^3	**180**
Hauteur H m	**3**
Surface S m^2	**60**
Longueur L m	**10**
Largeur B m	**6**

IV.4.1.i. Filtre à disque

Le choix du filtre s'est porté sur le type SpinKlin du catalogue de Netafim. Ce choix est justifié par la capacité élevée de ces filtres à retenir les particules fines résiduelles, leur robustesse et leur aptitude au fonctionnement en continu avec nettoyage automatique. Pour un débit de conception de 470 m^3/h et une eau prétraitée par décantation et filtration sur sable, une finesse de filtration de 130 microns est adoptée, correspondant aux disques de couleur rouge, conformément aux recommandations pour les systèmes d'irrigation localisée. Selon les données techniques du fabricant, une batterie de 5 unités permet de traiter jusqu'à 470 m^3/h en conditions normales de qualité d'eau, ce qui couvre largement le débit requis tout en conservant une marge de sécurité.

Le système fonctionne sous une pression maximale admissible de 10 bars, avec une pression minimale de contre-lavage de 1,5 bar. Le nettoyage automatique par contre-lavage assure le maintien des performances hydrauliques et limite les pertes de charge, garantissant ainsi une alimentation fiable et durable du réseau d'irrigation. La figure 20 est une illustration du filtre à disque.



Figure 23 : Filtre à disque.

IV.5. Résultats du dimensionnement du système d'irrigation

IV.5.1.a. Le choix des lignes de goutteurs

Le choix s'est porté sur le goutteur DRIPNET PC™ AS 150 TWD de la Famille 110 No16150, sélectionné dans le catalogue Netafim V 0.1 2019.

Il possède :

■ Pression compensée : Les quantités précises et uniformes d'eau sont livrées sur une large plage de pression. 100% d'uniformité de distribution de l'eau et des nutriments tout au long du réseau d'irrigation.

■ Mécanisme Anti-Siphon : bloque l'aspiration des impuretés extérieures à l'arrêt de l'irrigation.

■ Auto-nettoyage continu : goutteur auto-nettoyant avec une large surface de filtration permettant d'améliorer la résistance au colmatage. Durant toute l'opération d'irrigation (pas seulement au début et à la fin du cycle), les débris sont éjectés par les goutteurs, ce qui assure un fonctionnement sans interruption.

■ L'eau est prélevée au centre du flux, ce qui limite l'entrée des sédiments dans les chicanes des goutteurs.

■ Barrière anti-racine physique : Meilleure protection contre l'intrusion des racines sans

utilisation de produits chimiques.

■ Le double labyrinthe TurboNet™ assure une large et profonde section de passage d'eau, permettant d'augmenter la résistance au colmatage. Plus larges passages d'eau dans le goutteur. Les goutteurs "soudés" à une ligne de goutte-à-goutte à paroi épaisse (1 à 1.2 mm).



Figure 24: Goutteur UNIRAM™ AS 20012

Le tableau XIV présente les caractéristiques des lignes de goutteurs

Tableau XIV : Caractéristiques des lignes de goutteurs

Paramètres	**Valeurs**	**Unité**
Espacement entre les émetteurs	**30**	**cm**
Espacement entre les rampes	**1,5**	**m**
Type de sol	**Argilo-limoneux**	
Infiltration du sol	**7-15**	**mm/h**
	0,25-0,59	In/h
	70 000-750 000	**l/h**
Débit du goutteur	**2,3**	**l/h**
Pluviométrie	**5,11**	**mm/h**
Pression	**2,2**	**Bar**
Diamètres intérieur	**17,5**	mm
Longueur des bobines	**300**	**m**

IV.5.1.b. Aménagement du terrain

La superficie totale de l'exploitation est de 100 Ha. La superficie nette du périmètre à irriguer va représenter 90 % de la superficie totale et sera subdivisée en 30 secteurs. Le tableau XV présente les données sur l'aménagement du site.

Tableau XV : Données sur l'aménagement du site

Paramètres	**Valeurs**
La superficie brute Abrute (ha)	**100**
Nombre de subdivision N	**30**
La superficie parcellaire A*p* (*ha*)	**3,03**
Longueur parcellaire Lp (m) :	**216**
Largeur parcellaire lp (m) :	**140**

IV.5.1.c. Organisation de l'arrosage

Le nombre d'heures par poste d'arrosages est de 6 heures. Le nombre de position est de 3, avec 7 lignes de goutteurs. Le tableau XVI présente les données sur l'organisation de l'arrosage.

Tableau XVI: Données sur l'organisation de l'arrosage

Paramètres	**Valeurs**	**Unité**
Le nombre d'heures à passer par poste d'arrosage pour apporter la dose brute **Ts**	**6**	**mm/h**
Le nombre de position Nsh	**3**	
Le nombre de latéraux sur le collecteur **Npos**	**144**	
Le nombre de latéraux fonctionnant simultanément **Nlat,sim**	**7**	
Espacement entre émetteur **Semit**	**0,3**	**m**
Le nombre d'émetteurs (goutteur) par latérale **Nemit/lat**	**234**	
Le débit par latérale Qlat	**0,54**	**m^3/h**

IV.5.1.d. Dimensionnement des conduites du système

Le réseau est constitué de quatre types de conduites notamment la conduite principale (main), les conduites secondaires (submains), les portes rampes ou collecteurs (manifold) et les lignes de goutteurs (rampes). Les tableaux XVII à XX présentent les caractéristiques de chaque conduite respectivement.

Tableau XVII: Données des lignes de goutteurs

Paramètres	**Valeurs**	**Unité**
Les lignes de goutteurs (rampes)		
Le débit par lignes de goutteurs **Qramp**	**0,54**	**m^3/h**
La vitesse des conduites plastiques	1,7	**m/s**
Diamètre théorique Dth	10,58	**mm**
Diamètre choisit Dramp.	**17,5**	**mm**
Perte de charge par mètre linéaire ΔHsimple	**0,064**	**m/m**
Facteur de correction F	0,333	
Longueur lignes de goutteurs **$L_{ramp.}$**	70	m
Perte de charge le long de la ligne de goutteurs ΔHramp.	**1,5**	m
Côte aval de la rampe **E_{amont}**	**338**	m
Côte amont de la rampe **E_{aval}**	**340**	m
Pression nominale des émetteurs Pnom	**3**	bar
Perte de charge admissible ΔH_{allow}	6	mCE
Perte de charge totale sur la rampe **ΔP**	**3,5**	mCE

Tableau XVIII: Données du collecteur

Paramètres	**Valeurs**	**Unité**
Les manifolds / collecteurs		
Le débit	7,53	m^3/h
La vitesse des conduites plastiques pvc	1,7	m/s
Diamètre théorique Dth	39,60	mm
Diamètre choisit Dmanifold	47,6	mm
PN	10	Bar
Epaisseur	2,4	mm
Perte de charge par mètre linéaire ΔHsimple	0,053	m/m
Facteur de correction F	0,333	
Longueur Lmanifold	220	m
Perte de charge le long du manifoldΔHlat	3,90	m
Côte aval de la rampe E_{amont}	337,5	m

Côte amont de la rampe E_{aval}	330	m
Perte de charge admissible ΔH_{allow}	6	mCE
Perte de charge totale sur la rampe ΔP	-3,60	mCE

Tableau XIX: Données des conduites secondaires

Paramètres	**Valeurs**	**Unité**
Les mains / conduites secondaires		
Le débit	226,044	m^3/h
La vitesse des conduites plastiques PVC	1,7	m/s
Diamètre théorique Dth	216,91	mm
Diamètre choisit Dmain	238,1	mm
PN	11.9	
Epaisseur	10	
Perte de charge par mètre linéaire ΔHsimple	0,0073	m/m
Facteur de correction F	0,535	
Longueur Lmain	374	m
Perte de charge le long du main ΔHmain	5,88	m
Côte aval de la rampe E_{amont}	314,132	m
Côte amont de la rampe E_{aval}	343	m
Perte de charge totale sur la rampe ΔP	34,75	m

Tableau XX : Données de la conduite principale

Paramètres	**Valeurs**	**Unité**
La conduite principale / supply line		
Le débit	452,088	m^3/h
La vitesse des conduites plastiques	1,7	m/s
Diamètre théorique Dth	233,33	mm
Diamètre choisit Dmain	341,4	mm
PN	10	Bar
Epaisseur	13,6	mm
Perte de charge par mètre linéaire ΔHsimple	0,00021	m/m
Facteur de correction F	0,402	

Longueur de la conduite principale	442,6	m
Perte de charge le long du main ΔHlat	0,71	m
Côte aval de la rampe E_{amont}	309,152	m
Côte amont de la rampe E_{aval}	313,132	m
Perte de charge totale sur la rampe ΔP	43,87	m

IV.5.1.e. Choix de la pompe

Deux pompes multicellulaires GRUNDFOS CR 215-5 ont été retenues pour fournir un débit de 443 m³/h sous une HMT de 150 m avec un rendement supérieur à 83%. Chaque pompe a un refoule un débit de 221,5 m3/h avec une HMT de 150 m ; elles sont placées en parallèle. La puissance hydraulique utile (109 kW) conduit à une puissance absorbée de 195 kW, cohérente avec le moteur 200 kW sélectionné. Ce modèle assure une exploitation stable, à haut rendement, avec un variateur de vitesse permettant le réglage fin de la pression et la limitation des coups de bélier. Les matériaux inox assurent la durabilité face à l'eau de surface traitée. Par mesure de sécurité et pour une durabilité du réseau, nous avons prévu un clapet de pieds au niveau de l'aspiration et un clapet anti-retour au niveau du refoulement. La pompe choisit est représentée dans la figure 25



Figure 25: Image de la pompe GRUNDFOS CR XL

IV.6. Equipements annexes

Pour garantir la sécurité et le bon fonctionnement du système, un certain nombre d'appareils et d'équipements hydrauliques sont intégrés.

IV.6.1. Vannes

Ce sont des pièces hydrauliques qui permettent d'arrêter ou de régulariser l'écoulement de l'eau dans le réseau. Elles placées en amont de chaque conduite ou elles permettent d'isoler une partie du réseau en vue de l'exploitation ou de la maintenance.

IV.6.2. Ventouses

Le principal rôle d'une ventouse est de réguler l'admission ou l'extraction de l'air dans le réseau. Il est recommandé de les placer à tous les 800 m.

IV.6.3. Borne d'incendie

Les champs de canne sont des zones à risque d'incendie particulièrement durant la saison sèche. Il est recommandé de placer des bornse d'incendie à tous les 400 m du réseau.

IV.7. Présentation cartographique des parcellaires

Le périmètre est composé de 30 sous parcelles disposées en deux lignes de 15 parcellaires. Chaque sous parcelle est composée d'un collecteur et de 144 lignes de goutteurs, disposés de part et d'autre sur le collecteur à un intervalle de 1,5 m. les collecteurs sont connectés aux canaux secondaires et les canaux secondaires au nombre de deux rejoignent le canal principal qui est raccordé directement à la station de traitement de l'eau. La figure 23 montre un aperçu des installations.



Figure 26: Parcellaire du réseau d'irrigation goutte à goutte

V. DEVIS ESTIMATIF DES INSTALLATIONS

L'estimation financière du projet d'irrigation goutte-à-goutte, incluant les travaux de captage, de traitement de l'eau brute, la mise en place du système d'irrigation ainsi que les ouvrages annexes, a permis d'évaluer le coût global des investissements nécessaires à la réalisation de l'aménagement. Sur la base du devis estimatif détaillé, intégrant les frais généraux de chantier, les équipements électromécaniques, les ouvrages en béton armé, les réseaux de canalisations, les systèmes de filtration et de fertigation, le coût total du projet est estimé à sept cent soixante-sept millions huit cent un mille cent dix FCFA (767 801 110 FCFA) hors taxes, soit 76 780 11,1 FCFA par hectare. Cette estimation constitue une base de référence pour l'analyse économique du projet et permet d'apprécier la faisabilité financière de la solution technique retenue, en tenant compte des exigences de performance, de durabilité et de fiabilité du système d'irrigation proposé. Le tableau montre le devis estimatif du projet

Tableau XXI: Devis estimatif du projet

Désignation	**Coût FCFA**
Equipement de pompage et de refoulement de l'eau vers la station de pompage	60 554 000
Tamis INOFILTER de type SRA	30 000 000
Aérateur en cascade	1 545 768
Poste des réactifs	2 395 000
Le bassin d'oxydation	3 052 551
Le décanteur	30 119 179
Purge des boues	1 550 000
Filtres : sable et disque	98 000 000
Le bassin tampon	6 599 035
Équipement de fertigation CAPEX	18 000 000
Installation du système goutte-à-goutte	580 018 445
Total	**767 801 110,2**
TVA	**18%**
Montant TTC	**906 005 310**

Le rendement de la canne à sucre irriguée en goutte-à-goutte est estimé à 120 T/h (Koffie-Bikpo, 2016). Pour une campagne agricole, la récolte est estimée à 12 000 T de canne à sucre pour les 100 hectares. Par tonne de canne à sucre récolté, 10% de sucre est extraite ; pour une campagne la quantité de sucre attendue est de 1 200 tonnes.

La tonne de sucre cout 600 000 FCFA. Le gain attendu par campagne est de sept cent vingt millions de FCFA 720 000 000 FCFA. Donc Un retour sur investissement après trois campagnes.

VI. EVALUATION DE L'IMPACT ENVIRONNEMENTAL ET SOCIAL DU PROJET

La mise en place d'un système d'irrigation goutte-à-goutte associer à une station de traitement d'eau a un impact sur l'environnement. L'évaluation des impacts environnementaux et sociale du projet permet de déterminer l'importance de chaque impact probable identifié dans la matrice d'interrelation. L'impact d'une activité se définissant comme toute modification, négative ou bénéfique, immédiat ou à long terme, total ou partielle, d'une ou plusieurs composantes de l'environnement résultante de la réalisation de cette activité. Selon le Décret n° 2014-397 du 25 juin 2014 portant organisation de la procédure d'évaluation environnementale, le projet d'aménagement d'un périmètre de plus de 50 ha est classé dans la catégorie A, de ce fait une étude d'Impact Environnemental et Social (EIES) est obligatoire.

Les activités étant susceptibles d'impacter la zone d'étude considérée sont :

- Travaux de viabilité pour la circulation de camion-benne ;
- Déboisement et dessouchage du site ;
- Terrassement et creusement pour la construction des ouvrages de traitement d'eau ;
- Transport du matériel.

➢ Impacts environnementaux et sociaux majeurs de la zone du projet et de sa zone d'influence, les activités envisagées dans le cadre du projet engendreront les impacts ci-après :

- *Impacts positifs*
  - Au plan environnemental : Gestion des eaux et sols grâce aux aménagements projetés, lutte contre les maladies et les parasites qui se développent en dans des conditions humides ;

- Au plan socio-économique : Accroissement des revenus de la SUCAF CI, lutte contre la pauvreté, création d'emplois par le recrutement de la main d'œuvre locale et amélioration des conditions de vie des populations locales.

- *Impacts négatifs*
  - La réduction de la couverture végétale et perte de la diversité biologique par le défrichement du périmètre de la station de traitement ;
  - Emission des poussières et gaz ;
  - Dégradation du sol et de l'eau par des polluants (pesticides) ;
  - Non recrutement de la main d'œuvre locale.

- Principaux risques environnementaux et sociaux ; Les principaux risques identifiés sont :
  - Risque de conflits sociaux en cas de non emploi de la main d'œuvre locale ;
  - Risque de dégradation de la santé, la sécurité et l'hygiène des travailleurs et de la population riveraine ;
  - Risque d'accident de travail ; Modification locale du paysage sur les sites d'aménagements.
- Mesures d'atténuation, de compensation et de bonification, les mesures essentielles définies pour atténuer ou bonifier les principaux impacts sont les suivants :
- Pour mesures normatives :
  - Veiller à la conformité avec les réglementations environnementales ;
  - Obligations du respect du cahier des charges environnementales et sociales.
- Mesures de bonification :
  - Prioriser l'emploi local ;
  - Renforcement des capacités institutionnelles ;
  - Renforcement des capacités techniques et de gestion des coopératives féminines.
- Mesures d'atténuation et de compensation
- Reboisement compensatoire
- Arrosage régulier des voies pour éviter les envols de poussières ;
- Éviter le déversement des produits polluants ;
- Récupérer les huiles de vidange ainsi que les déchets de diverses natures sur le chantier;
- La remise en état après les travaux des zones d'emprunts pour protéger la qualité des sols ;
- Installer des équipements adéquats de collecte, de traitement des effluents liquides et

des déchets pour prévenir la pollution des eaux ;

- Gestion rationnelle des déchets solides et liquides ;
- Elaboration d'un manuel de bonnes pratiques agricoles et de gestion des pesticides.

➢ Les risques sociaux :

- La gestion de la relation entre les employés de l'entreprise et les communautés de la zone du projet ;
- Développer des campagnes d'information/sensibilisation sur les aspects de la sécurité, l'hygiène, la santé et l'environnement et sur les comportements à adopter pour le personnel de l'entreprise et populations locales.

CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

La SUCAF CI prévoit d'étendre sa superficie irriguée, mais cette ambition se heurte à la raréfaction progressive de la ressource en eau et aux pertes importantes liées aux systèmes d'irrigation actuellement en place, qui favorisent également l'érosion des sols. Dans ce contexte, le projet pilote de 100 hectares a été développé pour évaluer la faisabilité et l'adaptabilité de l'irrigation localisée, tout en apportant des solutions techniques et économiques permettant d'optimiser l'utilisation de l'eau et d'améliorer la durabilité des plantations.

La présente étude a permis de concevoir et de chiffrer de manière détaillée un projet d'irrigation goutte-à-goutte intégrant un système complet de captage, de traitement et de distribution de l'eau, adapté aux exigences techniques et environnementales du site. Le dimensionnement des ouvrages hydrauliques et des équipements, ainsi que l'établissement du devis estimatif global évalué à neuf cent six millions cinq mille trois cent dix francs CFA (906 005 310 FCFA) toutes taxes comprises, soit environ 9 060 053 FCFA par hectare, démontrent que le projet est techniquement réalisable et économiquement structuré. Il répond par ailleurs aux contraintes de qualité de l'eau et aux exigences de performance du réseau d'irrigation.

Afin d'assurer la durabilité et l'efficacité du système, il est recommandé de mettre en place un suivi régulier et approfondi de la qualité de l'eau, d'optimiser les opérations de maintenance des ouvrages de traitement et de filtration, et de renforcer les compétences des exploitants par la formation continue. À moyen ou long terme, l'adoption de l'irrigation goutte-à-goutte souterraine pourrait contribuer à réduire les pertes par évaporation, limiter le colmatage des émetteurs, améliorer l'efficience de l'eau et favoriser une meilleure productivité agricole, répondant ainsi aux enjeux de gestion durable des ressources hydriques, dans un contexte de raréfaction progressive de l'eau.

BIBLIOGRAPHIE

Ouvrages et articles

Affoué Berthe Epse TOURE, Y. A. O., Gla Blaise, O., Kouakou Valentin, K., & Kouakou Lazare, K. (2024). Impacts of Variation in Climatic Extremes on Sugar Cane Production in the Sugar Complexes of Ferkessedougou (Northern Côte d'Ivoire). International Journal of Engineering and Advanced Technology (IJEAT).

Audouin, S., Rueda, A., Silva, G., & Ospina, J. A. M. (2010). POTENTIEL DE DEVELOPPEMENT DE CULTURES ENERGETIQUES.

Couture, I. (2006). Principaux critères pour évaluer la qualité de l'eau en micro-irrigation.

Giner, M., & Langellier, P. (2009). Irrigation Management in Sugarcane Estates (KANEAU).

Ilboudo, B. R. R. (2023). SPECIALITE : GENIE DE L'EAU, DE L'ASSAINISSEMENT ET DES AMENAGE- MENTS HYDRO-AGRICOLES.

Koffie-Bikpo, C. Y. (2016). Industrialisation, désindustrialisation et tentative de ré-industrialisation ā Sérébou : Aspects géographiques. Pour, 229(1), 201-213.

KONAN, A. E., KOUAMÉ, K. D., OUATTARA, G., PÉNÉ, B. C., & DICK, A. E. (2018). Caractérisation des surfaces récoltées selon le statut hydrique et efficience des systèmes d'irrigation dans le périmètre sucrier de Ferké 2 en Côte d'Ivoire. Afrique SCIENCE, 14(5), 107-119.

Kouamé, D., Péné, C., & Zouzou, M. (2010). Criblage de variétés commerciales de canne à sucre prometteuses dans le périmètre sucrier de Ferké 2 au Nord de la Côte d'Ivoire : Optimisation de la durée de sélection. Sciences & Nature, 7(1).

Soro, T. A. (2021). EFFETS DES ACTIVITÉS AGROPASTORALES SUR LE PEUPLEMENT ZOOPLANCTONIQUE ET LA QUALITÉ DES EAUX DES LACS DE BARRAGE LOKPOHO ET MORRISSON (CÔTE D'IVOIRE) [PhD Thesis, UNIVERSITE FELIX HOUPHOUET BOIGNY DE COCODY].

Sites internet

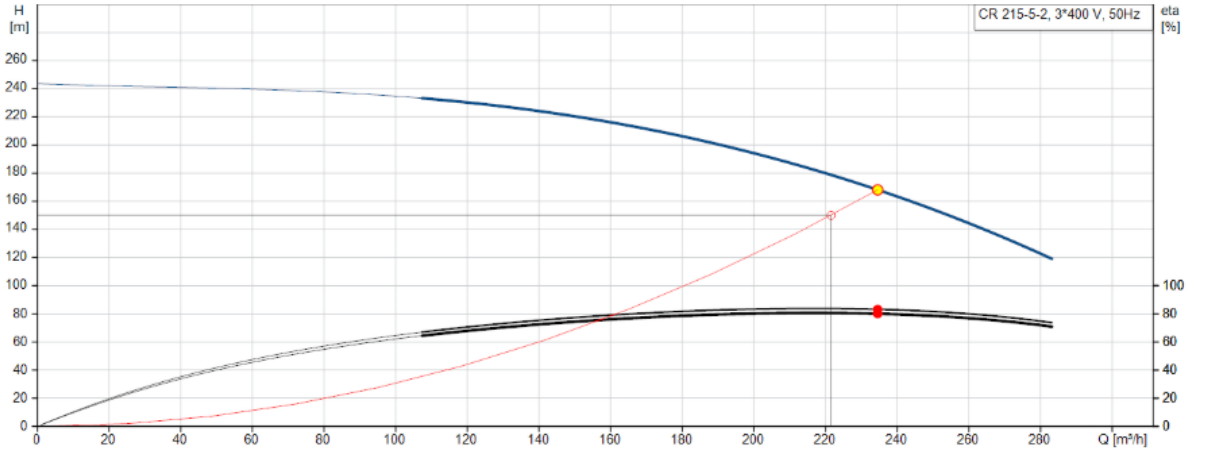
https://hal.science/tel-04729190/, consulté en Octobre 2025

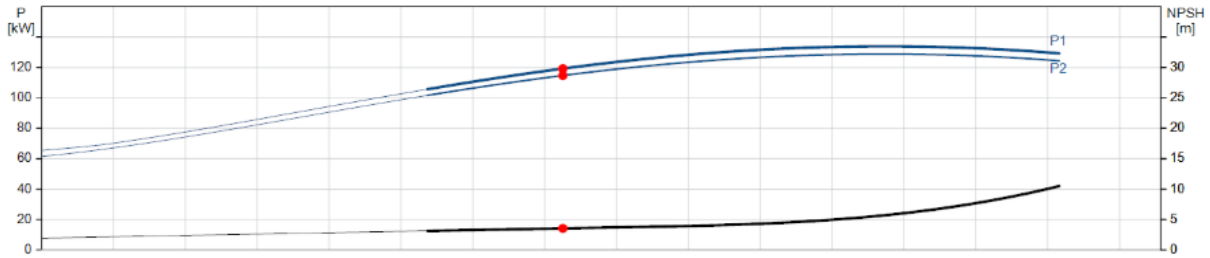
Crop Information | Land & Water | Food and Agriculture Organization of the United Nations | Land & Water | Food and Agriculture Organization of the United Nations

ANNEXES

Annexe A : Courbe caractéristique des pompes…… 70
Annexe B : Caractéristique des lignes de goutteur…… 72
Annexe C : Catalogue des conduites principale, secondaires et collecteurs……. 71
Annexe D : Plan de la station de traitement…….. 74
Annexe E : Les paramètres conformes de qualité de l'eau analysé…….. 75
Annexe F : Norme de qualité de l'eau destiné à l'irrigation goutte à goutte……. 77
Annexe G : Devis estimatif du projet d'irrigation goutte-à-goutte…… 84
Annexe H : Traitement des données manquants…… 85
Annexe I : Station IPS1-2 à droite et vanne de la parcelle N2 003…… 85

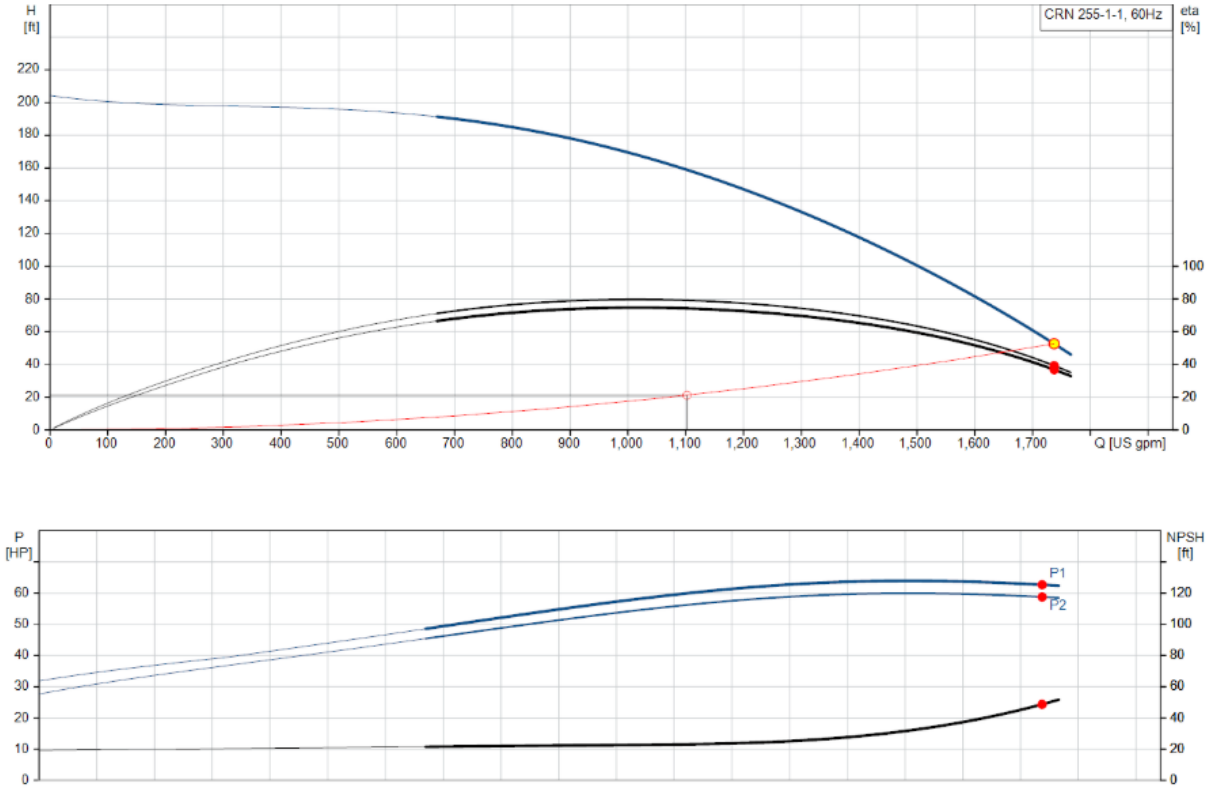
Annexe A : Courbe caractéristique des pompes







GRUNDFOS CRNE 155-1-1A-F-A-E-HQQE





GRUNDFOS CRNE 155-1-1A-F-A-E-HQQE

Annexe B : caractéristique des lignes de goutteur

DONNÉES TECHNIQUES - TUYAUX

MODÈLE	DIAMÈTRE INTÉRIEUR (MM)	EPAISSEUR DE PAROI (MM)	DIAMÈTRE EXTÉRIEUR (MM)	PLAGE DE PRESSION DE FONCTIONNEMENT (BAR)	PRESSION PURGE MAX. (BAR)	KD
20012	17.50	1.20	19.90	0.5 - 4.0	5.2	0.40

CONDITIONNEMENT DES TUYAUX (BOBINES CERCLÉES)

MODÈLE	EPAISSEUR DE PAROI (MM)	LONGUEUR BOBINE (M)	ESPACEMENT ENTRE GOUTTEURS (M)	POIDS MOYEN BOBINE* (KG)	NB BOBINES DANS CONTAINER 40'' (UNITÉS)	NB TOTAL DANS CONTAINER 40'' (M)
20012	1.20	300	0.15 à 1.00	20.2	330	99000

*Selon l'espacement entre goutteurs

UNIRAM™ AS 20012

Code catalogue **14500** - (6 chiffres suivants ci-dessous)

DÉBIT (L/H)	ESPACEMENT ENTRE GOUTTEURS (M)													
	0.15	0.20	0.25	0.30	0.33	0.40	0.50	0.60	0.65	0.70	0.75	0.80	0.90	1.00
0.7		000008	000009	007500		007600	007700	007800			007900			008000
1.0*		**000020**	**000040**	**000050**	**000065**	**000075**	**000080**	**000095**		**000096**	**000100**	**000104**	**000108**	**000110**
1.6*		**000170**	**000200**	**000300**	**000360**	**000400**	**000600**	**000700**		**000800**	**000900**	**000960**	**000970**	**000980**
2.3*		**000990**	**001020**	**001150**	**001310**	**001450**	**001550**	**001800**	**001850**	**001920**	**001950**	**002100**	**002300**	**002400**
3.5				005300		005400	005700	005800		005900	006000	006100	006200	006700
Longueur bobine (m)	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300

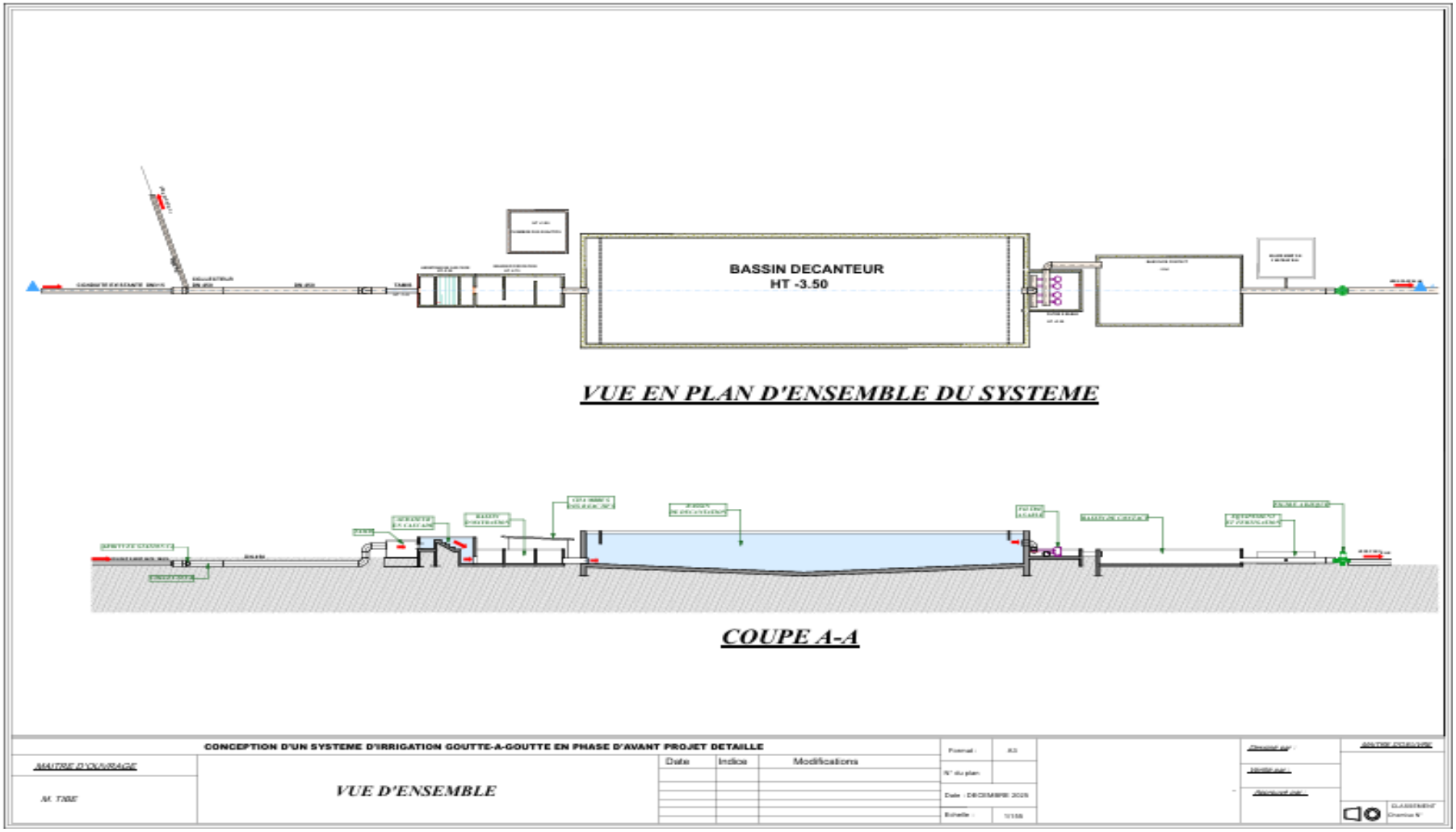
Annexe C : catalogue des conduites principales, secondaires et collecteurs

2- DIMENSIONS DES TUBES

Diamètre Extérieur (mm)	Epaisseurs Nominales (mm)						
	HN[1]	PN6	PN10			PN16	PN25
		NF/ISO	NF[2]	DIN[3]	NF EN[4]	NF/ISO	NF/ISO
20	1	-	-	-	-	1.5	2.3
25	1.2	-	1.5	1.5	-	1.9	2.8
32	-	-	1.8	1.8	1.6	2.4	3.6
40	-	-	2.4	1.9	1.9	3.0	4.5
50	-	-	2.4	2.4	2.4	3.7	5.6
63	-	2.0	3.0	3.0	3.0	4.7	7,1
75	-	2.3	3.6	3.6	3.6	5.6	-
90	-	2.8	4.3	4.3	4.3	6.7	-
110	-	2.7	5.3	5.3	4.2	6.6	-
125	-	3.1	6.0	6.0	4.8	7.4	-
140	-	3.5	6.1	6.7	5.4	8.3	-
160	-	3.8	6.2	7.7	6.2	9.5	-
200	-	4.7	7.7	9.6	7.7	11.9	-
225	-	5.3	8.6	10.8	8.6	13.4	-
250	-	5.9	9.6	11.9	9.6	14.8	-
280	-	6.9	10.7	13.4	10.7	16.6	-
315	-	7.4	12.1	15.0	12.1	18.7	-
355	-	8.7	13.6	-	13.6	21.1	-
400	-	9.8	15.3	-	15.3	23.7	-
450	-	11.0	17.2	-	17.2	26.7	-
500	-	12.3	19.1	-	19.1	29.7	-
560	-	13.7	21.4	-	21.4	-	-
630	-	15.4	24.1	-	24.1	-	-

[1] Hors normes
[2] Selon la norme française NF T 54-016
[3] Selon la norme allemande DIN 8062
[4] Selon la nouvelle norme européenne NF EN ISO 1452 – 2 : 2010
**Nous consulter pour les références en PN8, PN12.5 & PN20*

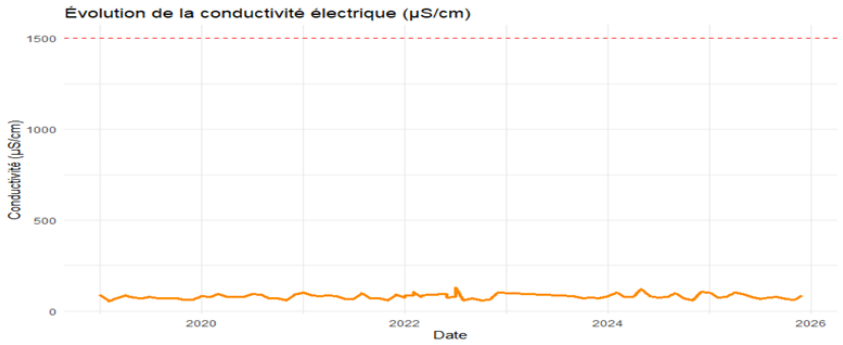
SOTICI – Documentation technique des tubes PVC pression Page 3



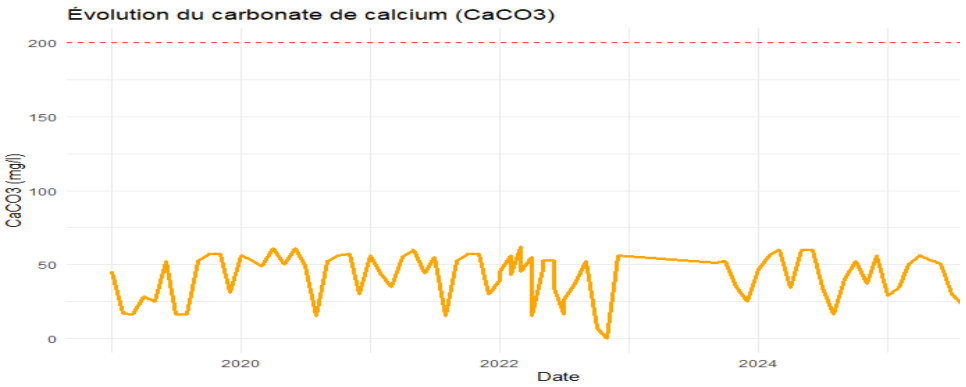
Annexe D : Plan de la station de traitement

Annexe E : Les paramètres conformes de qualité de l'eau analysé

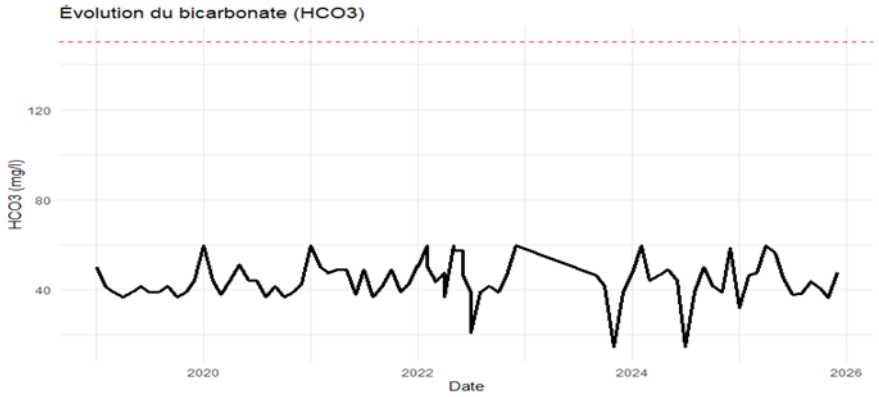
Conductivité (µS/cm)



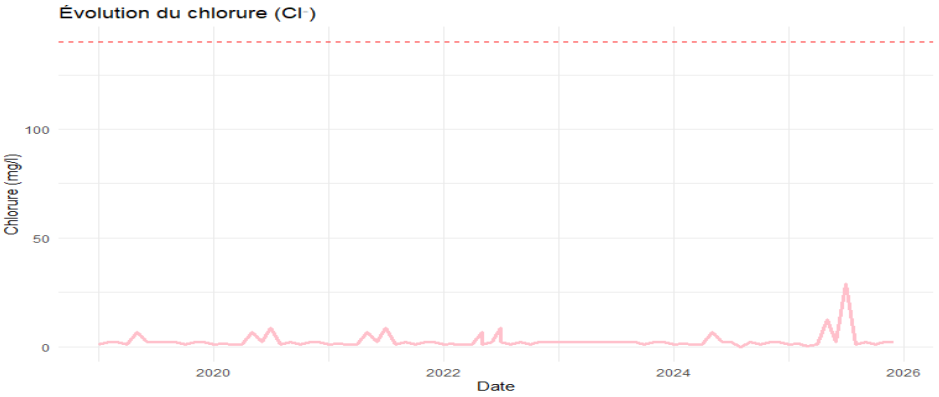
Le carbonate de calcium ($CaCO_3$)



Les concentrations en bicarbonates (HCO_3^-)

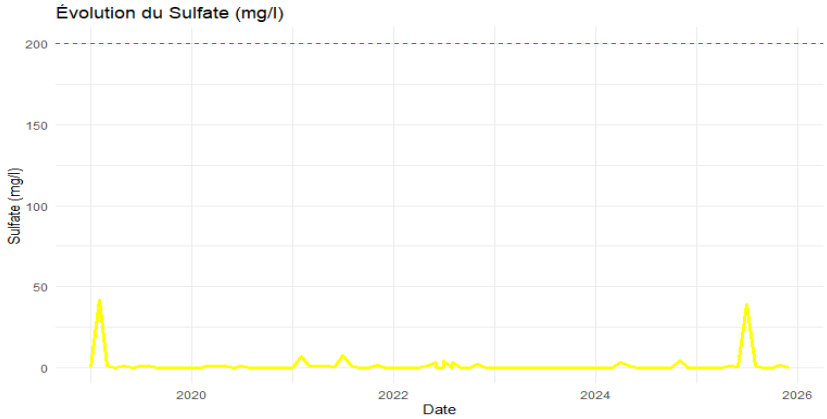


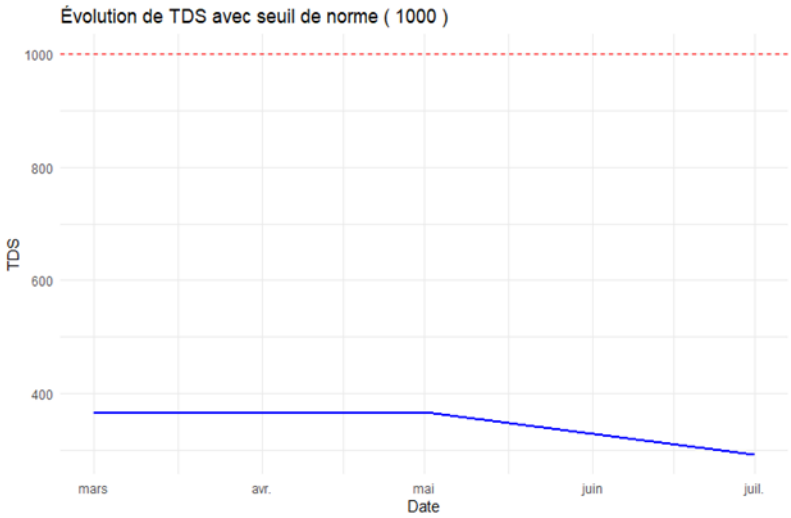
Chlorure (mg/l)



Sulfate (mg/l)

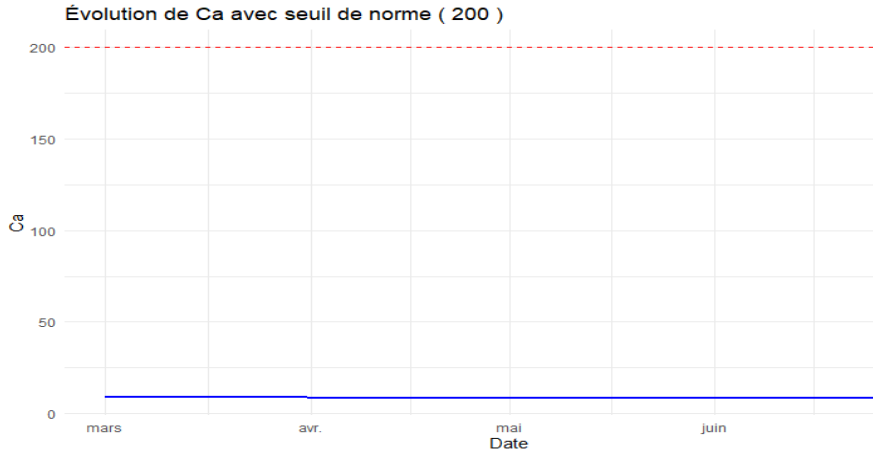
Les solides dissous totaux (TDS)

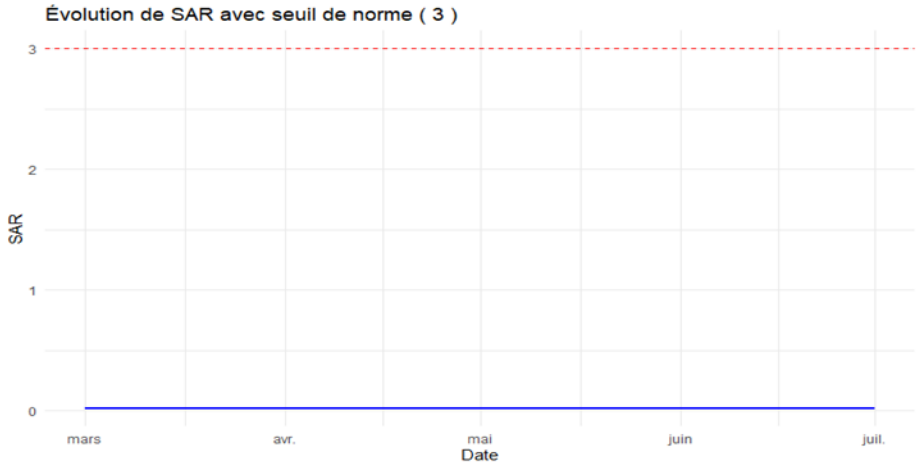




Le Calcium (Ca^{2+})

Le rapport d'adsorption du sodium (SAR)





Annexe F : Norme de qualité de l'eau destiné à l'irrigation goutte à goutte

NETAFIM™
GROW MORE WITH LESS

Agriculture Dept.

Water Quality

Threshold value	Parameters
< 50	TSS (ppm)
< 5	Sand (ppm)
< 0.5	Oil and Grease
< 20	Turbidity (NTU)
<30	Silt / Clay (mg/l)
< 200	Ca (CaCO3 ppm)
< 200	HCO_3 (CaCO3 ppm)
< 0.3	Fe (ppm)
< 0.2	Mn (ppm)
< 0.2	Sulfide (ppm)
< 0.1	Algae and chlorophyll (mg/l)
< 2	Zooplankton (#/l)
< 1	Dissolve oxygen (ppm)
5> PH <8	pH
<5	P-Fósforo (ppm)
Avoid Development	Organic slime
<10	N-NH4 (ppm)
50	Sulphur Bacteria (#/ml)
50	Iron and Mn Bacteria (#/ml)
5	Protozoa colon (#/100 ml)
< 2	CE dS/m
< 1	Boro (ppm)
< 200	Sulphate (ppm)
< 3	SAR
< 300	Chloride (ppm)
< 1000	TDS (ppm)
< 20	BOD (ppm)
< 50	COD (ppm)

Sebastian Schifris
Tel: +972-8-8473889 cel: +972-525013889 Fax: +972-8-8473017
E-Mail: Seba@netafim.com Web Site: http://www.netafim.com

Annexe G : devis estimatif du projet d'irrigation goutte-à-goutte

DEVIS ESTIMATIF DE LA REALISATION D'UN PROJET D'IRRIGATION GOUTTE-A-GOUTTE					
N°	**Désignation**	**Unité**	**Quantité**	**Prix Unitaire**	**Prix Total**
	I FRAIS GENERAUX DU CHANTIER				
1.1	Installation, repli et nettoyage de chantier	U	1	800 000	800 000
1.3	**SOUS TOTAL I**				**800 000**
	II INSTALLATION DU MATIELS DE CAPTAGE DE L'EAU				
2.2.1	Fourniture et installation d'une pompe Grundfos CRNE 155-1-1 AFA EQQE, sonde de niveau et accessoires de montage y compris toutes sujétions	U	1	15 500 000	15500 000
2.2.2	Fourniture et pose d'une armoire de commande, câblage intégral, y compris accumulateurs pour alimentation de la pompe, pièces de rechange et outillages spécifiques	U	1	1 500 000	1 500 000
2.2.3	Excavation, Fourniture et pose de PVC DN225 PN10 y compris toutes sujétions (lit de sable, grillage avertisseur et pose de pièces spéciales…)	ml	173,46	40 735	7 065 893
2.3	Excavation, Fourniture et pose canal de collecte en PVC DN 450 y compris toutes sujétions (lit de sable, grillage	ml	3,5	54 000	189 000

	avertisseur et pose de pièces spéciales…)				
2.6	**SOUS TOTAL II**				**24 254 893,1**
	III OUVRAGES DE TRAITEMENT DE L'EAU BRUTE				
3.1	**3.1 tamis rotatif**				
3.1.1	Fourniture et pose d'un tamis INOFILTER de type SRA 150 fissures inox, tambour Ø630 mm, largeurs 500-2500 mm, filtration 300-2000 µm, débit 15 à 400 m³/h	U	1	3 000 000	3 000 000
3.1.2	**Prix total sous unité 3.1 FCFA**				**3 000 000**
3.2	**3.2 Aérateur en cascade**				
3.2.1	Fouilles	m^3	3,22	1 535	4 942,7
3.2.2	Béton de propreté 150 kg/m3	m^3	1,786575	63 972	114 290,776
3.2.3	***Béton Armé 350 kg/m3***				
3.2.3.1	Volume du radier	m^3	2,71215	108 104	293 194,27
3.2.3.2	Volume de la dalle du radier des bassins tampons	m^3	1,155	108 104	124 860,12
3.2.3.3	Volume des poteaux	m^3	0,1764	108 824	19 196,5536
3.2.3.4	Volume des marches	m^3	1,7325	108088	187 262,46
3.2.3.5	Volume du voile des marches	m^3	0,7056	108 265	76 391,784
3.2.3.6	Volume du voile des bassins tampons en largeur	m^3	1,7325	108 265	187 569,1125
3.2.3.7	Volume du voile L des bassins tampons en longueur	m^3	1,176	108 265	127 319,64
3.2.3.8	**Volume total de béton**	**m^3**	**9,39015**		**1 015 793,934**
3.2.5	***Coffrage***				
3.2.5.1	Coffrage du radier	m^2	4,41	4 295	18 940,95
3.2.5.2	Coffrage de la dalle du radier des bassins tampons	m^2	7,56	4 295	32 470,2
3.2.5.3	Coffrage des poteaux	m^2	20,16	5 890	118 742,4

3.2.5.4	Coffrage des marches	m^2	8,25	9 899	81 666,75
3.2.5.5	Coffrage du voile des marches	m^2	16,464	2884	47 482,176
3.2.5.6	Coffrage du voile des bassins tampons en largeur	m^2	25,2	2 884	72 676,8
3.2.5.7	Coffrage du voile L des bassins tampons en longueur	m^2	13,44	2 884	38 760,96
3.2.5.8	**Total Coffrage**	**m^2**	100		410 740,236
3.2.6	**Prix total sous unité 3.2 FCFA**				**1 545 767,646**
	3.3 Salle de préparation des réactifs				
3.3.1	Locale technique	U	1	1 500 000	**1 500 000**
3.3.2	***Poste d'Hypochlorite de Sodium***				
3.3.2.1	Ensemble bac de stockage, kit de contrôle pH et Chlore	U	1	300 000	300 000
3.3.2.3	Pompe doseuse (préoxydation), type Chem-Ad® Serie D, 1 L/h	U	2	500 000	1 000 000
3.3.2.4	Pompe doseuse (désinfection), type Chem-Ad® Serie D, 1,5 L/h	U	1	500 000	500 000
3.3.2.6	Hypochlorite de Sodium de 20 l	L	3	55 000	165 000
3.3.2.7	**Total post d'hypochlorite de Sodium**				**1 965 000**
3.3.3	***Poste de lait de chaux***				
3.3.3.1	Fourniture et pose de bacs de préparation de lait de chaux	U	1	200 000	200 000
3.3.3.2	Agitateur rapide	U	1	70 000	70 000
3.3.3.3	Pompe doseuse avec accessoires	U	1	500 000	500 000
3.3.3.4	Chaux sac de 25 kg	Kg	5	25 000	125 000
3.3.3.5	**Total post de lait de chaux**				**895 000**
3.3.4	**Prix total sous unité 3.3 FCFA**				**2 395 000**
	3.4 Le bassin d'oxydation				

3.4.1	Fouilles	m^3	3,22	1 535	4 942,7
3.4.2	Béton de propreté 150 kg/m3	m^3	1,786575	63 972	114 290,7759
3.4.3	***Béton Armé 350 kg/m3***				
3.4.3.1	Volume du radier	m^3	7,2695	108 104	785 862,028
3.4.3.2	Volume du voile des chicanes	m^3	0,66	108 265	71 454,9
3.4.3.3	Volume du voile des bassins en largeur	m^3	0,93	108 265	100 686,45
3.4.3.4	Volume du voile L des bassins en longueur	m^3	2,01	108 265	217 612,65
3.4.3.5	**Volume totale de béton**	**m^3**	**9,39015**		**1 175 616,028**
3.4.5	***Coffrage***				
3.4.5.1	Coffrage du radier	m^2	**27,63**	4295	118 670,85
3.4.5.2	Coffrage du voile des chicanes	m^2	**7,1**	2 884	20 476,4
3.4.5.3	Coffrage du voile des bassins en largeur	m^2	**9,3**	2 884	26 821,2
3.4.5.4	Coffrage du voile en Largeur des bassins en longueur	m^2	**20,1**	2 884	57 968,4
3.4.5.5	**Totale coffrage**	**m^2**	**67,3365**		**223 936,85**
	Prix total sous unité 3.4 FCFA				**1 518 786,354**
	3.5 Le décanteur				
3.5.2	Fouilles	m^3	1 053,125	1 535	**1 616 546,875**
3.5.3	Béton de propreté 150 kg/m3	m^3	7,1725	63 972	**458 839,17**
3.5.4	***Béton Armé 350 kg/m3***				
3.5.4.1	Volume des voiles de la zone de décantation	m^3	97,16	108 265	10 519 027,4
3.5.4.2	Volume du radier	m^3	114,76	108 104	12 406 015,04
3.5.4.3	Volume plaque plongeante Zone d'entrée	m^3	4,9875	108265	539 971,6875
3.5.4.4	Volume plaque plongeante Zone de sortie	m^3	2,3275	108 265	251 986,7875
3.5.4.5	**Volume total de béton**	**m^3**	219,235		**23 717 000,92**
3.5.6	***Coffrage***				

3.5.6.1	Coffrage du radier	m^2	615,46	4 295	2 643 400,7
3.5.6.2	Coffrage voile de la zone de décantation	m^2	562,8	2 884	1 623 115,2
3.5.6.3	Coffrage de la plaque plongeante Zone d'entrée	m^2	14,25	2 884	41 097
3.5.6.4	Coffrage de plaque plongeante Zone de sortie	m^2	6,65	2 884	19 178,6
3.5.6.5	**Total Coffrage**	**m^2**	**612,885**		**4 326 791,5**
3.5.7	**Prix total sous unité 3.5 FCFA**				**30 119 178,46**
	3.6 Le bassin tampon				
3.6.1	Fouilles	m^3	209,88	1 535	**322 165,8**
3.6.2	Béton de propreté 150 kg/m3	m^3	3,498	63 972	**223 774,056**
3.6.3	***Béton Armé 350 kg/m3***				
3.6.3.1	Volume du radier	m^3	20,988	108 104	2 268 886,752
3.6.3.2	Volume du voile des bassins en largeur	m^3	11,88	108 265	1 286 188,2
3.6.3.3	Volume du voile L des bassins en longueur	m^3	19,08	108 265	2 065 696,2
3.6.3.4	**Volume total de béton**	m^3	**9,39015**		**5 620 771,152**
3.6.5	***Coffrage***				
3.6.5.1	Coffrage du radier	m^2	**80,916**	4 295	347 534,22
3.6.5.2	Coffrage du voile des bassins en largeur	m^2	**9,3**	2 884	26 821,2
3.6.5.3	Coffrage du voile L des bassins en longueur	m^2	**20,1**	2 884	57 968,4
3.6.5.4	**Total Coffrage**	**m^2**	**115,8318**		**432 323,82**
3.6.6	**Prix total sous unité 3.6 FCFA**				**6 599 034,828**
	3.7 Purge des boues				
3.7.1	Vanne papillon standard DN 200 PN 10/16 avec raccordement (manchette d'ancrage, coude 90 etc.)	U	1	350 000	350 000

3.7.2	Fourniture et pose de pompe de soutirage de boues y compris tous les accessoires de pose d'injection.	U	1	1 200 000	1 200 000
3.7.3	**Prix total sous unité 3.7 FCFA**				**1 550 000**
	3.8 Filtres				
3.8.1	Fourniture et installation d'un filtre à sable	U	3	26 000 000	78 000 000
3.8.2	Fourniture et installation d'un filtre à disque	U	4	5 000 000	20 000 000
	Prix total sous unité 3.8 FCFA				**98 000 000**
	3.9 Fertigation				
	Fourniture et installation d'équipement de fertigation CAPEX	U	1	18 000 000	18 000 000
	Prix total sous unité 3.9 FCFA				18 000 000
	SOUS TOTAL III				**162 727 767,3**
	IV INSTALLATION DU SYSTÈME GOUTTE A GOUTTE				
4.1	Locale technique	U	1	1 500 000	**1 500 000**
4.2	Fourniture de pompe multicellulaires GRUNDFOS CR 215-5 de débit 262 m³/h, HMT de 150 m, sonde de niveau et accessoires de montage y compris tout sujétions.	U	2	37 500 000	**75 000 000**
4.3	Fouilles canal principal	ml	464,73	1 537	**714 290,01**
4.4	Excavation, Fourniture et pose de PVC DN355 PN10 (Canale principale) y compris toutes sujétions (lit de sable, grillage avertisseur et pose de pièces	ml	464,73	250 000	**116 182 500**

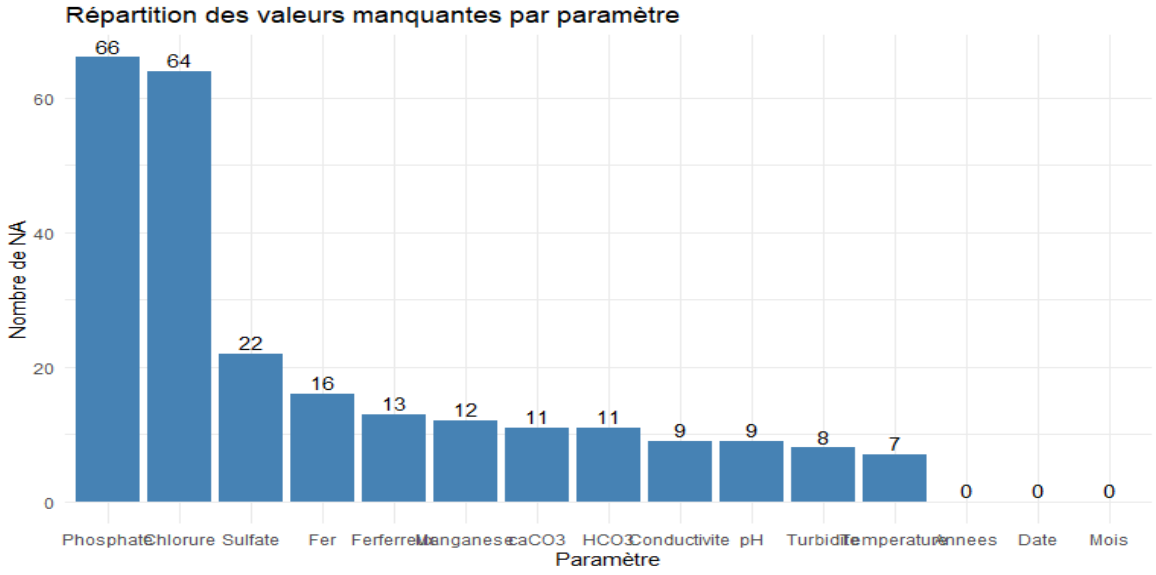
	spéciales…)				
4.5	Fouilles canal secondaire / main	ml	392,7	1 537	**1 207 159,8**
4.6	Excavation, Fourniture et pose de PVC DN250 PN10 y compris toutes sujétions (lit de sable, grillage avertisseur et pose de pièces spéciales…)	ml	392,7	80 000	**62 832 000**
4.7	Fouilles canal tertiaire / manifold	ml	231	1 537	**10 651 410**
4.8	Excavation, Fourniture et pose de PVC DN63 PN10 y compris toutes sujétions (lit de sable, grillage avertisseur et pose de pièces spéciales…)	ml	231	3 994	**27 678 420**
4.9	Fouilles ligne de goutteurs / latérales	ml	73,5	1 537	**6 778 170**
4.10	Excavation, Fourniture et pose de PEHD DN19,9 PN3 y compris toutes sujétions (lit de sable, grillage avertisseur et pose de pièces spéciales…)	ml	73,5	450	**1 984 500**
4.11	Fourniture et installation de pièce à l'aval des pompes : Clapet anti-retour ; robinet purge ; ventouse y compris raccorde ment à la pompe et au collecteur fonte	U	2	2 675 000	**5 350 000**
4.12	Vannes d'arrêt	U	200	700	**140 000**
4.13	Tuyaux de remontée pour bouches d'incendie, vannes	U	30	9 000 000	**270 000 000**

	spéciales pour bouches d'incendie, Vanne d'aération				
4.15	**SOUS TOTAL IV**				580 018 449,8
TOTAL					**767 801 110,2**

Annexe H : traitement des données manquantes

Aperçu des 10 premières lignes de la base de données

Annees	Mois	Turbidite	Conductivite	pH	Temperature	caCO3	HCO3	Chlorure	Sulfate	Phosphate	Ferferreux	Fer	Manganese	Date
2019	1	NA	NA	NA	29.8	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	2019-01-01
2019	2	28	55.9	7.1	24.9	16.5	41.48	2	42	1.9	0.02	1.86	0.083	2019-02-01
2019	3	32	70.5	5.0	25.8	16.0	39.04	2	1	1.9	0.02	1.50	0.077	2019-03-01
2019	4	29	NA	6.6	33.8	28.0	36.60	NA	0	2.0	0.03	1.00	0.211	2019-04-01
2019	5	33	74.1	7.3	28.9	25.0	39.04	NA	NA	27.3	0.07	2.10	0.360	2019-05-01
2019	6	15	69.3	6.8	27.5	52.0	41.48	NA	0	2.3	0.00	0.53	0.036	2019-06-01
2019	7	30	80.0	6.0	30.0	16.0	39.04	2	1	1.9	0.02	1.86	0.083	2019-07-01
2019	8	32	70.5	5.0	30.0	16.0	39.04	2	1	1.9	0.02	1.80	0.115	2019-08-01
2019	9	20	69.3	4.5	27.5	52.0	41.48	NA	0	2.3	0.00	0.20	0.030	2019-09-01
2019	10	35	69.0	6.0	29.0	57.0	36.60	NA	0	2.0	0.07	0.10	0.360	2019-10-01



Aperçu des 10 premières lignes de la base de données

Annees	Mois	Turbidite	Conductivite	pH	Temperature	caCO3	HCO3	Chlorure	Sulfate	Phosphate	Ferferreux	Fer	Manganese	Date
2019	1	23.33333	88.10000	6.783333	29.8	45.4	50.02	1.2	0	1.4	0.016	1.07	0.1886667	2019-01-01
2019	2	28.00000	55.90000	7.100000	24.9	16.5	41.48	2.0	42	1.9	0.020	1.86	0.0830000	2019-02-01
2019	3	32.00000	70.50000	5.000000	25.8	16.0	39.04	2.0	1	1.9	0.020	1.50	0.0770000	2019-03-01
2019	4	29.00000	87.66667	6.600000	33.8	28.0	36.60	0.9	0	2.0	0.030	1.00	0.2110000	2019-04-01
2019	5	33.00000	74.10000	7.300000	28.9	25.0	39.04	6.8	1	27.3	0.070	2.10	0.3600000	2019-05-01
2019	6	15.00000	69.30000	6.800000	27.5	52.0	41.48	2.0	0	2.3	0.000	0.53	0.0360000	2019-06-01
2019	7	30.00000	80.00000	6.000000	30.0	16.0	39.04	2.0	1	1.9	0.020	1.86	0.0830000	2019-07-01
2019	8	32.00000	70.50000	5.000000	30.0	16.0	39.04	2.0	1	1.9	0.020	1.80	0.1150000	2019-08-01
2019	9	20.00000	69.30000	4.500000	27.5	52.0	41.48	2.0	0	2.3	0.000	0.20	0.0300000	2019-09-01
2019	10	35.00000	69.00000	6.000000	29.0	57.0	36.60	1.0	0	2.0	0.070	0.10	0.3600000	2019-10-01

Annexe I : station IPS1-2 à droite et vanne de la parcelle N2 003



