



**Etude d'aménagement d'un champ école de 50 Ha  
irrigation goutte à goutte dans la zone de l'office du Niger au  
Mali**

**MEMOIRE POUR L'OBTENTION DU MASTER EN  
INGENIERIE DE L'EAU ET DE L'ENVIRONNEMENT  
OPTION : EAU AGRICOLE**

Présenté et soutenu publiquement par :

**Samou Dakono**

**Travaux dirigés par : Mamadou Mariko**

Directeur Agricole N-SUKALA SA

*Jury d'évaluation du stage :*

Président : Prénom Nom

Membres et correcteurs : Prénom Nom

Prénom Nom

Prénom Nom

Promotion [2014/2015]

### **Dédicace:**

Je dédie le présent rapport:

- A mon père ; lui qui a cru en moi tout au long de mes études et de n'avoir ménagé aucun effort pour le succès de mes études ;
- A ma mère ; elle qui m'a témoigné un soutien inébranlable et dont les prières m'ont accompagné jusqu'au bout ;
- A mes frères et sœurs ; eux qui ont toujours fait preuve d'une assistance dans tous mes projets et m'ont apporté la force nécessaire pour continuer ;

A mes amis et camarades qui m'ont accompagné dans les étapes décisives de ma vie jusque-là et une motion particulière à la plus grande amitié de ma vie feu Pangalé Dolo (paix à son âme).

### **Remerciements :**

Au terme de ce modeste travail, nous exprimons par ces mots notre profonde gratitude à toutes les personnes qui ont de loin ou de près apporté leurs estimées contributions à l'élaboration de ce mémoire de fin d'étude.

Particulièrement nos sincères remerciements vont à l'endroit de :

- M. Mamadou Mariko Directeur Agricole N-SUKALA SA

Pour son encadrement et sa disponibilité inconditionnelle

- L'ensemble du personnel de N-SUKALA SA

Pour la courtoisie et la bonne foi dont ils m'ont fait preuve

- L'ensemble du corps professoral de 2iE

Pour la qualité de la formation que j'ai reçue et l'accompagnement qu'ils m'ont accordé tout au long de mes études à la dite institut.

## Sommaire :

<b><i>I. Introduction:</i></b>	<b>10</b>
<b><i>II. Présentation de N-SUKALA SA :</i></b>	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
<b><i>I. Problématique:</i></b>	<b>11</b>
<b><i>II. Objectif de l'étude :</i></b>	<b>12</b>
<b><i>III. Présentation de la zone d'étude:</i></b>	<b>12</b>
<b><i>IV. Méthodologie générale de l'étude :</i></b>	<b>13</b>
<b><i>V. Etablissement des données de base :</i></b>	<b>14</b>
<b><i>VI. Dimensionnement final:</i></b>	<b>25</b>
<b><i>VII. Organisation de l'irrigation:</i></b>	<b>30</b>
<b><i>I. Dimensionnement des conduites :</i></b>	<b>31</b>
<b><i>VIII. Dimensionnement de la station de tête :</i></b>	<b>37</b>
<b><i>IX. Calendrier des arrosages:</i></b>	<b>42</b>
<b><i>X. Devis estimatif et quantitatif:</i></b>	<b>42</b>
<b><i>XI. Calculs économiques :</i></b>	<b>42</b>
<b><i>XII. Conclusion:</i></b>	<b>44</b>
<b><i>XIII. Recommandations et perspectives :</i></b>	<b>45</b>
<b><i>BIBLIOGRAPHIE :</i></b>	<b>46</b>
<b><i>XIV. Annexes :</i></b>	<b>48</b>

## **Résumé :**

Le présent mémoire est un document traitant des phases de la conception d'un projet d'aménagement hydro-agricole par goutte à goutte de 50ha. Ce projet qui a valeur de test est un prélude à un programme d'aménagement de 1400 ha en irrigation goutte à goutte initié par le nouveau complexe du KALA SUPPERIEUR.

La configuration de l'aménagement résulte d'une démarche méthodologique permettant de répondre aux objectifs du projet.

La station de tête du réseau connecté au réseau d'approvisionnement commercial de l'office du Niger sera équipée d'une pompe d'une puissance de 400 KW avec une HMT de 47mCE. Un dispositif de filtration composé d'une cuve fermée de filtre à sable suivi d'une batterie de filtre à disque permettra d'éviter tout colmatage. Aussi pour la fertigation du sol, une dérivation sur la station de tête transite à travers un bac de stockage d'engrais liquide. La configuration adoptée par le concept de cet aménagement est souterraine SDI (subsurface drip irrigation). Cette configuration permet de répondre aux difficultés posées par la mécanisation des procédés agricoles de la société. Les goutteurs ; pièces essentielles de la structure seront de type dripline PC, ils sont très performants surtout sur la longue durée. Ils ont un débit de 1,6l/h et une pression de **1,6 bars**. Les conduites de distribution sont organisées en une conduite primaire de 250mm alimentant trois lignes secondaires de diamètres 200mm. Ces secondaires desservent trois conduites dites tertiaires qui se chargeront d'apporter le débit aux 119 lignes de goutteurs qui sont connectées à chaque tertiaire. **Le débit d'équipement du système est de 1,04 l/s/ha**

Le coût d'acquisition des équipements et la réalisation des travaux s'élève à **166 359 154 FCFATTC** soit **3 327 183 FCFA par hectare** et le délai de recouvrement des investissements est de **3 ans** pour des charges d'exploitation s'élevant à **176 032 808 FCFA TTC**.

## **Mots clés :**

- 1- Aménagement**
- 2- Hydro-agricole**
- 3- Goutte à goutte**
- 4- Enterré**
- 5- Rendement**

## **Abstract**

The present memory is a medicated document of phases of the conception of an hydro agricultural planning project by drip irrigation of 50ha. This project that has value of test is a prelude to a program of 1400 ha planning in drip irrigation insider by the new complex of the KALA SUPPERIEUR.

The configuration of the planning results a methodological gait permitting to answer to objectives of the project.

The station of head of the system layout connected to the commercial network provision of the office of Niger will be equipped of a pump of a 400 KW power with a HMT of 47mCE. A device of filtration composed of a vat closed of sand filter follow-up of battery of disk filter will permit to avoid all plugging. As for the fertigation of soil a derivation on the station of head passes in transit through a liquid manure storage ferry.

The system layout of this planning is underground SDI (subsurface drip irrigation) .this kind of design permits to answer to difficulties put by the mechanization of the agricultural processes of the society. Emitters; mains pieces of the structure will be type PC dripnet, they are especially very effective on the long length. They have a flow rate of 1,6l/h and a pressure of 1,6 bars. Distribution network are organized in a primary pipe of 250mm nourishing three secondary lines of diameters 200mm. These secondary desert three pipes say tertiary that will be in charge to bring the flow to the 119 lines of emitters that are connected to every tertiaire. **Specific discharge of the system is 1,04 l/s/ha.**

The cost of facilities acquirement and the realization of works rises to **166 359 154 FCFA TTC** either **3 327 183 FCFA per ha.** The delay of investment recovery is **3years** with cost of exploitation of **176 032 808 FCFA TTC**

### **Key words:**

- 1- System layout**
- 2- Hydro-agricultural**
- 3- Drip irrigation**
- 4- Subsurface**
- 5- Yield**

## Fiche technique du projet:

**Exploitant:** Nouveau complexe du Kala supérieur (N-SUKALA SA)

### Description technique:

**Type d'irrigation:** Goutte à goutte enterré

#### Adduction:

- Transport

Longueur totale: 25 m

Profondeur d'enterrement: 50 cm

Distribution:

- Primaire

Longueur: 875 m

Profondeur d'enterrement: 50 cm

Automatisation: Manuel

Type de vanne: VH 4723 R2A V 16

- Secondaire

Longueur: 750 m

Profondeur d'enterrement: 50 cm

Automatisation: Manuel

Type de vanne: GALPDDC1C

- Tertiaire

Longueur: 1300 m

Profondeur d'enterrement: 50 cm

Automatisation: Manuel

Type de vanne: GALPDDC 1C

- Ligne de goutteur

Longueur: 2142 m

Profondeur d'enterrement: 60 cm

Automatisation: Manuel

Type de vanne: VANETTE VA25

### Description de l'équipement d'arrosage:

Type de couverture: integrale

Nature du matériel: UPVC

Caracteristiques: Débit goutteurs Q = 1,6 l/h / Pression goutteurs P = 1,65 bars

Nombres de goutteurs/poste: 28 560 Nombres de poste: 3 Tour d'eau: 3 jours

#### Station de tête:

Filtration	Sable FG 660	Disque SPINAPA 43 AC
Capacité	1 m <sup>3</sup>	300 l/s
Dimensions des particules	Algues / MO	100 – 150 µm
Pression de service	2 bars	1.5 bars

**Fertilisation:** Tank fertilisateur de 3m<sup>3</sup>

**Equipement de gestion et de contrôle:**

- Compteurs volumétriques : VH 47 23 R2A V16
- Nanomètres : Mano man 06
- Régulateur de pression : RPBE 120
- Régulateur de vide : CLARGOT 200

**Equipement à la parcelle :**

	Secteur 1	Secteur 2	Secteur 3	Secteur 4	Secteur 5	Secteur 6
culture	Canne à sucre					
Débit m <sup>3</sup> /h	137	137	137	137	137	137
Type de goutteur	<b>Dripnet Pc</b>	<b>Dripnet Pc</b>	<b>Dripnet Pc</b>	<b>Dripnet Pc</b>	<b>Dripnet Pc</b>	<b>Dripnet Pc</b>
Diamètre	25 mm					
Ecartement	0.4 m					
Autorégulant	0.5 – 4 bars					

**Devis simplifié :**

Nom de l'exploitant : N-SUKAL SA

Fournisseur : NETAFIM

Station de tête	15 202 550 FCFA
Distribution et accessoires	95 85 665 FCFA
Equipement à la parcelle	12 934 039 FCFA
Total fournitures	123 991 254 FCFA

Installation	3 000 000 FCFA
Terrassement	12 287 500
Main d'œuvre	5 896 450 FCFA
Total service	21 183 950 FCFA

Montant du devis : **166 000 000 FCFA**    Coûts à l'hectare : **3 320 000 FCFA**

**Liste des abréviations :**

**2iE** : Institut internationale d'ingénierie en eau et environnement.

**CIRAD** : Centre de coopération internationale en recherches agronomiques pour le développement

**CLETC** : Société chinoise de l'industrie légère pour la coopération technico-économique avec l'étranger

**DGEMRH** : Direction de la gestion de l'eau et maintenance du réseau hydraulique (Office du Niger)

**DNS** : Direction nationale de la statistique

**DRI** : Durée de retour sur investissement

**FAO**: Fond des nations unies pour l'agriculture

**HMT**: Hauteur manométrique totale

**IGN**: Institut géographique du Mali

**IRSTEA** : Institut nationale de recherche en sciences et technologie pour l'agriculture (France)

**MAEM**: Ministère de l'agriculture et de l'élevage du Mali

**MIMM**: Ministère de l'industrie et des mines du Mali

**N- SUKALA SA** : Nouveau complexe sucrier du Kala Supérieur

**ON** : Office du Niger

**RM** : République du Mali

**RPR** : République populaire de Chine

**SDI** : Subsurface drip irrigation/irrigation goutte à goutte enterrée

**TN**: Terrain naturel

### Liste des tableaux :

Table 1 Données climatiques (station météo sahel).....	15
Table 2 Humidité du sol .....	18
Table 3 Cycle de la canne à sucre .....	19
Table 4 Autres Facteurs agronomiques (A.SCHIMITT).....	20
Table 5 Productivité en chiffre (Sudhakar, 1993) .....	20
Table 6 Besoin en eau .....	22
Table 7 Conductivité (Bliesner).....	24
Table 8 Paramètres d'organisation de l'irrigation .....	25
Table 9 Facteurs de dimensionnement .....	30
Table 10 Paramètres d'arrosage .....	30
Table 11 Débit nominal du système .....	30
Table 12 Facteurs de correction (Karmelli, 1975).....	32
Table 13 Dimensions ligne de goutteurs .....	33
Table 14 Dimensions ligne tertiaire .....	34
Table 15 Dimensions ligne secondaire.....	35
Table 16 Dimensions ligne primaire .....	36
Table 17 Dimensions ligne de transport .....	37
Table 18 Récapitulatif des dimensions du réseau de distribution.....	37
Table 19 Calculs de la HMT .....	38
Table 20 Dimensions bassin d'aspiration.....	39
Table 21 Calculs de la DRI .....	42

## Liste des figures :

Figure 1 Image du périmètre (Google earth).....	13
Figure 2 Carte de la zone du projet (SIG Office du Niger) .....	13
Figure 3 Tige de canne à sucre .....	18
Figure 4 cycle annuel canne à sucre (CIRAD).....	19
Figure 5 Mouvement du sel dans le bulbe humide (Kenig, 1996) .....	24
Figure 6 Plan du périmètre .....	26
Figure 7 Mode de pose ligne de goutteur (IRSTEA, 2013) .....	27
Figure 8 Espacement des goutteurs et des plants de canne (NETAFIM) .....	28
Figure 9 Anatomie du goutteurs dripnet PC (Netafim).....	29
Figure 10 Caractéristiques de la pompe (LEROY SOMER).....	39
Figure 11 Bassin d'aspiration .....	40
Figure 12 Filtres (Phocaide, 2001) .....	40
Figure 13 Dispositif de fertilisation (A.Phocaide,FAO, 2008)) .....	41

## **I. Introduction:**

### **I.1 contexte**

Le Gouvernement du Mali a longtemps affiché sa volonté politique de faire de l'agriculture le moteur de l'économie nationale et de faire du Mali une puissance agricole ; garante de sa souveraineté alimentaire afin d'assurer le décollage économique avec un taux de croissance de 7% par an d'ici à 2012. Pour cela, le pays dispose d'un énorme potentiel en terre pour produire le sucre nécessaire à la satisfaction des besoins de consommation de sa population, estimés à 150 000 t/an. Rappelons que pour compléter la production locale de sucre qui est de 50 000 t/an, le Mali importe de grandes quantités de sucre.

Cette volonté politique nationale s'est donc manifestée par l'initiation du Nouveau Sukala SA, un projet majeur issu de la coopération sino-malienne. Produit d'un accord passé le 28 Novembre 2009, avec la Société China Light Endustry Corporation for foreign economical and technological cooperation (CLETC), ce projet se propose de concilier deux domaines de développement, à savoir : l'agriculture et l'industrie. Avec un coût d'investissement des chantiers s'élevant à 88 milliards de F CFA, ce projet offrira à la Chine 60% d'actions contre 40% pour l'Etat malien.

Cette nouvelle société active donc depuis 2012 a initié un bon nombre de projet parmi lesquels un projet de goutte à goutte et par pivots enrouleurs en milieu rural. En effet le PDG de N-SUKALA SA est l'émanation de la volonté des plus hautes autorités du Mali de propulser le secteur agro-industriel au rang qu'il a le potentiel d'occuper dans le développement socio-économique du pays. L'objectif fondamental du PDG de N-SUKALA SA est d'atteindre l'autosuffisance en sucre pour le Mali, d'exporter l'excédent de production sucrière vers des pays voisins et de contribuer à la réduction de la pauvreté des populations rurales, à travers la valorisation des eaux de surface pour l'irrigation des cultures de cannes à sucre et l'industrialisation de la zone.

Le projet est conçu selon une approche de développement durable, car il combine la protection de l'environnement, la promotion économique et sociale par l'intermédiaire d'un plan de développement communautaire et la valorisation innovatrice des ressources naturelles par la production de sucre produit essentiel et denrée à grande valeur commerciale au Mali et dans la sous-région.

La composante agricole du projet implique l'irrigation et l'aménagement d'un peu plus de 14.000 ha en deux périmètres distincts. Les systèmes de ravitaillement en eau se font à partir des infrastructures de canalisations existantes. Dans la zone dite zone A le prélèvement se fera à partir du canal existant de Costes Ongoïba tandis que la seconde zone dite C sera irriguée à partir du canal existant du Sahel. La méthode d'irrigation choisie est le goutte à goutte pour pallier aux problèmes cités. Le choix de l'irrigation par goutte à goutte est guidé principalement par le souci de l'économie de l'eau. Le Projet de goutte à goutte relève d'un secteur stratégique du développement socioéconomique du Mali où l'incidence nationale de la pauvreté reste très élevée avec près de 64% de pauvres globalement et de 80% en milieu rural.

N-SUKALA a alors contracté avec une société chinoise l'aménagement de 50 ha en irrigation par goutte à goutte afin de faire un champ test dans la zone de l'Office du Niger. Les travaux d'installation du système goutte à goutte devront démarrer en décembre 2015 et se poursuivront jusqu'à la plantation et l'irrigation de la canne (Mars 2016). Le projet sera suivi par plus de 10 stagiaires techniciens du développement rural pendant une durée moyenne de 3 mois.

## **I.2 Problématique:**

Les effets de la sécheresse des dernières décennies doublés des effets marqués du changement climatique dans la zone (sahel) imposent une utilisation rationnelle des ressources hydriques disponibles.

Partant de ce constat, le gouvernement du Mali a donné une importance capitale à toutes les actions qui visent l'objectif de l'utilisation rationnelles des ressources en eau sur le territoire nationale.

La direction générale de N-SUKALA SA a alors initié un projet de champs école en irrigation goutte à goutte pour répondre aux enjeux d'une agriculture durable.

Ce champ test devra permettre de tirer assez d'enseignement pour aborder l'élaboration des dossiers de mise en œuvre du programme d'aménagement de 1400 ha en irrigation goutte à goutte avec suffisamment de recul.

La technique du goutte à goutte possède de nombreux avantages sur les autres systèmes d'irrigation. Elle augmente de façon significative l'efficacité de l'utilisation de l'eau et améliore les conditions de développement des cultures. Cette particularité de cette technique d'irrigation répond aux objectifs de production fixés par la direction agricole de N-SUKALA SA.

Cependant cette technique d'irrigation révolutionnaire sur la canne à sucre est encore assez méconnue en Afrique et particulièrement au Mali, de ce fait la mise en œuvre de ce projet demande une certaine adaptation au contexte de la société.

La mécanisation des opérations agricoles et particulièrement pendant les périodes de billonnage et de récolte sont des aspects que le projet devra prendre en compte.

Sur la base des besoins en eau de la culture de la canne à sucre et de la superficie susmentionnée, le volume total à prélever est estimé à 14,5 m<sup>3</sup>/ha, soit un débit fictif continu d'environ 1 litre/s/ha.

La zone du projet dont il est question se localise dans le territoire sous gérance de l'office du Niger, au nord-est de la ville de Ségou, capitale de la quatrième région administrative et économique du Mali. La zone d'influence globale du projet englobe au total les territoires de 6 communes rurales avec une superficie de 2.087 km<sup>2</sup> et une population de 155.902 habitants environs.

Le prélèvement de l'eau pour l'approvisionnement du périmètre se fera sur le réseau commercial de l'office du Niger à travers le canal du sahel qui longe le site choisi pour l'établissement du champ.

## **II. Objectif de l'étude :**

### **Objectif global:**

Il s'agira pour cette étude de proposer un plan d'aménagement par goutte à goutte d'une superficie de 50 ha sur le site choisi permettant la culture de canne à sucre.

### **Objectifs spécifiques:**

Les objectifs spécifiques de cette étude sont les suivantes:

- Estimation des besoins en eau de la canne à sucre ;
- Configuration de l'aménagement (un design répondant aux problèmes posés par la mécanisation des procédés agricoles de la société)
- Choix du matériel d'irrigation ;
- Organisation de l'irrigation ;
- Estimation du coût de l'aménagement ;
- Etude de viabilité du projet.

Il est attendu au terme de cette étude un plan d'aménagement du site choisi indiquant l'emplacement des différents équipements hydrauliques du réseau ainsi que les profils du réseau de distribution.

## **III. Présentation de la zone d'étude:**

Le site choisi pour l'aménagement est situé dans la zone de M'Bewani à l'office du Niger ; dans le grand périmètre (zone C) exploité par N-SUKALA SA selon la délimitation de l'office. Le périmètre est limité précisément:

- Au Nord par le canal du Sahel de l'office du Niger ;
- Au Sud par le village de Dougabougou et de B4 ;
- A l'Est par le village de Sissako ;
- A l'Ouest par le village de Djaneboudou et les périmètres irrigués par pivot enrouleur de N-SUKALA.

La figure qui suit présente une carte de la zone du projet :



Pour avoir un aperçu exhaustif des informations en lien avec la thématique de notre étude nous avons effectué une recherche documentaire autour du dit thème. Cette recherche effectuée sur la base d'un certains nombres de questions nous a fourni des informations sur les aménagements hydro-agricoles de la zone et sur les aménagements par goutte à goutte à travers le monde.

## **2. Phase terrain:**

La structure d'accueil étant basée sur le site choisi pour l'aménagement, les visites de terrain pour effectuer les études de base étaient menées fréquemment.

Ces visites quasi quotidiennes nous ont permis d'obtenir certains paramètres hydrauliques nécessaires pour le dimensionnement du réseau à travers des mesures et observations du site.

## **3. Phase bureau:**

Dans cette phase il s'agit surtout du traitement des données récoltées sur le terrain et de la recherche documentaire.

Aussi la conception générale de l'aménagement a été élaborée en bureau au moyen d'ordinateur et autres outils nécessaires pour sa réalisation.

## **V. Etablissement des données de base :**

Sur la base des mesures et des essais effectués sur le site d'une part et d'autre part des données recueillies dans la recherche documentaire, nous avons pu caractériser l'environnement physique du site.

## 1. Caractérisation du climat

Pour la zone de M'Bewani de l'Office du Niger nous avons utilisé les facteurs climatiques recueillis dans la station météo Sahel à Niono situé à quelques kilomètres de notre zone d'étude. Ces données se présentent comme suit (sahel, données climatiques, 2010) :

Table 1 Données climatiques (station météo sahel)

DGEMRH	Facteurs climatiques													TOTAL
	Station météo sahel (14°N.13-6°W.L) NIONO													
Description climatologique	Unité/mois	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	
<b>Données climatologiques</b>	Saisons	Contre saison froide			Contre saison chaude				Saison hivernale					
Température moyenne	°C	22,2	20,8	25,2	28,3	32,1	32,7	31,4	28,8	28	28,8	28,7	26,6	
Insolation moyenne	Heure/j	7,6	8,1	8,1	7,5	7,3	8,1	7,1	6,7	7,5	8,1	8,4	8,3	
Vitesse vent moyenne	m/s	1,3	1,8	1,7	1,7	1,6	1,3	1,5	1,6	1,2	1,5	1	1,1	
Hr moyenne	%	40	38	34	34	38	50	58	67	73	68	58	45	
<b>Evaporation</b>														
Evapotranspiration de référence (ET0 suivant Penman/Montelth)	mm/mois	217	233	249	316	285	267	216	158	149	150	180	201	2621
Evaporation Bac Colorado	mm/jr	7	7,5	8,9	10,2	9,5	8,6	7,2	5,1	4,8	5	5,8	6,7	
		7,3	8	9,4	11,4	11,4	8,9	8,7	6,8	6,2	6,5	6,7	7,9	
<b>Pluviométrie</b>														
Pluviométrie 2010	mm/jr	0	0	0	0	0	0	19	96	118	120	4	0	352
Pluviométrie moyenne	mm/mois	0	0	0	0	0	14	60	120	147	64	4	0	409
Pluviométrie quinquennale	mm/mois	0	0	0	0	0	2	23	83	100	31	0	0	239
Pluviométrie Décennale	mm/mois	0	0	0	0	0	0	15	64	87	15	0	0	181
Coeff d'efficacité de pluie (FAO)	%	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80
Apport de pluie quinquennale	Mm/mois	0	0	0	0	0	2	18	66	80	25	0	0	191

La zone du projet se situe dans la ceinture climatique du sahel. Les précipitations annuelles se situent en moyenne autour de 400 mm, mais les variations d'année en année sont importantes : de 200 à 700 mm. La hauteur annuelle moyenne des pluies, calculée à l'aide des données contenues dans les registres couvrant la période 1961-95 (soit 35 années), recueillies au niveau du pluviomètre à Niono, est de 504,2 mm. Au cours de cette période, la hauteur annuelle moyenne minimum des pluies (enregistrée en 1983) s'est établie à 291 mm, contre un niveau maximum de 820 mm enregistrés en 1965.

En général, les précipitations annuelles se concentrent sur 30 à 40 jours entre juin et octobre. Les températures minimales journalières tournent en moyenne autour de 15°C de novembre à février, et les températures maximales autour de 40°C en mai.

Les hauteurs d'évapotranspiration tournent autour de 5 à 6 mm/jour en moyenne pendant les mois froids et de 7 à 8 mm/jour pendant les mois de grande chaleur.

## **2. Caractérisation de l'hydrographie et de l'hydrologie :**

L'hydrologie de surface est un facteur déterminant des caractéristiques environnementales, naturelles et humaines, de la zone du projet. L'écoulement des eaux de surface conditionne en particulier les écosystèmes naturels, les activités socio-économiques. Du point de vue réseau hydrographique naturel, la principale entité naturelle est le « delta mort » du Niger.

Les terres irriguées de l'office du Niger sont arrosées par les eaux du fleuve Niger. Le débit du fleuve Niger est rythmé par le régime pluviométrique avec un débit d'environ 100 m<sup>3</sup>/s de la fin du mois de janvier au mois de mai, lorsque la saison des crues commence. Le débit du fleuve atteint son niveau le plus élevé en septembre/octobre avec un débit moyen de 2 500- 3 000 m<sup>3</sup>/s en atteignant parfois 5.000 m<sup>3</sup>/s ou plus.

Il n'y a pas de cours d'eau dans la zone du projet. La commune est à cheval sur le fala de Molodo et le canal Coste Ongoïba, important canal d'irrigation de l'office du Niger.

Les ressources en eau de surface sont constituées principalement par les « falas » de Molodo, Boh, Méma. Elles sont fortement influencées par l'apport d'eau des réseaux d'irrigation de L'ON pour le développement de la riziculture.

Les aquifères sont en continuité hydraulique avec le lit du fleuve Niger se subiraient donc ses variations. Les nombreux aménagements hydro agricoles, notamment ceux promus par l'office du Niger, favorisent le maintien des eaux superficielles et donc la remontée des nappes phréatiques à proximité. En conséquence, à proximité des parcelles irriguées et du canal adducteur, l'eau est généralement accessible, à l'aide d'unités artisanaux ou de forage peu profonds.

## **3. Caractérisation de la faune:**

Des témoignages de la population locale, avant les périodes de sécheresse qu'a connues le Mali dans les années 1970, l'abondance de la végétation constituée d'une mosaïque de savanes boisées et de forêts claires, servait d'habitats pour une faune riche et variée. Dans cette région la faune était constituée de chimpanzés, galagos, pangolins, Patas, babouins, singes verts, potamochères, des antilopes. De nos jours, à cause de la présence permanente de la population, des feux de brousse, brûlage des cannes et la chasse incontrôlée, la faune sauvage n'est plus

représentée que par une grande diversité d'oiseaux, surtout granivore (tourterelles, pies...) et la petite faune : serpent, souris, lapins, perdrix. La grande faune y est quasiment inexistante.

#### 4. Caractérisation de la végétation :

Le site du projet est situé dans la savane d'acacia sahélienne. Plus précisément, on peut distinguer l'éco zone concernant la savane arbustive d'*acacia nilotica* et seyal. La dernière étude exhaustive de la végétation à l'office du Niger avait été entreprise en 2009. Elle conclut que dans un intervalle de 20 ans, la végétation a subi de profondes altérations, à la composition florale, la densité et à la productivité. Les changements ont été attribués au déboisement, aux pratiques pastorales destructrices, à l'extraction de bois de chauffe, et aux sécheresses.

Néanmoins, l'étude conclut qu'en 1996 la zone de l'ON abritait une végétation diversifiée; elle distingue les principaux types de végétation suivants :

- la savane arbustive avec *Acacia seyal*,
- la savane arbustive avec *Piliostigmareticulata*,
- la savane boisée avec *Acacia nilotica*.

Des espèces d'arbres qui sont protégés au Mali aux termes de la Loi N°10-028/P-RM du 12 juillet 2010, déterminant les principes de gestion des ressources du domaine forestier national, on reconnaît que quatre se produisent naturellement dans la zone de Siribala:

- *Acacia albida* (Balanzan) ;
- *Acacia senegal* (Patoukou) ;
- *Anogeisusleiocarpus* (N'Galaman) ;
- *Parkiabiglobosa* (Néré).

La productivité agricole, pastorale et forestière est plus importante dans le Fala comparativement au plateau adjacent, en raison surtout de l'amélioration de la disponibilité d'eau. Ainsi, certaines personnes utilisent le Fala abondamment pour la pêche, pour installer des jardins potagers et fruitiers, paître les animaux et collecter du bois. Le Fala abrite des bosquets denses et hauts *acacia nilotica* et de *myraginaspp*. L'*acacia nilotica* est utilisé pour son bois de chauffe, le fourrage et les fruits pour le tannage. Le *myragina* fournit du bon bois de construction, et du bois de chauffe, et il est utilisé dans le traitement du paludisme.

#### 5. Caractérisation du sol et du relief:

Le relief est plat dans l'ensemble et situé dans la plaine du Delta. Les sols dans la zone sont typiquement faits de sables, de limons et d'argiles d'origine fluviale, bien que des dunes de sable fossiles surviennent dans plusieurs zones. Les sols sablonneux sont souvent des dunes basses, les sols limoneux sont d'anciennes levées du Fala, et les sols argileux surviennent sur de vastes plaines plates inondées et dans les dépressions peu profondes. Les sols riches en calcium, sodium et chlorure de magnésium et en sulfates surviennent localement, créant à la fois des horizons salines et sodiques. Alors que des taux élevés d'évapotranspiration relative aux précipitations créent une tendance naturelle à la salinisation, l'irrigation et l'application des engrais peuvent exacerber le phénomène même si l'eau du fleuve Niger a une teneur basse en sels.

Également les études pédologiques antérieures menées dans la zone du projet révèle que nous avons dans la zone un sol limono-argileux-sableux à dominance limoneux-argileux avec une texture de classe moyenne (CILSS, Novembre 2001). Par ailleurs les valeurs consignées dans le tableau suivant peuvent nous servir de base de calcul (A.Phocaide, FAO, 2008):

**Table 2 Humidité du sol**

Paramètres	Valeurs
Hcc (%)	26
Hpf (%)	14
I (mm/h)	20

La distribution de l'eau est influencée par la structure du sol. Les couches compactes et la stratification horizontale favorisent le mouvement horizontal de l'eau aux dépens de la percolation verticale. A l'inverse, une structuration verticale dans un sol compact contribue à drainer l'eau vers le bas entraînant l'humidification partielle des couches superficielles du sol

## 6. Caractérisation de la culture de canne à sucre:



La canne à sucre est une grande graminée tropicale herbacée à port de roseau, d'une hauteur allant de 2,5m à 6m.

La canne produit des graines mais la reproduction est essentiellement assurée par bouturage.

En agriculture intensive comme celle menée par N-SUKALA SA, après les récoltes, des procédés physiques et chimiques permettent une extraction du saccharose pur contenu dans les tiges de canne avec une quantité de saccharose allant jusqu'à 120 Kg /tonne de canne (N-SUKALA SA, 2013). Aussi d'autres produits dérivés sont produites à partir de la canne comme l'alcool, la bagasse et la mélasse.

**Figure 3 Tige de canne à sucre**

A défaut d'avoir des données expérimentales sur la culture de la canne à sucre dans la zone nous nous référerons à celles provenant de la recherche documentaire.

### a. Le coefficient cultural de la canne à sucre : Kc

Ce coefficient qui est fonction de la surface de la feuille de la plante, de sa rugosité, de son stade de croissance, de la saison culturale et des conditions météorologiques est de (A.Phocaide,FAO, 2008)

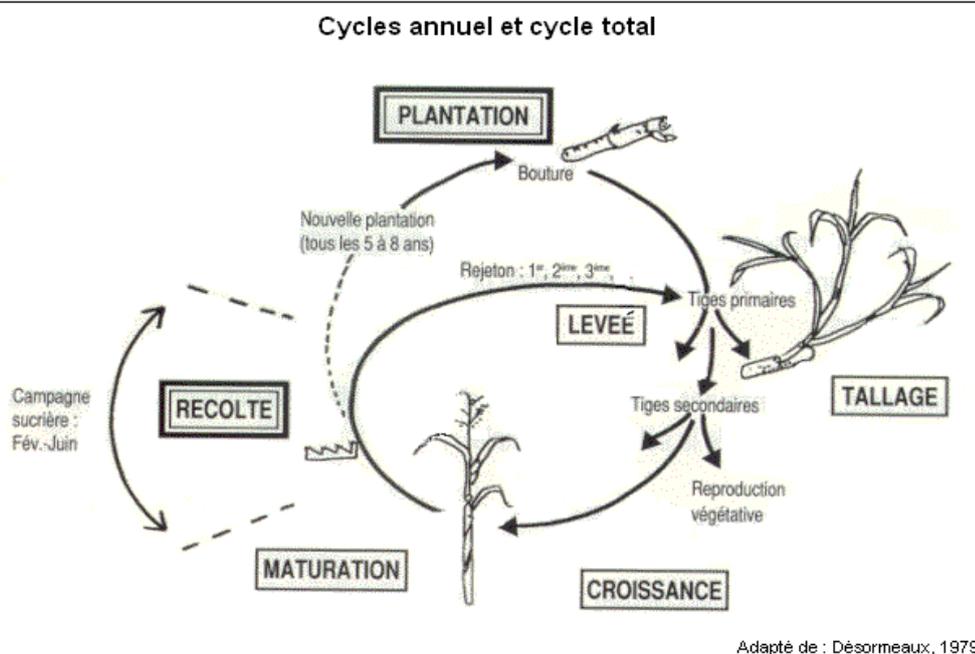
**Table 3 Kc de la canne à sucre (FAO)**

Coefficient cultural Kc				
culture	Phase initiale	Phase de croissance	Phase de mi-saison	Phase de récolte

Canne à sucre	0.45	0.85	1.15	0.65
---------------	------	------	------	------

### b. Le cycle végétatif de la canne à sucre:

La canne à sucre est une culture annuelle dont la croissance s'étale sur les douze mois de l'année comme l'illustre les schémas suivants (CIRAD, 2005) (Desormeaux, 1979)



### Décomposition du cycle annuel

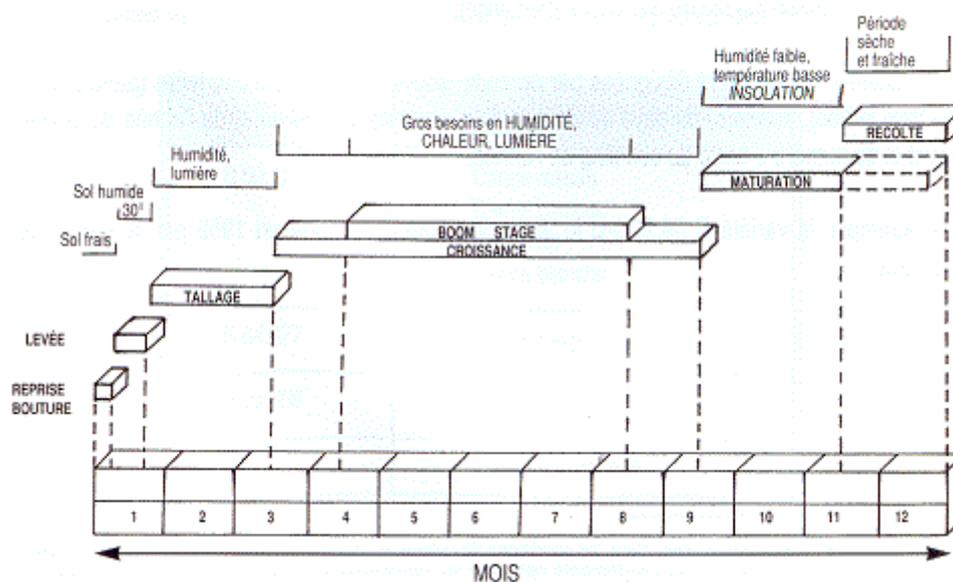


Figure 4 cycle annuel canne à sucre (CIRAD)

Cette décomposition nous renseigne sur les durées des différentes phases de croissance de la canne à sucre. Ainsi nous distinguons donc:

Table 4 Cycle de la canne à sucre

Phase	Reprise	Tallage	Croissance	Maturation
-------	---------	---------	------------	------------

Durée (jours)	20	50	150	60
Mois (fin)	Janvier	Mars	Aout	Octobre

**Note :** Dans le cycle annuelle de la canne à sucre, les mois de novembre et de décembre marqueront le début des premières récoltes selon le calendrier fixé par la direction agricole de N-SUKALA

### c. Autres paramètres agronomiques et hydrauliques:

A défaut de sondages ou d'essais réalisés sur le site nous nous référerons aux informations issues des publications faites sur le thème.

Le tableau ci-dessous résume certains facteurs à prendre en considération pour la conception de l'aménagement (Dill, 2011) (Keita, 2012)

**Table 5 Autres Facteurs agronomiques (Dill, 2011)**

CULTURE DE CANNE A SUCRE								
GC %	Kr	Z (m)	Ks	EU	Ea	EcW (ds/m)	Max ECe (Ds/m)	Min ECe (Ds/m)
70	0,94	1,6	1	0,9	0,9	2	19	1,7

### 1. Principe du système d'irrigation adopté:

L'irrigation goutte à goutte fait partie de la micro irrigation qui inclut également les micro-asperseurs et les micros jets. Le terme est généralement utilisé pour décrire des méthodes d'irrigation dans lesquelles l'eau est distribuée directement dans le sol par petites quantités à intervalles rapprochés au moyen d'émetteurs (goutteurs) espacés le long d'étroits tuyaux ou tubes de goutteurs.

L'irrigation goutte à goutte se distingue des autres systèmes entre autre par l'humidification partielle du sol. L'eau est appliquée par plusieurs émetteurs minuscules. Dans cette installation chaque émetteur mouille la surface du sol qui lui est adjacente.

Bien que les goutteurs constituent le dispositif central du système d'irrigation au goutte à goutte, celui-ci se compose de plusieurs autres éléments. Ceux-ci doivent être compatibles entre eux et adaptés aux exigences des cultures ainsi qu'aux caractéristiques de la parcelle irriguée.

En outre dans le monde entier de considérables économies en eau ainsi qu'une impressionnante augmentation de la productivité ont pu être obtenus grâce au passage à ces techniques d'irrigation comme l'atteste ces chiffres provenant de l'état de Maharastra en inde se rapportant à la 3<sup>ème</sup> année suivant le passage au goutte à goutte (Desai, 1993) :

**Table 6 Productivité en chiffre (Sudhakar, 1993)**

Culture	Augmentation de la productivité %	Economie d'eau %
Banane	52	45
Raisin	23	48

Citron doux	50	61
Grenade	98	45
Canne à sucre	23	56
Tomate	50	39
Pastèque	88	36
Coton	27	53
Chou	2	60
Papaye	75	68
Radis	2	77
Betterave	7	79

**D'autre part en raison d'une mécanisation dans les processus agricoles de N-SUKALA nous avons opté pour un système goutte à goutte souterrain (SDI) qui offre une liberté de mouvement aux engins ou machines œuvrant dans le champ.**

#### **a. Avantages du système SDI:**

Parmi les nombreux avantages que nous pouvons tirer de ce système SDI nous pouvons noter:

- La non-interférence avec les activités agricoles mécaniques :

Dans le cas d'une culture de plein champ annuelle telle que celle de la canne à sucre il n'y a nullement besoin de démonter les lignes à chaque campagne puisque cette disposition permet de travailler mécaniquement le sol aussi souvent que nécessaire.

- La protection des lignes de distribution :

Du fait qu'elles soient enterrées, les risques liés aux conditions climatiques sont minimes.

- La conservation de l'eau :

Apportant la dose au niveau radiculaire de la plante, le SDI économise une quantité d'eau vouée à l'évaporation et au ruissèlement. Aussi la sécheresse de la surface entraîne une non-prolifération des mauvaises herbes et donc une économie d'herbicides.

- Amélioration de la fertilisation et de l'efficacité

L'assimilation des éléments nutritifs est améliorée du fait de leur application dans la zone radiculaire.

Ceci conduit donc à une hausse du rendement et de la qualité.

#### **b. Inconvénients du système SDI:**

Malgré le coté innovant de cette technique, il faut tout de même dénombrer quelques contraintes ou exigences:

- Difficulté de contrôle de l'application d'eau

Avec l'impossibilité d'évaluer la quantité d'eau sous le sol il apparait que l'uniformité de la distribution d'eau et le fonctionnement même du système ne sont pas facilement contrôlable. Ceci pourrait entraîner une réduction de la dose apportée ou à un excès d'eau entraînant un manque d'aération du sol.

- Le colmatage des goutteurs et les variations de débits :

Les particules de sol et les débris racinaires peuvent se coller aux goutteurs et ainsi les bouchés.

Le débit des goutteurs peut être plus grand que la capacité du sol à redistribuer l'eau entraînant ainsi une hausse de la pression autour des goutteurs réduisant de ce fait le débit des goutteurs.

- Limites de la qualité de l'eau :

Sur le long terme ; une gestion stricte de la qualité de l'eau est nécessaire dans la mesure où il est impossible de repérer et d'entretenir les goutteurs colmatés sous le sol.

**NOTE :**

**Cependant au cours de ces vingt dernières années la plupart des problèmes posés par le SDI ont été résolus.**

**Les fabricants (Netafim, NaanDanjain, Treflan™...) et les chercheurs dans le domaine proposent des alternatives pour corriger les contraintes aux moyens de valves anti-vidange, de régulateurs de vide et des techniques de pose des conduites innovantes.**

## 2. Calcul des paramètres d'irrigation :

Les données de bases qui sont à notre disposition nous permettent d'estimer certains paramètres d'irrigation (sous certaines hypothèses et/ou formules) qui se présentent dans le tableau suivant :

**Table 7 Besoin en eau**

<u>Canne à sucre</u>	Max Ece	Min Ece	EcW	Ks	Eu	Yr	LRt	LR		
	19	1,7	2	1	0,9	0,98	0,053	0,45		
<u>Cycle (j)</u>	280									
<u>Kr</u>	0,7									
	<u>janvier</u>	<u>février</u>	<u>mars</u>	<u>avril</u>	<u>Mai</u>	<u>juin</u>	<u>juillet</u>	<u>août</u>	<u>septembre</u>	<u>Octobre</u>
<u>Durée (j)</u>	20	30	30	30	30	30	30	30	30	20
<u>Kc</u>	0,3	0,85	0,95	1,15	1,15	1,15	1,15	0,98	0,65	0,65
<u>P (mm)</u>	0	0	0	0	0	60	120	147	64	4
<u>Pe (mm)</u>	0	0	0	0	0	36	72	88,2	38,4	2,4
<u>ET0 (mm)</u>	7,5	8,9	10,2	9,5	8,5	7,2	5,1	4,8	5	5,8
<u>ETM (mm)</u>	2,25	7,565	9,69	10,925	9,775	8,28	5,865	4,72	3,25	3,77
<u>ETMloc (mm)</u>	1,58	5,30	6,78	7,65	6,84	5,80	4,11	3,30	2,28	2,64
<u>Besoin (mm)</u>										
<u>Irn</u>	1,58	5,30	6,78	7,65	6,84	0,00	0,00	0,00	0,00	0,24
<u>Besoin irrigation (mm) Irg</u>	1,84	6,19	7,93	8,94	8,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,28

**Hypothèses et formules utilisées pour la détermination des paramètres :**

- **Kr** : coefficient de réduction de l'ETM et fonction du taux de couverture végétale (Dill, 2011)

$$P = P_{mois} * \left( \frac{N_{culture} / mois}{30} \right)$$

- **Kc** : coefficient cultural de la canne à sucre
- **P** : pluviométrie mensuelle moyenne
- **Pe** : pluie efficace

$$P_e = \begin{cases} 0,8P & \text{si } P > 75 \text{ mm} \\ 0,6P & \text{si } P < 75 \text{ mm} \end{cases}$$

- **ETP** : évapotranspiration potentiel mensuel
- **ETM** : évapotranspiration maximale

$$ETM = K_c ETP$$

- **ETM<sub>loc</sub>** : évapotranspiration maximale pour l'irrigation localisée

$$ETM_{loc} = ETM * Kr$$

- Le besoin net journalier **IRn** est donné par :

$$IRn = ETM_{loc} - Pe$$

- Le coefficient de stockage **Ks** :

Ce coefficient fonction du type de sol est prise **Ks=1** (Frenken, 2001) conformément à la texture limono-argileux de notre sol.

- Le rendement du réseau **Eu** :

Dans la mesure où pour un réseau d'irrigation localisée ce rendement ne devrait pas descendre au deçà de 0,90 (Keita, 2012) nous garderons une valeur de **Eu=0,90**

- Le rendement de la méthode d'irrigation **Ea** :

La formule suivante (A.Phocaide,FAO, 2008) permet d'évaluer ce rendement :

$$LRt = Ks * Eu$$

- Le besoin en eau de lessivage **Lr** :

Les sels dissouts dans l'eau ont tendance à s'accumuler à la périphérie de la zone humidifiée par le goutteur ou le sol contient moins d'eau en particulier à la surface. Il se forme alors autour de cette zone un anneau salin et une zone d'accumulation de sel que nous devons amoindrir pour garantir un rendement satisfaisant ( $\geq 90\%$ ).

Une bonne gestion de l'irrigation à une fréquence adéquate permettra d'apporter l'eau au sol tout en assurant une faible concentration de sels dissouts. Les autres éléments nutritifs apportés par l'eau suivent également le même modèle de distribution.

La figure suivante (Kremmer, 1996) illustre ce mouvement du sel :

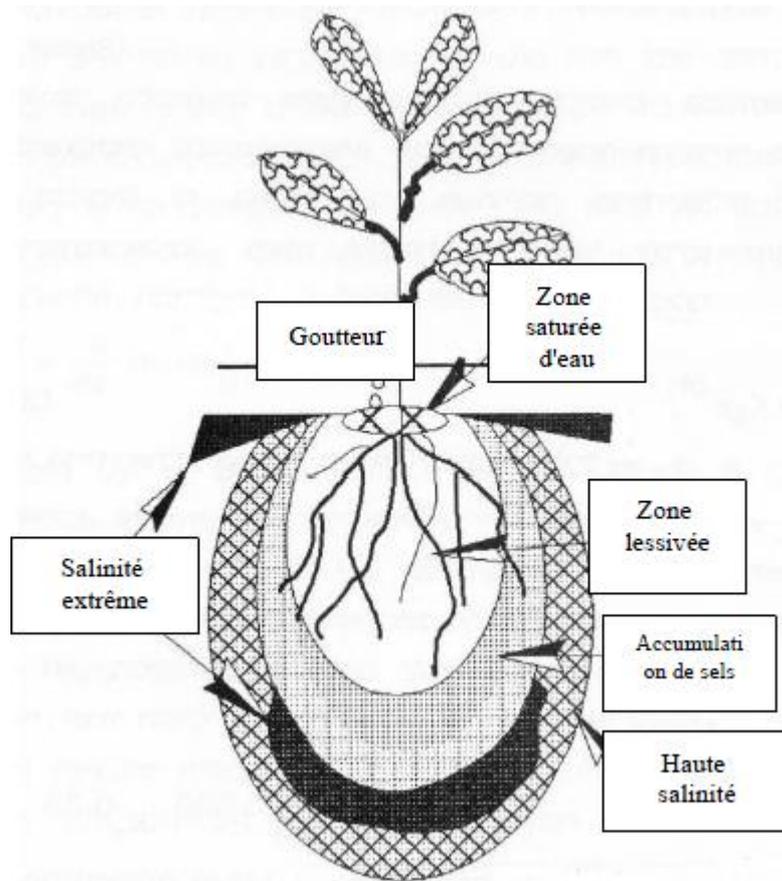


Figure 5 Mouvement du sel dans le bulbe humide (Kenig, 1996)

Le contrôle de cette salinité nécessite la prise en compte de deux autres paramètres :

- La conductivité hydraulique de l'eau  $EC_w$  :
- La conductivité hydraulique du sol saturé (échantillon)  $EC_e$  :

Nous allons pour l'évaluation de ce paramètre nous référer au tableau des minimums et des maximums d' $EC_e$  pour différentes cultures (Keller, 1990)

Table 8 Conductivité (Keller, 1990)

Canne à sucre					
Min	$EC_e$	(déci siemens/m ou DS/m)	Max	$EC_e$	(déci siemens/m ou DS/m)
1,7			19		

Aussi une formule (Keller, 1990) permet d'estimer le ration du besoin de lessivage  $L_{Rt}$  :

$$L_{Rt} = \frac{EC_w}{2 * maxEC_e}$$

Ainsi le besoin en eau de lessivage s'écrira donc :

$$LR = L_{Rt} * \frac{IR_n}{E_a}$$

➤ Le besoin brut **IRg** est donné par :

$$IRg = IR_n / \text{Efficience}$$

D'autres paramètres ont été déterminés à partir des données de base préalablement établies pour l'organisation de l'irrigation. Le tableau qui suit résume ces données :

**Table 9 Paramètres d'organisation de l'irrigation**

<b>Paramètres</b>	<b>Valeurs</b>
humidité à la capacité au champ Hfc	26
humidité au point de flétrissement Hpf	14
profondeur d'enracinement Zr mm	1600
réserve utile Ru mm	192
facteur de tarissement p	0,45
Reserve facilement utilisable RFU	86,4
fréquence d'arrosage F	11,30
tour d'eau T	6
dose réelle Da	45,89
facteur de tarissement réel Pa	0,24
dose brute Dg	53,67
temps d'irrigation Twmax	22
nombre de poste d'arrosage Nsh	3
durée poste d'arrosage Ts	7
Débit d'équipement qe	1,04

## **VI. Dimensionnement final:**

Nous allons pour la conception de ce système procéder à une analyse assez complète des différentes possibilités en comparant entre autres les coûts d'investissements initiaux, les travaux champêtres et les dépenses d'énergie pour assurer un concept durable et viable.

### **1. Configuration et design du système :**

Le système de goutte à goutte conçu assurera les besoins en eau des tiges de canne à sucre via un réseau de conduites hiérarchisé et connecté à une station de pompage et d'autres équipements qui assureront le fonctionnement correct du système.

Le design de l'aménagement proposé est donné ci-dessous :

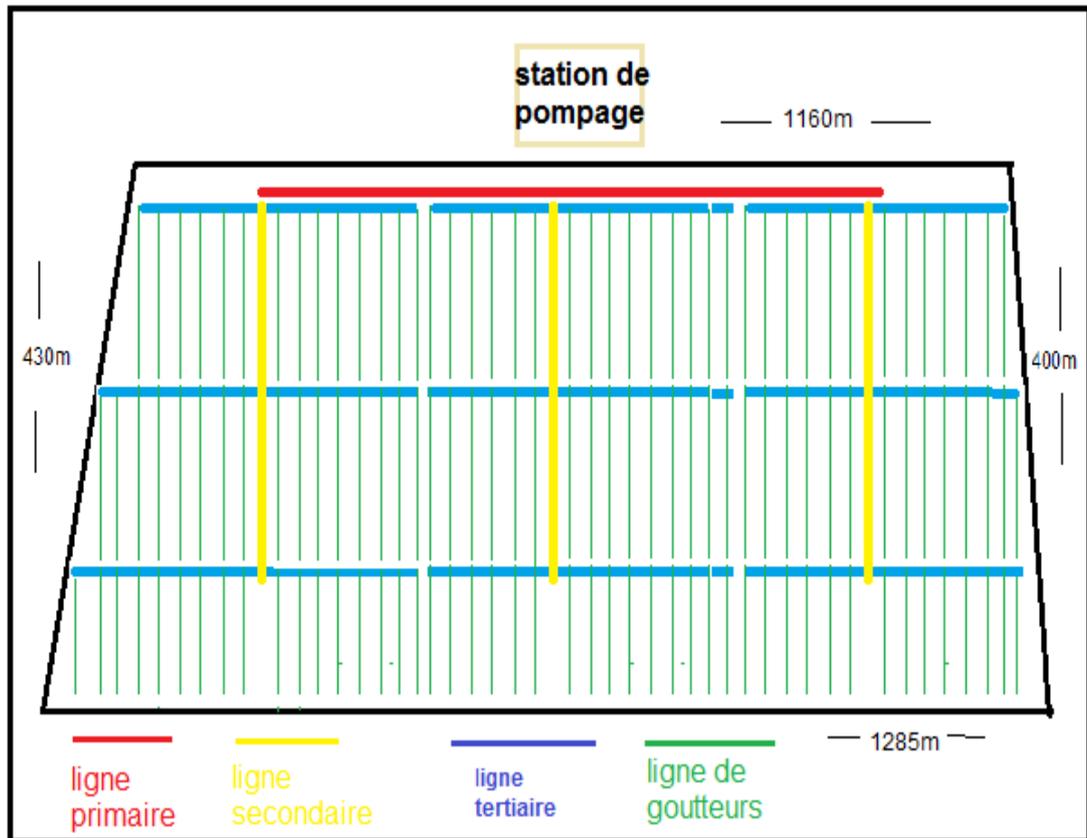


Figure 6 Plan du périmètre

Dans cette disposition le réseau se compose essentiellement de :

- Station de tête du réseau : Qui sera équipé d'une pompe en charge d'aspirer et de refouler l'eau dans le périmètre par le biais d'un canal d'aménagé existant. Cette station sera également munie d'une pompe doseuse d'engrais et d'équipements pour la filtration de l'eau d'irrigation ainsi que de divers accessoires d'installation de la station de tête ;
- D'une conduite principale connectée à la station de pompage ;
- De conduites secondaires elles-mêmes rattachées aux primaires ;
- De conduites tertiaires portant les lignes de goutteurs ;
- De conduites dites lignes de goutteurs qui porteront les goutteurs apportant la dose aux racines des pieds de canne à sucre
- D'accessoires hydrauliques assurant diverses fonctions sur le réseau (vanne, coude, Te, clapet...).

L'installation en profondeur des lignes de goutteurs à 60cm sous la cote TN permettra le traitement mécanique du sol conformément au système racinaire en profondeur de la canne à sucre tout en restant fidèle au principe du goutte à goutte enterré.

L'illustration suivante est celle d'un dispositif de goutte à goutte enterré SDI (IRSTEA, 2013) :



Figure 7 Mode de pose ligne de goutteur (IRSTEA, 2013)

## 2. Choix des goutteurs/émetteurs :

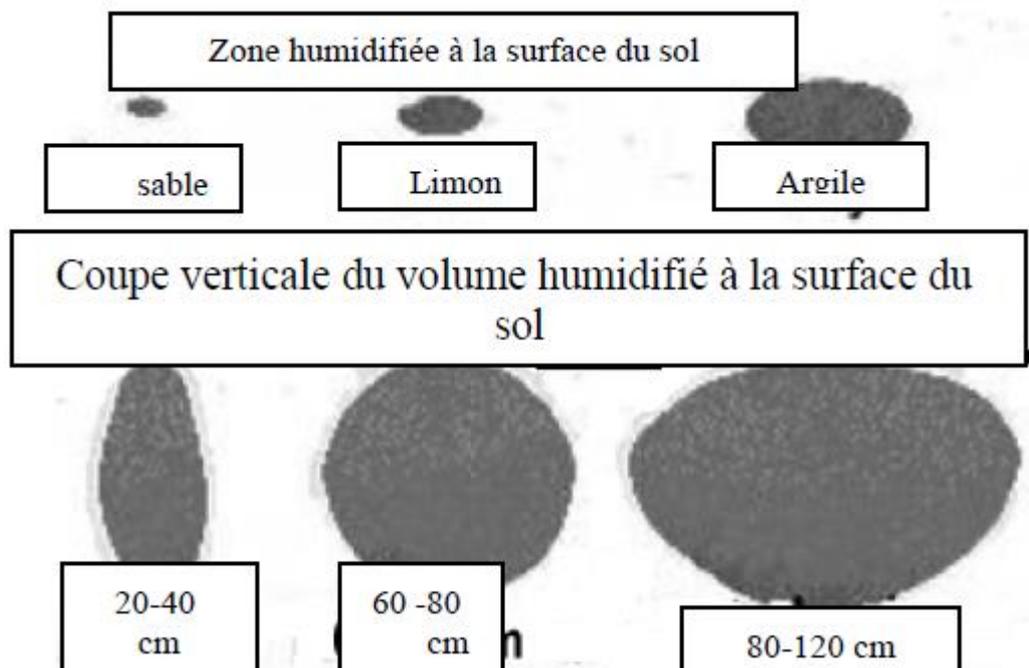
Les considérations préliminaires sont multiples pour le choix du type d'émetteur :

- Les propriétés du sol :

Le périmètre étant sans morcellement en parcelles et dédié à une seule culture, la distribution de l'eau doit être aussi uniforme que possible. Il est admis (règle de Christiansen) que la différence de débit entre les goutteurs ne doit pas dépasser 10% soit 5% au-dessus et au-dessous de la moyenne.

Le débit des goutteurs détermine la forme du mouillage du sol, ce qui est un facteur à prendre en compte dans la conception.

Des modèles permettant l'estimation de la forme du mouillage ont été développés par (Zur, 1986)(Shani, 1986):



volume de sol humidifié dans différents types de sol (Zur & Shani, 1986)

La texture argileuse de notre sol nous situe dans une forme de mouillage assez adapté au système racinaire de la canne à sucre (décrit dans la caractérisation de la culture) d'après les résultats fournis par ce modèle.

Aussi le taux d'infiltration du sol est une propriété qu'il faut prendre en considération pour le choix des goutteurs. En effet pour éviter les risques de ruissellement dans le périmètre il est nécessaire de choisir des goutteurs dont le débit est inférieur à la capacité d'infiltration du sol.

### 3. Le type de culture:

Des facteurs agronomiques notamment l'espacement entre les plants de canne à sucre sur une même ligne et sur les rangées nous guideront également dans le choix des goutteurs.

De plus les goutteurs choisis devront débiter suffisamment pour apporter la dose nette requise par la plante.

Ainsi l'espacement des goutteurs au même titre que celui des lignes de goutteurs constitueront une référence particulière pour le choix des goutteurs.

Nous allons opter pour notre concept le standard proposé par le fabricant Netafim à savoir une ligne de goutteur pour deux lignes de canne avec les dimensions suivantes :

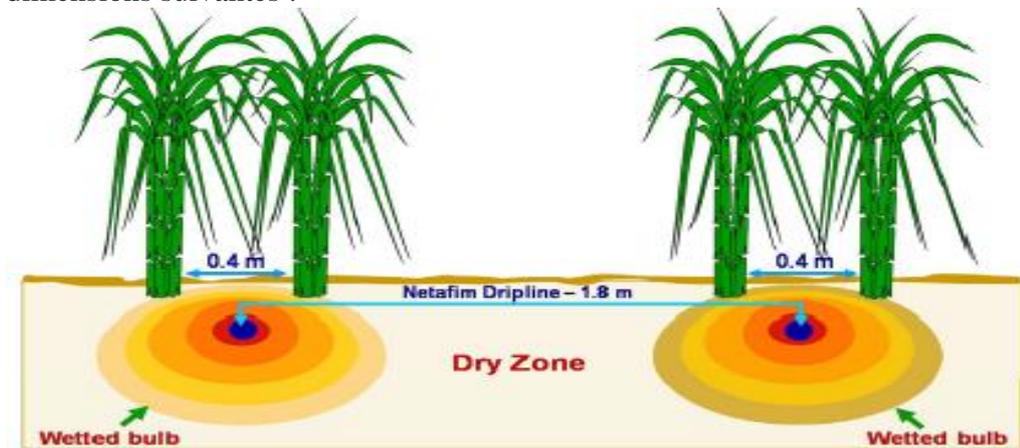


Figure 8 Espacement des goutteurs et des plants de canne (NETAFIM)

### 4. Facteurs énergétiques :

Le système du goutte à goutte est plutôt économique et demande des faibles pressions d'où son coût moindre en énergie.

Toutefois une trop faible pression comme une trop grande pression affecte l'uniformité de l'arrosage du périmètre, il s'agira donc de trouver un équilibre qui assurera une distribution uniforme de l'eau tout en réduisant les coûts liés à l'énergie.

En outre une autre composante relative au fabricant des goutteurs doit entrer en ligne de compte.

Puisque l'eau qui s'écoule à travers un dispositif d'irrigation goutte à goutte subit une perte de pression en passant par chacune des composantes du système, les goutteurs installés sur le système s'ils ne sont pas compensés devront être équipés de régulateurs de pression.

En effet les meilleurs goutteurs sont ceux qui sont les moins sensibles au colmatage et à l'intrusion de débris racinaires. Pour pallier à ce problème les goutteurs compensés sont moins sujets à une diminution de la pression en raison de la compensation de contre pression autour du goutteur.

Ainsi tenant compte de tous les considérations mentionnées ci-dessus nous allons équiper le réseau de goutteurs de type **DRIPNET PC AS Netafim** dont les caractéristiques sont les suivantes (Frederic Dollon NETAFIM, 2012) :

**Auto régulation:**

- Une grande homogénéité de débit même pour des longues lignes (jusqu'à 300 m et plus)
- adaptation à une topographie marquée

**Epaisseur 380 microns à 1MM:**

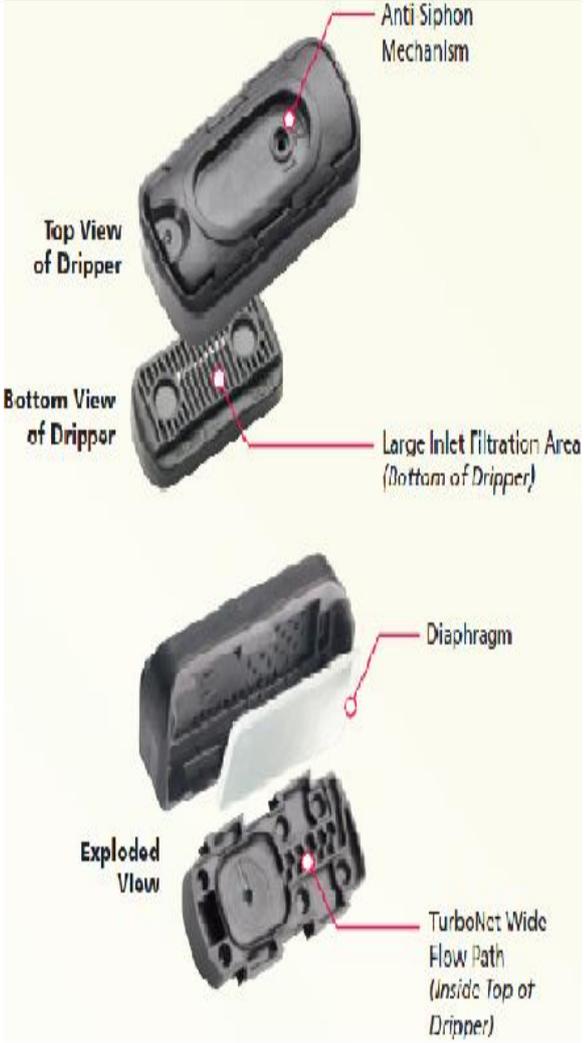
- Une performance assurée sur une longue période

**Flux Turbonet:**

- Résistance au colmatage exceptionnelle par une large filtration ; un labyrinthe court mais une large section de passage.

**Anti siphon:**

- Un système anti siphon qui permet d'éviter les phénomènes de succion à la fermeture de la vanne.



<b>Débit du goutteur(GPH)</b>
<b>0,42 GPH /1,6 L /h</b>
<b>Espacement entre goutteurs (inches)</b>
<b>18"/0,45m</b>
<b>Espacement entre ligne de goutteurs (m)</b>
<b>1,8m</b>
<b>Pression des goutteurs (PSI)</b>
<b>1,65 bar</b>
<b>Diamètre intérieur (inches)</b>
<b>0,620 "/18mm</b>
<b>Pluviométrie du goutteur (inches per hours):</b>
<b>0,29 "/hr / 7,36mm/h</b>
<b>Pression de compensation</b>
<b>De 7 à 58 PSI/ De 0,5 à 4 bars</b>

Figure 9 Anatomie du goutteurs dripnet PC (Netafim)

**Note :** La pluviométrie de ces goutteurs est de **Pem= 7,36 mm/h** ce qui est largement inférieur à la vitesse d'infiltration du sol **I=20mm/h**

Le choix de ces goutteurs impose une vérification de la conformité de certains paramètres du dimensionnement préliminaire que nous présentons dans ce tableau :

**Table 10 Facteurs de dimensionnement**

Paramètres	désignation	valeurs	Vérification
pluviométrie goutteur	Pem (mm/h)	7,37	OK
dose brute	Dg (mm)	53,67	OK
durée de poste	Ts (h/jr)	7	OK
tour d'eau	T (jr)	6	OK
facteur de tarissement réel	Pa	0,24	OK

## VII. Organisation de l'irrigation:

Pour la bonne marche de l'ensemble des composantes du système, nous avons opté pour un design permettant les opérations mécaniques dans le périmètre tout en garantissant une occupation efficace des terres par la culture. Rappelons alors certains paramètres/dimensions du périmètre :

**Table 11 Paramètres d'arrosage**

Paramètres	Désignation	Valeurs
Surface du périmètre	S (ha)	50
Longueur périmètre	L (m)	1285
Largeur périmètre	I (m)	400
Longueur latéral	L <sub>lat</sub> (m)	96
Espacement goutteur	S <sub>emit</sub> (cm)	40
espacement latéral	S <sub>lat</sub> (m)	1,8
Durée poste d'arrosage	T <sub>s</sub> (h)	7
Durée d'irrigation/jour	T <sub>wmax</sub> (h)	22
Nombre de poste/jour	N <sub>sh</sub>	3
Débit goutteur	Q <sub>emit</sub> (l/h)	1,6

**Note :** Dans le périmètre il a été prévu une piste de 6m de large de part et d'autre du champ pour permettre la libre circulation des engins.

Compte tenu des paramètres énumérés ci-dessus nous organiserons l'irrigation conformément aux prescriptions consignées comme suit :

**Table 12 Débit nominal du système**

Paramètres	Désignation	Valeurs
Nombre totale de position de latéral	N <sub>s</sub>	2142
Nombre de latéral fonctionnant simultanément	N <sub>sh, sim</sub>	119
Nombres de goutteurs/latéral	N <sub>emit</sub>	240
Débit du latéral	Q <sub>lat</sub> (l/s)	0,11
Nombre de latéral/tertiaire		119
Débit ligne tertiaire	Q <sub>sec</sub> (l/s)	12,69
Débit ligne secondaire	Q <sub>sec</sub> (l/s)	38,08
Débit nominal du système	Q <sub>syst</sub> (l/s)	38,08

## 1. Dimensionnement des conduites :

L'ensemble des conduites du réseau seront en PVC. Ce matériau dispose d'une protection anti UV et convient à la configuration enterrée du SDI.

Le dimensionnement des conduites est fait sur la base de certaines formules et hypothèses qui sont :

### a. Règle de Christiansen :

La différence de pression à travers le système doit être telle qu'un haut degré d'uniformité d'arrosage soit atteint.

Pour assurer cela, le critère de Christiansen propose une relation valable pour tous les systèmes sous pression :

$$\Delta h = 20\% P_{nom} \text{ et } \Delta P = P_{max} - P_{min}$$

$\Delta h$  : variation admissible de pression

$P_{nom}$  : pression nominale des goutteurs

$P_{max}$  : pression maximale sur la conduite

$P_{min}$  : pression minimale sur la rampe.

### b. La vitesse dans les conduites :

La vitesse présumée dans les conduites en PVC est de (A.KEITA, 2012) :

$$V \leq 1,7 \text{ m/s}$$

### c. Le diamètre des conduites :

Le diamètre des conduites est donné par l'expression suivante :

$$D(\text{mm}) = \sqrt{\frac{Q \text{ m}^3/\text{h}}{V \text{ m/s}}}$$

### d. Pression nominale des conduites :

Une classification des conduites en fonction de la pression nominale nous permet de situer les conduites dans une gamme de série.

Ainsi pour le choix des conduites, nous opterons pour des conduites de classe 6, correspondant à des conduites pouvant subir des pressions allant jusqu'à 6 bars.

### e. Les pertes de charge linéaires dans les conduites :

Plusieurs expressions permettent d'estimer ces pertes de charge. Ces expressions donnent des relations entre le diamètre des tubes et le débit transporté par le tube.

Ainsi pour un tube sans services en route nous retiendrons la formule de Calmon et Lechapt pour déterminer ces pertes de charge :

$$\Delta H \text{ simple (m/m)} = a * \frac{Q \left(\frac{\text{m}^3}{\text{s}}\right)^N}{D(\text{mm})^M}$$

$\Delta h$  simple : perte de charge linéaire/unité de longueur de tube

M, N et a : les coefficients de la formule

Et pour un tube avec services en route (la quantité d'eau diminuant en cours de route) un facteur de correction est proposé (Karmelli, 1975)

**Table 13 Facteurs de correction (Karmelli, 1975)**

Nombre de services	F	Nombre de services	F
1	1	4	0,384
3	0,535	100	0,335

Avec ce facteur de correction la perte de charge pour la conduite de longueur L est donc obtenue par :

$$\Delta H (m) = \Delta H \text{ simple}(m) * F * L(m)$$

#### f. Vérification de la variation totale de pression :

La variation de pression le long du tube ne devrait pas excéder une valeur dite variation de pression admissible (estimée à partir de la règle de Christiansen)

Cette variation totale de pression tient notamment compte de la topographie du site ainsi que des pertes de charge dans le réseau. Son expression est la suivante :

$$\Delta P = \Delta H - E_{amt} - E_{avl} \leq \Delta H_{adm}$$

$E_{amont}$  : cote du point amont de la conduite

$E_{aval}$  : cote du point aval de la conduite

$P_m$  : pression de service des goutteurs

Au regard de toutes ces considérations, il en résulte la démarche de calcul qui se résume comme suit :

- Ligne de goutteurs :

$$P_{nom} = 1,65 \text{ bars} = 16,8 \text{ m}$$

$$\Delta h = 20\% P_{nom} = 0,2 * 16,8 \text{ m} = 3,36 \text{ m}$$

Cette conduite sera dimensionnée avec le nombre de goutteur qu'elle porte soit :

$$Q = 240 * 1,6 \text{ l/h} = 384 \text{ l/h} = 0,11 \text{ l/s} = 0,4 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$D (mm) = \sqrt{\frac{Q \frac{m^3}{h}}{v \frac{m}{s}}} = \sqrt{\frac{Q \cdot 0,4 \frac{m^3}{h}}{1,7 \frac{m}{s}}} = 9,08 \text{ mm}$$

$$\Delta H \left( \frac{m}{m} \right) = a * \frac{Q \left( \frac{m^3}{s} \right)^N}{D (mm)^M} = 1,101 * 10^{-3} * \frac{0,40^{1,84}}{25^{4,88}} = 0,0038 \text{ m}$$

La longueur de la conduite est de 96 m avec 240 services en route le facteur de correction est alors 0,335 d'où  $\Delta H = 0,0038 * 0,335 * 96 = 0,12 \text{ m}$

La différence totale de pression s'écrit alors :

$$\Delta P = \Delta H - E_{amt} - E_{avl} = 3,36 - 0,12 = 3,24 \text{ m}$$

Cette valeur de **3,24 m** est la nouvelle  $\Delta H_{adm}$

Nous résumons les différents résultats dans ces tableaux

Table 14 Dimensions ligne de goutteurs

LIGNE DE GOUTTEURS		
PARAMETRES	VALEURS	APPRECIATION
Pnom	16,8	
Δh admissible	3,36	
Vlim (m/s)	1,7	
Q (m3/h)	0,40	
Din (mm)	9,08	
D (mm)	25	
a = 1.101*10 <sup>-3</sup> ; N= 1.84 , M= 4.88		
Δh par unite de long (m/m)	0,0038	
Llat (m)	96	
Δh simple	0,362	
nombre de services	240	
facteur de correction	0,335	
Δh lateral	0,12	le diametre choisie est convenable
denivele	0	
ΔP	0,12	cette valeur n'exede pas Dhadm
Dh adm reliquat	3,24	

- Ligne tertiaire :

$$\Delta h_{adm} = 3,24 \text{ m}$$

Cette conduite sera dimensionnée avec le nombre de ligne de goutteur qu'elle porte soit :

$$Q = 119 * 0,4 \text{ m}^3/\text{h} = 45,68 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$D(\text{mm}) = \sqrt{\frac{Q \frac{\text{m}^3}{\text{h}}}{v \frac{\text{m}}{\text{s}}}} = \sqrt{\frac{Q \frac{45,68 \text{ m}^3}{\text{h}}}{1,7 \frac{\text{m}}{\text{s}}}} = 96 \text{ mm}$$

**nous opteront pour un iametre commercial de 110 mm**

$$\Delta H \left( \frac{\text{m}}{\text{m}} \right) = a * \frac{Q \left( \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \right)^N}{D(\text{mm})^M} = 1,101 * 10^{-3} * \frac{45,68^{1,84}}{110^{4,88}} = 3,6 \text{ m}$$

La longueur de la conduite est de 213 m avec 119 services en route le facteur de correction est alors 0,356 d'où  $\Delta H = 0,017 * 0,356 * 213 = 1,27 \text{ m}$

La différence totale de pression s'écrit alors :

$$\Delta P = \Delta H - E_{amt} - E_{avl} = 3,24 - 1,27 = 1,95 \text{ m}$$

Cette valeur de **1,95 m** est la nouvelle  $\Delta H_{adm}$

Nous résumons les différents résultats dans ces tableaux

Table 15 Dimensions ligne tertiaire

LIGNE TERTIAIRE		
PARAMETRES	VALEURS	APPRECIATION
$\Delta h$ admissible	3,24	
$V_{lim}$ (m/s)	1,7	
Q (m <sup>3</sup> /h)	45,68	
Din (mm)	97,51	
D (mm)	110	
$a = 1.101 \cdot 10^{-3}$ ; $N = 1.84$ , $M = 4.88$		
$\Delta h$ par unite de long (m/m)	0,0170	
Longueur conduite (m)	213	
$\Delta H$ simple	3,619	
nombre de services	119	
facteur de correction	0,356	
$\Delta h$ lateral	1,29	le diametre choisie est convenable
denivele	0	
$\Delta P$	1,29	cette valeur n'exede pas Dhadm
$\Delta h$ adm reliquat	1,95	

- Ligne secondaire :

$$\Delta h_{adm} = 1,95 \text{ m}$$

Cette conduite sera dimensionnée avec le nombre de ligne tertiaire qu'elle porte soit :

$$Q = 3 \cdot 45,68 \text{ m}^3/\text{h} = 137 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$D(\text{mm}) = \sqrt{\frac{Q \frac{\text{m}^3}{\text{h}}}{v \frac{\text{m}}{\text{s}}}} = \sqrt{\frac{137 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}}{1,7 \frac{\text{m}}{\text{s}}}} = 169 \text{ mm}$$

**nous opteront pour un iametre commercial de 110 mm**

$$\Delta H \left( \frac{\text{m}}{\text{m}} \right) = a * \frac{Q \left( \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \right)^N}{D(\text{mm})^M} = 1,101 * 10^{-3} * \frac{137^{1,84}}{200^{4,88}} = 0.007 \text{ m}$$

La longueur de la conduite est de 230 m avec 3 services en route le facteur de correction est alors 0,535 d'où  $\Delta H$   $0,0069 * 0,535 * 230 = 0,85 \text{ m}$

La différence totale de pression s'écrit alors :

$$\Delta P = \Delta H - E_{amt} - E_{avl} = 1,95 - 0,85 = 1,1 \text{ m}$$

Cette valeur de **1,1 m** est la nouvelle  $\Delta H_{adm}$

Nous résumons les différents résultats dans ce tableau :

Table 16 Dimensions ligne secondaire

LIGNE SECONDAIRE		
PARAMETRES	VALEURS	APPRECIATION
Δh admissible	1,95	
Vlim (m/s)	1,7	
Q (m3/h)	137,09	
Din (mm)	168,92	
D (mm)	200	
$a = 1.101 * 10^{-3}$ ; $N = 1.84$ , $M = 4.88$		
Δh par unité de long (m/m)	0,0069	
Longueur conduite (m)	230	
ΔH simple	1,596	
nombre de services	3	
facteur de correction	0,535	
Δh latéral	0,85	le diamètre choisi est convenable
Dénivelé	0	
ΔP	0,85	cette valeur n'excède pas Dhadm
Δha dm reliquat	1,10	

- Ligne primaire :

$$\Delta h_{adm} = 1,1 \text{ m}$$

Cette conduite sera dimensionnée avec le nombre de ligne secondaire qu'elle porte pendant soit un seul pendant l'arrosage du secteur :

$$Q = 137 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$D(\text{mm}) = \sqrt{\frac{Q \frac{\text{m}^3}{\text{h}}}{v \frac{\text{m}}{\text{s}}}} = \sqrt{\frac{137 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}}{1,7 \frac{\text{m}}{\text{s}}}} = 169 \text{ mm}$$

**nous opteront pour un diamètre commercial de 250 mm en raison de sa longueur élevé de 680 m**

$$\Delta H \left( \frac{\text{m}}{\text{m}} \right) = a * \frac{Q \left( \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \right)^N}{D(\text{mm})^M} = 1,101 * 10^{-3} * \frac{137^{1,84}}{250^{4,88}} = 0,0023 \text{ m}$$

La longueur de la conduite est de 680 m avec 1 service en route le facteur de correction est alors 1 d'où  $\Delta H = 0,0069 * 1 * 680 = 0,85 \text{ m}$

La différence totale de pression s'écrit alors :

$$\Delta P = \Delta H - E_{amt} - E_{avl} = 1,1 - 0,85 = 0,25 \text{ m}$$

Cette valeur de **0,25 m** est la nouvelle  $\Delta H_{adm}$

Nous résumons les différents résultats dans ce tableau :

Table 17 Dimensions ligne primaire

LIGNE PRIMAIRE		
PARAMETRES	VALEURS	APPRECIATION
$\Delta h$ admissible	1,10	
$V_{lim}$ (m/s)	1,7	
Q (m <sup>3</sup> /h)	137,09	
Din (mm)	168,92	
D (mm)	250	
$a = 1.101 * 10^{-3}$ ; N= 1.84 , M= 4.88		
$\Delta h$ par unite de long (m/m)	0,0023	
Longueur conduite (m)	680	
$\Delta H$ simple	1,588	
nombre de services	3	
facteur de correction	0,535	
$\Delta h$ lateral	0,85	le diametre choisie est convenable
denivele	0	
$\Delta P$	0,85	cette valeur n'exede pas Dhadm
$\Delta h$ adm reliquat	0,25	

- Ligne de transport :

$$\Delta h_{adm} = 0,25 \text{ m}$$

Cette conduite sera dimensionnée avec le même débit que le primaire soit le débit requis en tête du réseau défini par le débit d'équipement :

$$Q = 137 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$D(\text{mm}) = \sqrt{\frac{Q \frac{\text{m}^3}{\text{h}}}{V \frac{\text{m}}{\text{s}}}} = \sqrt{\frac{137 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}}{1,7 \frac{\text{m}}{\text{s}}}} = 169 \text{ mm}$$

**nous opteront pour un iametre commercial de 250 mm**

$$\Delta H \left( \frac{\text{m}}{\text{m}} \right) = a * \frac{Q \left( \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \right)^N}{D(\text{mm})^M} = 1,101 * 10^{-3} * \frac{137^{1,84}}{250^{4,88}} = 0,0023 \text{ m}$$

La longueur de la conduite est de 20 m avec 1 service en route le facteur de correction est alors 1 d'où  $\Delta H$   $0,0069 * 1 * 25 = 0,06 \text{ m}$

La différence totale de pression s'écrit alors :

$$\Delta P = \Delta H - E_{amt} - E_{avl} = 0,25 - 0,06 = 0,19 \text{ m}$$

Nous résumons les différents résultats dans ce tableau :

Table 18 Dimensions ligne de transport

LIGNE DE TRANSPORT		
PARAMETRES	VALEURS	APPRECIATION
$\Delta h$ admissible	0,25	
$V_{lim}$ (m/s)	1,7	
Q (m <sup>3</sup> /h)	137,09	
$D_{in}$ (mm)	168,92	
D (mm)	250	
$a = 1.101 \cdot 10^{-3}$ ; $N = 1.84$ , $M = 4.88$		
$\Delta h$ par unite de long (m/m)	0,0023	
Longueur conduite (m)	25	
$\Delta H$ simple	0,058	
nombre de services	240	
facteur de correction	1	
$\Delta h$ lateral	0,06	le diametre choisie est convenable
denivele	0	
DP	0,06	cette valeur n'exede pas $D_{hadm}$
$\Delta h$ adm reliquat	0,19	

**Note :** Les dimensions des différentes conduites sont en adéquation avec la gamme commercialisée par les différents fabricants.

L'ensemble récapitulatif des dimensions est données par :

Table 19 Récapitulatif des dimensions du réseau de distribution

Conduite	Ligne de goutteur	Ligne tertiaire	Ligne secondaire	Ligne primaire	Ligne de transport
Longueur m	96	213	230	680	25
Diamètre mm	25	90	200	250	250

### VIII. Dimensionnement de la station de tête :

La station de tête du réseau d'irrigation comportera un certains nombres d'ouvrages qui assureront le bon fonctionnement du système. Il s'agit notamment d'une source d'eau ou bassin d'aspiration, de pompes, d'un dispositif de filtration, d'équipements d'injection d'engrais et d'accessoires de contrôle et de régulation des paramètres.

#### 1. Pompage:

Le choix de la pompe que nous installerons sur le réseau devra tenir compte de certains facteurs techniques et commerciaux.

Le principal facteur commercial tient du fait que l'équipement choisi devra être disponible sur le marché et à un coût faible.

Les facteurs techniques sont essentiellement le débit Q et la hauteur manométrique totale HMT.

✚ Détermination du débit :

Le débit de la pompe devra être supérieur ou égale au débit requis en tête de réseau soit :

$$Q \geq 137,07 \text{ m}^3/\text{h}$$

✚ Détermination de la HMT :

Cette grandeur dont l'expression est donnée ci-dessous mesure l'ensemble des pertes de charge dans le réseau ainsi que l'élévation que devra vaincre la pompe pour refouler l'eau jusqu'aux goutteurs.

$$HMT = H_{\text{total}} + \Delta H_{\text{geo}} + \Delta H_{\text{installations}} (\text{m}) + \Delta H_{\text{filtre/injec}} (\text{m})$$

$$H_{\text{total}} (\text{m}) = P_{\text{nom}} (\text{m}) + \Delta H_{\text{lat}} (\text{m}) + \Delta H_{\text{tertiaire}} (\text{m}) + \Delta H_{\text{secondaire}} (\text{m}) + \Delta H_{\text{primaire}} (\text{m}) + \Delta H_{\text{suction}} (\text{m})$$

$\Delta H_{\text{suction}}$  comme la suggère (Karmelli, 1975) nous allons prendre une valeur forfaitaire de 0,56 pour cette perte de charge.

$$\Delta H_{\text{geo}} (\text{m}) = Z_{\text{max}} (\text{m}) - Z_{\text{eau}} (\text{m}) \text{ ou } Z \text{ représente les cotes}$$

$$\Delta H_{\text{installations}} (\text{m}) = 10\% * \Delta H_{\text{total}} (\text{m}) \text{ par hypothèse}$$

$$\Delta H_{\text{filtre/injec}} (\text{m}) = 7\text{m par hypothèse}$$

Elle inclut donc :

- Les pertes de charge linéaires dans les conduites
- Les pertes de charges singulières
- La hauteur d'aspiration
- La hauteur de refoulement

Les résultats des différents calculs pour le choix de la pompe donnent :

**Table 20 Calculs de la HMT**

PARAMETRES	VALEURS
Pnom (m)	16,8
$\Delta H$ latéral (m)	0,38
$\Delta H$ tertiaire (m)	1,29
$\Delta H$ secondaire (m)	0,57
$\Delta H$ primaire (m)	0,57
$\Delta H$ transport (m)	0,02
$\Delta H$ suction (m)	0,56
$\Delta H$ total (m)	20,18
$\Delta H$ installations (m)	2,02
zmax - zeau (m)	5,00
$\Delta H$ géométrique (m)	5,00
$\Delta H$ filtre/injec (m)	7,00
HMT (m)	39,20

Après le calcul de ces paramètres notre choix de pompe portera sur les pompes de type LS du fabricant **LEROY SOMER** dont les caractéristiques sont :

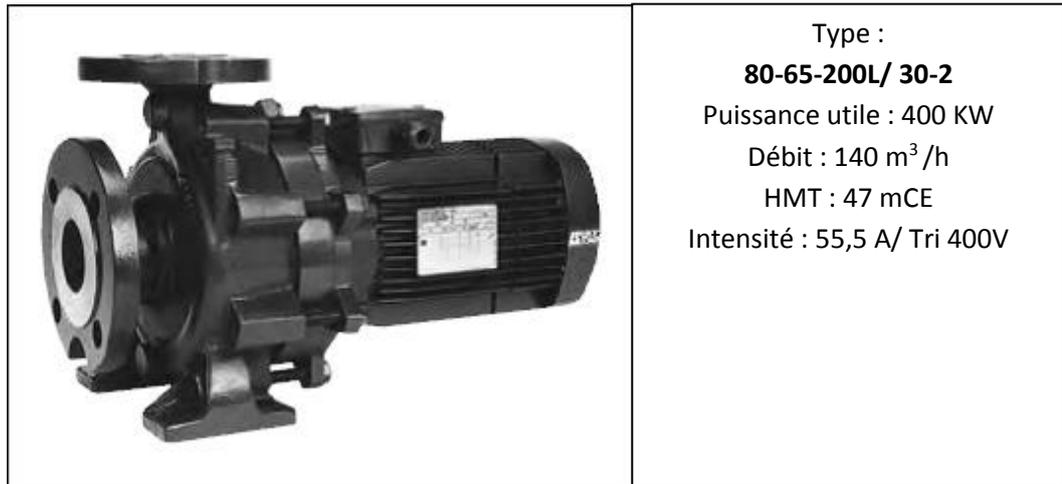


Figure 10 Caractéristiques de la pompe (LEROY SOMER)

## 2. Le bassin d'aspiration:

L'approvisionnement en eau du périmètre se fera sur le réseau commercial de l'office du Niger à travers une prise d'eau sur le canal qui longe la partie Nord du périmètre.

Ce bassin devra contenir une quantité d'eau suffisante pour assurer un fonctionnement sécurisé de la pompe.

Aussi pour pallier à l'éventuelle obstruction des goutteurs nous allons mettre en place un premier système au sein du bassin pour procéder à une séparation préliminaire des particules solides en suspension par gravité.

Pour se faire le bassin sera séparé en deux compartiments.

Dans le premier compartiment les sédiments solides se déposeront au fond et l'eau passera dans le second compartiment à travers un filtre métallique qui séparera les deux compartiments.

Note : le bassin d'aspiration devra faire l'objet d'un entretien régulier pour assurer son bon fonctionnement.

Les dimensions du bassin sont les suivantes :

Table 21 Dimensions bassin d'aspiration

Désignation	Longueur (m)	Largeur (m)	Hauteur (m)	Volume (m <sup>3</sup> )
Bac 1	6	5	5	150
Bac 2	4	5	5	100
Bassin	10	5	5	250

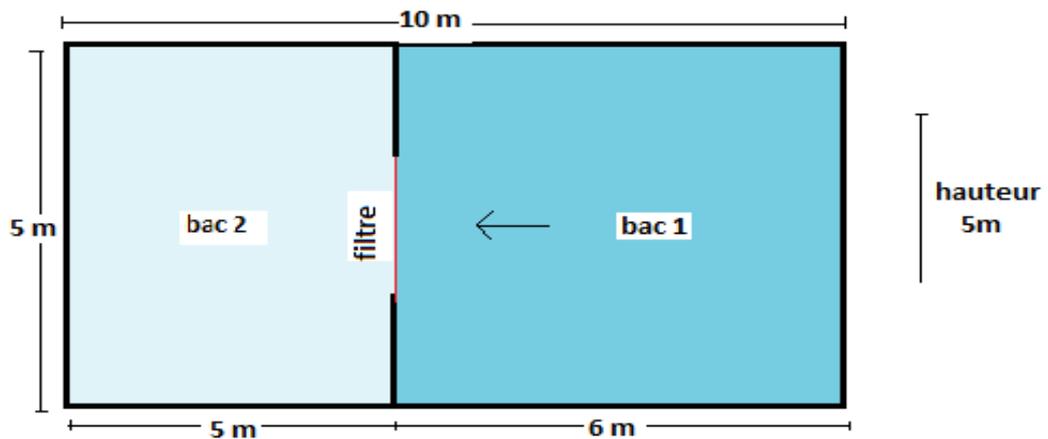


Figure 11 Bassin d'aspiration

### 3. Filtration :

L'eau drainée par les canaux de l'office du Niger ont un aspect plutôt trouble à vue d'œil, partant de ce constat (à défaut d'analyses effectuées sur des échantillons de l'eau d'irrigation) nous allons installer un système de filtration en tête du réseau.

Comme suggéré dans certains documents dans ces types de situation (Desai, 1993) pour le traitement physique de eaux de surface nous mettrons en place une double filtration (filtre à sable/filtre à disque) dont le couplage fournit des résultats meilleurs.

Filtre a sable

filtre a disque



Figure 12 Filtres (Phocaide, 2001)

### 4. Fertilisation:

La croissance de la canne à sucre dépend des conditions du milieu, notamment l'énergie lumineuse interceptée, de l'eau d'irrigation et des minéraux nutritifs puisés dans le sol à savoir l'azote N, le phosphore P et le potassium K.

Ces minéraux dissouts dans l'eau du sol sont absorbés par les racines de canne à sucre. Ce pouvoir d'absorption de la racine est très élevé et entraine de ce fait un épuisement rapide des minéraux situés dans son voisinage.

Vu que la canne à sucre dispose d'un enracinement dense et profond il apparait qu'un apport en minéraux essentiels (N, P, K) du sol est nécessaire pour assurer un rendement conséquent de la production de canne à sucre.

Nous avons opté pour une fertilisation par bac. Ce système consistera à faire une dérivation sur le tube de transport afin de faire transiter une partie du débit à travers un bac contenant l'engrais liquide.

La figure suivante illustre ce système (A.Phocaide,FAO, 2008)

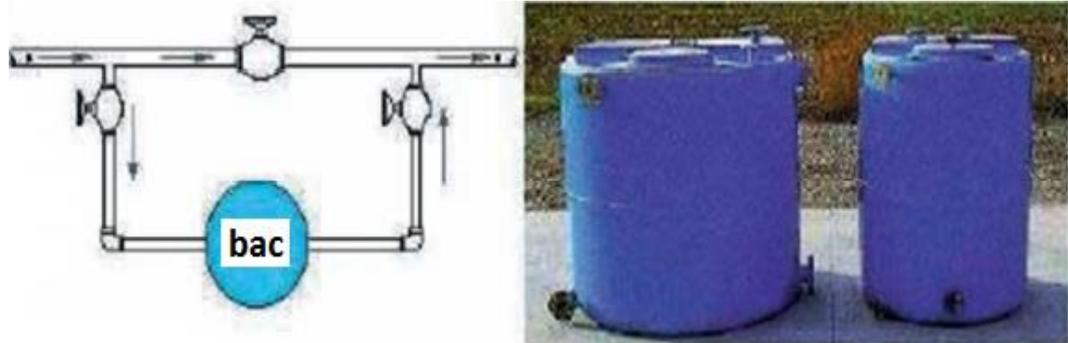


Figure 13 Dispositif de fertilisation (A.Phocaide,FAO, 2008)

## 5. Autres équipements de la station de tête :

- Valves /vannes

Pour contrôler les flux à travers le réseau, nous installerons des valves manuelles à l'entrée du système ainsi qu'à l'entrée de chaque conduite permettant ainsi de fermer ou d'ouvrir le passage au flux d'eau.

- Compteur d'eau volumétrique :

Pour contrôler et surveiller l'approvisionnement en eau des différents secteurs du périmètre ; la station de tête sera munie d'un compteur volumétrique répondant aux spécificités du système.

- Régulateur de pression :

Ce régulateur de pression est un dispositif que nous installerons pour éviter les surpressions.

- Clapet anti-retour :

Ce clapet servira de rempart pour un éventuel écoulement des eaux vers les pompes. Cet accessoire protège les équipements de pompage mais évite également la contamination du réseau de l'office du Niger compte tenu de l'utilisation de produit chimique dans le processus agricole.

- Dispositif anti-vide :

Ce dispositif aura pour fonction d'évacuer l'air contenue dans les circuits afin d'éviter tout phénomènes de succion de particules de sol par les goutteurs à la fermeture de la vanne.

Nous équiperons toutes les conduites secondaires de ce dispositif pour garantir le bon fonctionnement des goutteurs du fait de la configuration enterrées du système.

- Jauge de pression :

La station de tête sera également équipée d'un nanomètre afin de contrôler et surveiller la pression du système.

## 6. Mode de pose des conduites :

Les conduites principales et secondaires au même titre que les adducteurs (lignes tertiaires) comme indiqué précédemment seront des tuyaux rigide PVC et enterrées a une profondeur de 50cm sous la cote TN.

Dans les raccordements entre les conduites principales et secondaires d'une part et entre les secondaires et les adducteurs d'autre part nous allons mettre en place des bornes qui seront équipés de vanne de sectionnement.

Pour les lignes de goutteur, la profondeur de pose sera de 60 cm sous la cote TN, elles seront en PVC également.

L'enfouissement des lignes de goutteurs se fera au moyen de sous-soleuses (équipements de mise en œuvre du goutte à goutte développés ces dernières décennies) qui seront montées sur tracteurs.

Pour sécuriser les conduites enterrées, tout travail de labour du champ devra être proscrit ou limité à une profondeur de 20cm.

Après l'enterrement des conduites, le système pourra alors être testé sous pression ; ainsi les éventuelles fuites et disjonctions des conduites pourront être facilement identifiées et réparées sans trop de difficultés.

## IX. Calendrier des arrosages:

**Voir annexe 1**

## X. Devis estimatif et quantitatif:

**Voir annexe 2 et 3**

## XI. Calculs économiques :

L'évaluation des performances économiques du système d'aménagement adopté sera basée essentiellement sur la rentabilité économique et l'efficacité de l'irrigation.

L'efficacité du SDI tient essentiellement des avantages de ce système déjà énumérés dans les précédents chapitres.

Les calculs de rentabilité économique du système sont liés à l'investissement et à la détermination du délai de récupération du capital investi DRI.

Cette DRI exprimé en nombres d'années est le rapport du montant initial investi sur les revenus annuels générés.

Ainsi les résultats des calculs donnent :

**Table 22 Calculs de la DRI**

Grandeurs	Total charges d'exploitation (FCFA)	Total investissement (FCFA)	Total production (FCFA)	DRI (année)
valeurs	<b>26 309 543</b>	<b>166 359 183</b>	<b>90 000 000</b>	<b>3</b>

Bien que cette DRI joue un rôle essentiel dans la prise de décision, sa valeur ne reflète pas entièrement la rentabilité de l'investissement d'autant plus que dans la détermination des charges d'exploitation l'aspect de la transformation de la canne n'a pas été prise en compte par faute d'informations sur les processus de transformation et des coûts liés à cette transformation.

**Les détails des calculs sont en annexe 4**

## **XII. Conclusion:**

L'irrigation par goutte à goutte est une technologie d'irrigation qui est encore mal connue dans nos pays. La mise en œuvre de cette technique pour ce projet est d'une importance capitale pour la vulgarisation des techniques d'irrigation économiques dans la zone et constitue de ce fait un défi de taille. Le plan d'aménagement proposé dans ce rapport est une réponse aux nombreuses contraintes de la réalisation d'un tel projet dans la zone de l'office du Niger et dans le contexte de la société N-SUKALA SA. Avec un coût assez abordable de **3 327 183 FCFA** à l'hectare, la mise en œuvre du programme d'aménagement semble être bien partie.

Les difficultés économiques, les contraintes topographiques sans oublier les problèmes liés aux travaux mécaniques du champ ont tous été traités avec le plus grand soin à travers le choix de matériaux innovants et surtout adaptés aux réalités de production de la société pour assurer un fonctionnement correcte du système.

Toute fois avec une configuration souterraine, le système d'irrigation goutte enterré proposé requière un suivi régulier et rigoureux pour garantir la pérennité des ouvrages. Le respect du calendrier d'arrosage et une précaution particulière pendant l'exploitation du champ notamment pendant les travaux de bouturage sont des pratiques préconisées pour sécuriser les ouvrages et donc la production.

La réussite de ce champ test ouvrira la voie à un programme d'aménagement de 1400 ha dans la zone couverte par N-SUKALA SA et surtout permettrait une certaine vulgarisation de cette technique d'irrigation à la fois économe et performante. Avec une durée de retour sur investissement de **trois (03) ans** la société N-SUKALA dispose là d'un investissement assez rentable.

Notre participation à ce projet sous l'encouragement des autorités maliennes fut une excellente entrée dans le monde professionnel. Nous en ressortons fort d'une expérience enrichissante à tout point de vue ; l'échange avec des experts étrangers du domaine et les frustrations que nous avons connus tout au long du processus de la conception sont des leçons que nous prenons à notre avantage et dans lesquelles nous puiserons pour résoudre nos défis de demain.

### **XIII. Recommandations et perspectives :**

Les enjeux de l'aménagement de ce champ test sont tels qu'après sa réalisation certaines mesures devront être prises pour la poursuite du programme.

Nous portons un accent particulier sur les points suivants :

- Respect strict du calendrier d'arrosage :

L'apport de quantité d'eau suffisante et de fertilisants est un facteur déterminant pour une bonne production et de qualité. Le calendrier établie par cette étude tient compte de ce effet ; ce qui fait de son respect une condition majeure pour l'atteinte des objectifs.

- Contrôle de la propreté des filtres :

Ce contrôle consiste à noter les valeurs de la pression indiquée sur les jauges installées à l'entrée et à la sortie du système de filtration. Une différence de pression supérieure à 0.3 bars indique un besoin de nettoyage du filtre que l'on devrait alors faire.

Ce contrôle devra avoir une fréquence d'au plus 15 jours.

- Contrôle de la pression dans le réseau :

A la station de tête, le nanomètre devra indiquer une valeur supérieure ou égale à la pression requise en tête de réseau soit 2 bars.

La différence de pression au niveau du dispositif de fertilisation devra elle aussi faire l'objet d'un contrôle pour constater si ce dispositif s'adapte bien au système.

- Contrôle du débit de l'installation :

Le débit du système devra être vérifié sur le compteur d'eau volumétrique installé dans la station de tête. Au niveau des secteurs d'irrigation les volumes d'eau délivrés devront également être suivis à partir des bornes installées .Ceci permettrait alors de détecter les baisses de débits qui sont dues généralement aux colmatages de goutteurs.

La fréquence de ces mesures pourrait être trimestrielle.

- Contrôle des fuites dans le réseau de distribution et dans les accessoires :

Bien que difficile à exécuté, le contrôle des fuites au niveau des conduites sont nécessaires pour la bonne marche du système. Pour se faire il faut procéder à une vérification de la pression à l'entrée du secteur ; en cas de perte de pression à ce niveau et si la pression en tête du réseau est normale on en déduit alors une éventuelle fuite dans le secteur considéré.

Enfin, nous ajoutons qu'il est de la responsabilité de N-SUKALA d'accorder toute l'attention que mérite ce projet et cela dans toutes les phases de sa mise en œuvre. Des techniciens spécialisés devront suivre l'exécution des travaux d'installation mais également superviser tous les travaux menés pendant la campagne agricole.

## BIBLIOGRAPHIE :

- Phocaidés, A. FAO (2008). Manuel des techniques d'irrigation sous pression.
- Camp, C.R. ASAE - American society of agricultural engineers, (1998). *Subsurface drip irrigation*.
- Camp, C., Lamm, F., Evans, R., & Phene, C. (2000). Subsurface drip irrigation - past, present, and future. *National irrigation symposium. Proceedings of 4th decennial symposium*, (pp. 363-372). Phoenix, Arizona, USA.
- CILSS. (Novembre 2001). *Les aptitudes agricoles et pastorales des sols dans les pays du Sahel*.
- CIRAD. (2005). *Pole canne à sucre*.
- Depeweg, H.-M. (1998). *Field and drainage : Surface irrigation methods*. Netherlands.
- Desai, S. (1993). *handbook of marine mineral deposits*.
- Dill, J. S. (2011). *Electrostatics and aggregation*.
- FAO, A. (2016). *système d'information sur l'eau et l'agriculture*.
- Frederic Dollon NETAFIM. (2012). *canne à sucre agronomie*.
- Frenken & Sawa. (2001). *manuel d'irrigation module 8 : système d'irrigation par pression, aménagement, design, operation et maintenance. FAO office sous-regional pour l'Afrique de l'Est et du Sud*.
- Goyal, M. R. (2014). *Sustainable practices in surface and subsurface micro irrigation*. Apple academic press.
- IRSTEA. (2013). *goutte à goutte enterré: solution innovante pour irriguer sous conditions restrictives en eau*.
- J.T.Peter, F.J.Cook and K.L.Britow. (2003). *Soil dependent wetting from trickle emitters: implications for system design and management*.
- Keita, A. (2012). *cours d'irrigation localisée V2.10*.
- Keller, B. (1990). *sprinkler & trickle irrigation*.
- Kremmer, K. (1996). *microbiologie et biogéochimie de sous sol*.
- M.Scharzman, B. Zur. (1986). *Emitters spacing and geometry of wetted soil volume*.

N-SUKALA SA. (2013). *Rapport des résultats de la campagne.*

Pires, R. C. (2012). Subsurface drip irrigation in different planting spacing of sugarcane. *Institut agronomique (Brésil).*

Risse, L. M. (2013). *Considerations for subsurface drip irrigation, application in humid and sub-humide areas.* Missouri - USA.

Sahel, station météo. (2010). données climatologiques.

Shani, U. (2004). *sustainable micro irrigation .*

Sutton, D. B. (2003). *oil pit as a simple design aid for subsurface drip irrigation systems.*

Zébus, M. F. (1979). *paysannerie et économie de plantation, le cas de la Goudeloupe.* Paris: Desormeaux.

**Sites internet :**

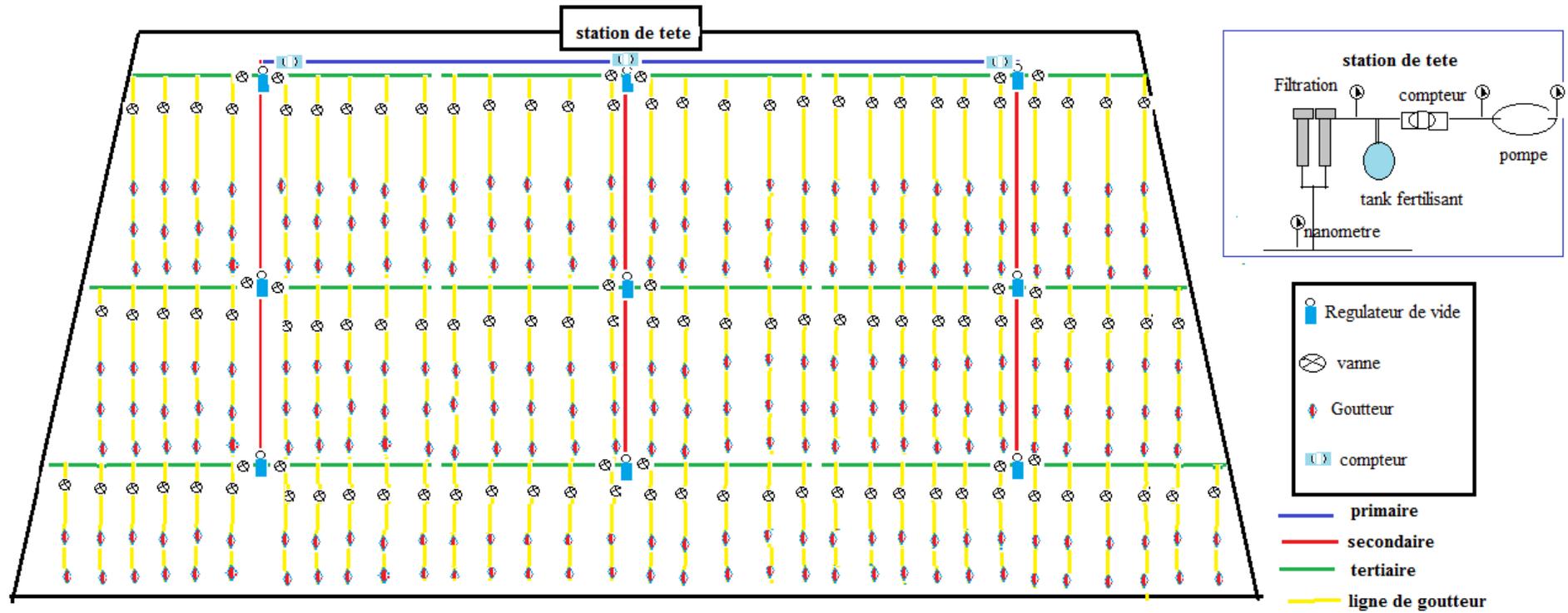
**[www.moag.gov.il/irrigation/culture](http://www.moag.gov.il/irrigation/culture)** (Novembre 2015)

**[www.canne-progrès.com/goutte à goutte](http://www.canne-progrès.com/goutte_à_goutte)** (Novembre 2015)

**[www.ICS-agri.com/irrigation goutte à goutte](http://www.ICS-agri.com/irrigation_goutte_à_goutte)** (Décembre 2015)

**[www.cdurable.info/irrigation goutte à goutte](http://www.cdurable.info/irrigation_goutte_à_goutte)** (Janvier2016)

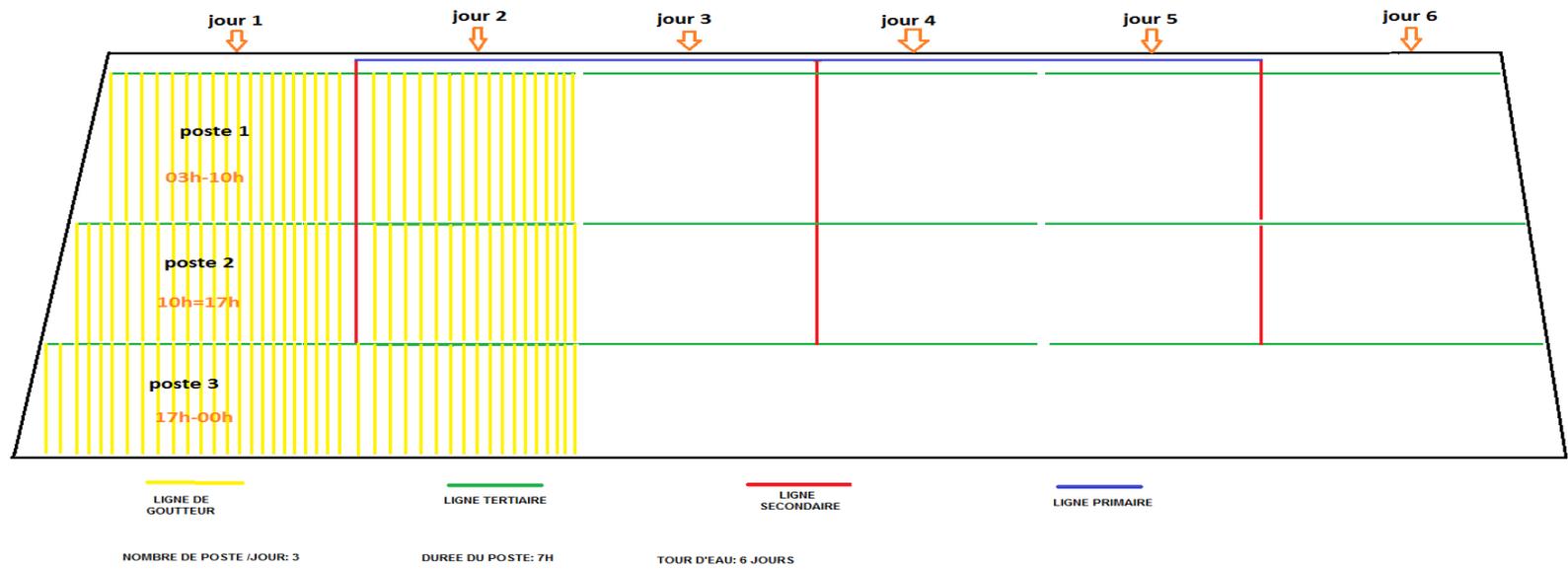
## Annexe 1 : Plan de masse de l'aménagement



N-SUKALA SA	PLAN DE MASSE DU PERIMETRE		PERIMETRE DE 50 HA
ECH 1	AVRIL 2016	DAKONO SAMOU	

#### **XIV. Annexes :**

**Annexe 2 Calendrier d'arrosage**



**Annexe 3 Devis estimatif des travaux**

Désignation	Unité	Quantité	Prix unitaire (FCFA)	Prix total (FCFA)
<b>I. Installation</b>				
I.1 Installation et Repli du matériel	FF	1	3 000 000	3 000 000
<b>Sous-total I</b>				<b>3 000 000</b>
<b>II. Terrassement</b>				
II.3 Piste et accès	ml	2500	3 500	8 750 000
II.5 Excavation pour conduite principale, primaire et secondaire	m3	1415	2 500	3 537 500
<b>Sous-total II</b>				<b>12 287 500</b>
<b>III. Topographie</b>				
III.1 Implantation des bornes du périmètre	FF	1	50 000	50 000
III.2 Implantation des différentes zones*	FF	1	75 000	75 000
<b>Sous-total III</b>				<b>125 000</b>
<b>IV. Fourniture et pose système d'irrigation</b>				
IV.1 Installation de la conduite principale, primaire et secondaire	ml	1280	1 000	1 280 000
IV.2 Installation des tertiaire	ml	1260	1 000	1 260 000
<b>Sous-total IV</b>				<b>2 540 000</b>
<b>Total général HT</b>				<b>17 952 500</b>
<b>TVA (18%)</b>				<b>3 231 450</b>
<b>Total général TTC</b>				<b>21 183 950</b>

Annexe 4 devis estimatif des équipements :

Désignation	Fabricant	Unité	Quantité	Prix total (FCFA)
<b>Station de tete</b>				
pompe LS 80-65-200L/ 30-2	<b>LEROY SOM</b>	Pcs	1	4 585 000,00
filtre à sable FG660	<b>NETAFIM</b>	Pcs	1	1 965 000,00
filtre à disque SPINAPA43AC		Pcs	1	6 550 000,00
bac d'engrais INJ570V220L		Pcs	1	461 775,00
compteur CO3WT		Pcs	1	447 365,00
Regulateur de pression RPBE120		Pcs	1	9 170,00
antivde Clargot 200		Pcs	1	720 500,00
valve VH4723R2AV16		Pcs	1	458 500,00
Mano Man 06		Pcs	1	5 240,00
<b>Distribution</b>				
PEHD 250 mm	<b>NETAFIM</b>	ml	900	32 422 500,00
PEHD 200 mm		ml	750	23 580 000,00
PEHD 90 mm		ml	1300	35 763 000,00
Coude 250/200		Pcs	3	98 250,00
TE 250/200		Pcs	9	748 665,00
TE 200/90		Pcs	54	3 183 300,00
valves GALPDDC1C		Pcs	18	58 950,00
<b>Goutteurs</b>				
DripNet Pc AS	<b>NETAFIM</b>	Pcs	254898	8 921 430,00
PEHD 25 mm		Pcs	2142	841 806,00
TE JT25		PCcs	2142	575 234,10
vanette VA25		Pcs	2142	2 104 515,00
Jonction droite JD25		Pcs	2142	491 053,50
			<b>TOTAL</b>	<b>123 991 254</b>

Annexe 5 Compte d'exploitation annuelle d'une campagne

N°	Charges		Unité	Quantité	Coût unitaire	Montant
II	<b>Engrais et pesticides</b>					
1	<i>NPK</i>		sac 50 kg	100	19 000	1 900 000
2	<i>Urée</i>		sac 50 kg	60	15 000	900 000
3	<i>Fumure organique</i>		sac 100kg	340	2 000	680 000
5	<i>Furadan 5G</i>		sachet 1 kg	185	5 000	925 000
6	<i>Mancozèbe</i>		sachet 75g	266,5	1 250	333 125
7	<i>Titan</i>		sachet 75g	25	1 500	37 500
	<b>sous total I</b>					4 775 625
II	<b>bouturage</b>					
1	<i>bout de canne</i>			2142	1 500	3 213 000
	<b>sous total II</b>					3 213 000
III	<b>COÛT DE L'EAU</b>					
1	facturation de l'eau		ha	50	6700	335000
	<b>sous total III</b>					335000
IV	<b>CHARGES DE MISE EN VALEUR</b>					
1	<i>encadrement technique</i>		h/mois	5	150 000	750 000
2	<i>entretien et maintenance du système</i>		mois	12	50 000	600 000
	<b>sous total IV</b>					1 350 000
	<b>TOTAL EXPLOITATION</b>					9 673 625
V	<b>INVESTISSEMENT</b>				-	166 359 183
			cout	durée vie	annuité	amortissement
	<b>TOTAL</b>		<b>166 359 183</b>	<b>10</b>	<b>16 635 918</b>	<b>16 635 918</b>
<b>TOTAL CHARGES DE CAMPAGNE ANNUELLE</b>						<b>26 309 543</b>
<b>PRODUCTION</b>						
	<b>Produits</b>	<b>Rdt (t/ha)</b>	<b>Sup (ha)</b>	<b>Qté_att_kg</b>	<b>PVente</b>	<b>Montant</b>
1	canne à sucre	100	50	5000000	18	90 000 000
<b>TOTAL PRODUCTION</b>						<b>90 000 000</b>
<b>RESULTAT</b>						<b>63 690 457</b>
<b>RESULTAT/HECTARE</b>						<b>1 273 809</b>
<b>DRI</b>			année			<b>3</b>

## Annexe 6 Profil des conduites

## PROFIL EN LONG

points	1	25	50	75	96
COTES PROJET	279,4	279,4	279,4	279,4	
COTE TN	280	280	280	280	
dist partielle	25m	25m	25m	21m	
dist cumulée		25	50	75	96

N-SUKALA SA	PROFIL EN LONG TYPE		LIGNE DE GOUTTEURS
	ECH 1	FEVRIER 2016	

## PROFIL EN LONG

points	1	2	3	4	5	6	7
COTES PROJET	279,5	279,5	279,5	279,5	279,5	279,5	279,5
COTE TN	280	280	280	280	280	280	280
dist partielle	38m	38m	38m	38m	38m	38m	23m
dist cumulée		38	76	114	152	190	230

<b>N-SUKALA SA</b>	PROFIL EN LONG		LIGNE TERTIAIRE
	ECH 1	FEVRIER 2016	

## PROFIL EN LONG

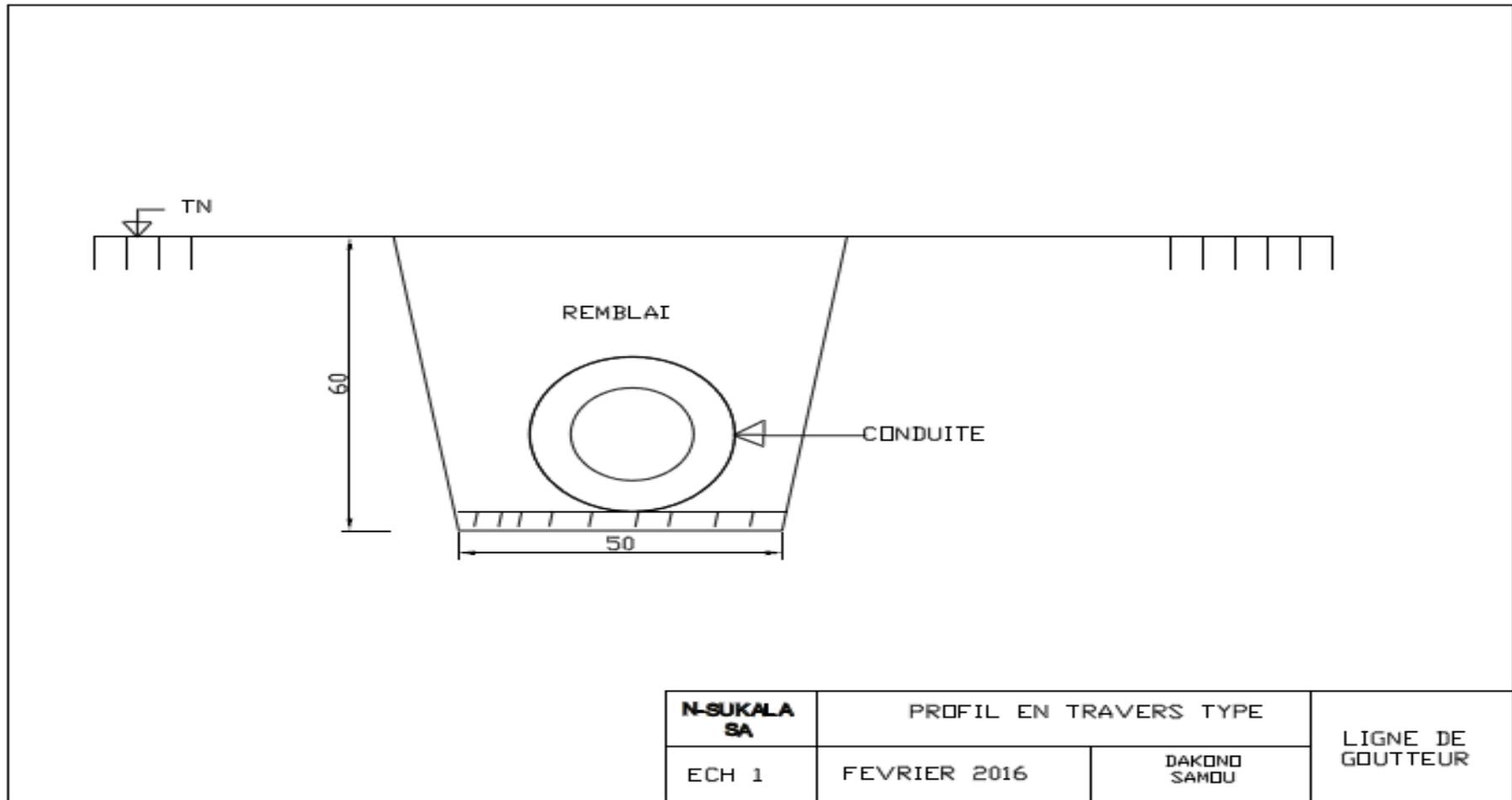
points							
COTES PROJET	1	00	00	40	00	00	00
COTE TN	279,5	279,5	279,5	279,5	279,5	279,5	279,5
dist partielle	40m	40m	40m	40m	40m	40m	30m
dist cumulée		40	80	120	160	200	230

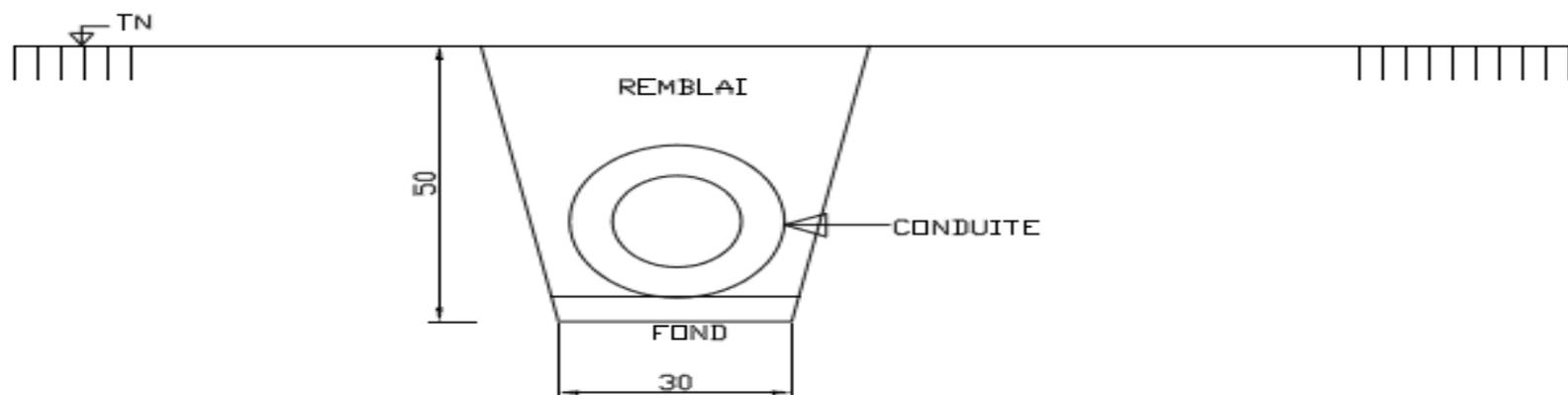
<b>N-SUKALA SA</b>	PROFIL EN LONG		LIGNE SECONDAIRE
ECH 1	FEVRIER 2016	DAKONO SAMOU	

## PROFIL EN LONG

points	1	00	00	40	00	00	680
COTES PROJET	279,5	279,5	279,7	279,5	279,5	279,6	
COTE TN	280	280	280,2	280	280	280,1	
dist partielle	120m	120m	120m	120m	120m	80m	
dist cumulée		120	240	360	480	560	680

<b>N-SUKALA SA</b>	PROFIL EN LONG		LIGNE PRIMAIRE
	ECH 1	FEVRIER 2016	





N-SUKALA SA	PROFIL EN TRAVERS		LIGNE DE DISTRIBUTION
	ECH 1	FEVRIER 2016	