



PRATIQUE DE L'IRRIGATION MODERNE SUR SOL SALE (PLEIN CHAMP & SOUS SERRE) : CAS DE LA REGION DE THIES (SENEGAL)

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

Présenté et soutenu publiquement le 18 Janvier 2017 par :

Ernest Joel TOGUYENI

Travaux dirigés par :

- **M. Alioune Diop**, Directeur de production DAT
- **M. Bassirou Boube**, Enseignant chercheur au 2ie/Département Génie Civil et Hydraulique

Jury d'évaluation du stage :

Président : Dr. Amadou Keita

Membres et correcteurs : Dr Dial Niang
M. Roland Yonaba

Promotion [2015/2016]

AVANT-PROPOS

Les résultats présentés dans ce document sont le fruit des travaux au niveau du « **Domaine Agricole de Thiès** » dans le cadre de notre mémoire de fin d'études pour l'obtention de notre diplôme de Master 2 en ingénierie de l'eau et de l'environnement option infrastructure et réseaux hydrauliques.

Le secteur de l'agrobusiness est en pleine expansion à travers le monde avec un positionnement de plus en plus marquée de l'Afrique dans les grandes instances internationales. La situation économique et géographique du Sénégal et dans la sous-région fait de l'agrobusiness un des secteurs porteurs de son économie. La mise en œuvre du projet « **Domaine Agricole de Thiès (DAT)** » émane du constat ci-dessus évoqué à savoir l'existence de marchés potentiellement favorables dans ce secteur. Le marché potentiel global du « *DAT* » est estimé en valeur à près de 3,8 milliards de FCFA (20 % marché local et 80 % marché international).

Dans l'atteinte de ces objectifs, l'entreprise « *DAT* » se voit confrontée à des problèmes environnementaux à savoir : la non-fertilité des sols, la faiblesse et l'irrégularité des pluies et la forte salinité des sols. Afin de surmonter ces problèmes, le « *DAT* » opta pour une agriculture moderne et l'acquisition d'appareils performants.

Malgré l'expertise de l'entreprise, la salinité des sols influence négativement les rendements des différentes cultures pratiquées. C'est dans la résolution de ce frein que nos travaux seront orientés à savoir « **la pratique de l'irrigation moderne sur sol salé (plein champ et sous serre) : cas de la région de Thiès** ».

REMERCIEMENTS

Ce travail de mémoire doit beaucoup à la formation que j'ai reçue à l'Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement (2iE). C'est pourquoi je remercie tous les professeurs que j'ai eu l'honneur de rencontrer.

A chacune des personnes ci-dessous nommées, je tiens, du fond du cœur, à dire merci et bien plus encore :

- A mon directeur de mémoire : Monsieur Bassirou Boube ;
- Mon maître de stage : Monsieur Alioune Diop ;

Pour le dévouement de chacune de ces personnes, leurs conseils précieux et la pertinence de leurs interventions. Comme il se devait, ils ont su me mettre sur la voie à chaque fois qu'il le fallait ;

- A tous les agents de DAT qui sur le terrain ont été d'une aide incontournable. Je pense à M. Alioune Palla Correa (DG de DAT) ;
- Et particulièrement à M. Amady Mbare Diop (ex-DCE de DAT)
- Et puis tous ceux qui de près et/ou de loin ont apporté leur pierre à l'édifice que ce document présente.

DEDICACES

A la mémoire de mon très cher père,

Fifou Hyacinthe TOGUYENI

A mon adorable mère,

Possibo Chantal LOMPO

pour qui aucun acte ne pourra exprimer mes sentiments,

A mes frères et sœurs,

A toute ma famille

A tous mes amis,

*qui m'ont apporté leur soutien perpétuel de tout genre depuis toujours. Ils ont fait de moi
l'homme que je suis aujourd'hui.*

Je dédie ce mémoire

RESUME

L'essor de l'agrobusiness a poussé le « *Domaine Agricole de Thiès* » (Sénégal) à se lancer dans l'horticulture. S'étant installé sur les bordures du lac Tanma maintenant asséché, il se voit confronté à la présence d'un sol salé et une nappe phréatique peu profonde qui repose sur une loupe d'eau salée. Afin de surmonter ces obstacles naturels, la conception et la mise en place de techniques et de pratiques culturales s'avèrent nécessaires. La conception d'un aménagement hydroagricole respectueuse de l'environnement et le choix de cultures assez tolérantes au sel (tomate, poivron, concombre) ont été proposés. L'existence d'un bassin de 30 000 m³ alimenté par quatre forages (50 m³/h) permet d'irriguer l'ensemble de l'aménagement. Cette eau non saline sert à l'irrigation des cultures sous serre et en plein champ. L'aménagement proposé présente une conduite d'amenée acheminant l'eau des forages au bassin. Cette eau est envoyée au niveau de zones à irriguer grâce à trois pompes de 32,1 m³ / h et un réseau d'irrigation en PVC constitué de trois conduites (DN 90) de refoulement , de six conduites (DN 75, DN 50) secondaires, des porte-rampes (DN 32) et des rampes (DN 16). Le goutteur a un débit de 2,3 l/h avec une pression de 1.4 bar pour un débit d'équipement de 2.44 l/s/ha. Afin d'avoir de meilleurs rendements, le traitement de la salure à travers un réseau de drainage, des systèmes de traitement et d'amélioration du sol est proposé. La réalisation de ce projet s'élève à 229 220 408 FCFA HT-HD, soit 12 877 551 FCFA /ha avec 21 % alloué au système photovoltaïque, 19 % aux lignes de goutteurs, 18 % aux travaux de Génie civil et 42 % aux système de pompage et des conduites autres que les rampes. Par campagne, la production des différentes cultures s'élève à 604 310 000 FCFA. La valeur ajoutée est 470 549 660 FCFA de et la durée de retour sur investissement est alors d'une année. Un tel projet a des impacts sur la localité, ce qui permet de faire une étude d'impact environnemental et social afin d'assurer la viabilité au projet

Mots Clés :

1 – Sol salé

2 – Cultures tolérantes au sel

3 – Irrigation goutte à goutte

4 – Réseau de drainage

5 – Traitement de la salure

ABSTRACT

The growth of agrobusiness has pushed the "Domaine Agricole of Thiès" (Senegal) to embark on horticulture. Having settled on the edge of Tanma's lake now dried up, it is confronted with the presence of a salty soil and a shallow water table that rests on a magnifying glass of salted water. In order to overcome these natural obstacles, it is necessary to design and implement techniques and cultural practices. The design of an environmentally friendly irrigation system and the choice of salt-tolerant crops (tomatoes, sweet peppers, cucumbers) have been suggested. The existence of a basin of 30 000 m³ fed by four boreholes (50 m³ / h) makes it possible to irrigate the entire development. This non-saline water is used for the irrigation of greenhouse and field crops. The proposed development consists of a feed line carrying the water from the wells to the basin. This water is sent to areas to be irrigated by three pumps of 32.1 m³ / h and a PVC irrigation network consisting of three pipes (DN 90), six pipes (DN 75, DN 50) Ramps (DN 32) and ramps (DN 16). The dripper has a flow rate of 2.3 l / h with a pressure of 1.4 bar for an equipment flow rate of 2.44 l / s / ha. In order to have better yields, the treatment of the salt through a drainage network, systems of treatment and improvement of the soil is proposed. The realization of this project amounts to à 229 220 408 FCFA net of tax so 12,877,551 FCFA / ha with 21% allocated to the photovoltaic system, 19% to dripper lines, 18% to civil works and 42% to Pumping system and piping other than ramps. The production of the different crops amounts to 604 310 000 FCFA per crop year. The value added is 470,549,660 FCFA and the return on investment period is one year. Such a project has impacts on the locality, which makes it possible to carry out an environmental and social impact assessment in order to ensure the viability of the project

Key words :

- 1 – Salt tolerant crops**
- 2 - Salty soil**
- 3 - Drip irrigation**
- 4 - Drainage network**
- 5 - The treatment of the salt**

LISTE DES ACRONYMES

BP	: Avant le présent (years before the present)
DAT	: Domaine Agricole de Thiès
E&F	: Eaux et Forêts
ET_o	: Evapotranspiration de Référence (Gazon)
FAO	: Food and Agriculture Organisation (Organisation des nations unies pour l'alimentation et l'agriculture)
HMT	: Hauteur Manométrique Totale
MEDD	: Ministère de l'Environnement et du Développement Durable
NE-SW	: Nord Est – Sud-Ouest
NS	: Nord Sud
PH	: Potentiel hydrogène
PIB	: Produit Intérieur Brut
RFU	: Réserve Facilement Utilisable du sol
RU	: Réserve Utile du sol
US	: Etats-Unis d'Amérique (United States)

LISTE DES SYMBOLES ET NOTATION

°C	: degré Celsius
Cf.	: Confère
Kc	: Coefficient cultural
kVA	: Kilovoltampère
M.O	: Unité de travail = 1 journée d'un ouvrier

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1: Valeurs mensuelles (en mm) des précipitations et des températures à la station de Thiès....	4
Tableau 2:Forages et aquifères sur la bordure du lac Tanma.....	8
Tableau 3: Calendrier cultural.....	21
Tableau 4: les différents systèmes d'irrigation modernes.....	23
Tableau 5: Avantages et inconvénients des techniques irrigations sous-pressions.....	23
Tableau 6: Paramètres de la culture de tomate.....	25
Tableau 7: Besoin en eau de la tomate.....	25
Tableau 8: Paramètres de l'irrigation.....	26
Tableau 9:Caractéristiques du goutteur.....	26
Tableau 10 : Calendrier d'arrosage de la tomate.....	28
Tableau 11: Caractéristiques de la pompe.....	29
Tableau 12: Résistance des plantes à la salinité du sol.....	31
Tableau 13 : Fiche d'évaluation d'une culture de tomate ronde.....	37
Tableau 14: Charges d'exploitation des différentes cultures.....	41
Tableau 15 : Analyse des impacts potentiels du projet.....	46

LISTE DES FIGURES

Figure 1: Situation géographique du lac Tanma.....	1
Figure 2: Localisation du Domaine Agricole de Thiès.....	2
Figure 3: Pluviométrie moyenne (mm) (Station de Thiès sur 49 ans).....	4
Figure 4: Carte du réseau hydrographique du bassin versant de Tanma.....	7
Figure 5: Présentation de la topographie de DAT via Global mapper.....	9
Figure 6 : Découpage parcellaire du site de DAT via A.....	9
Figure 7: Séquence de calcul des besoins en eau d'irrigation (goutte à goutte).....	12
Figure 8: Séquence de calcul des paramètres d'irrigation.....	13
Figure 9: Cultures choix (tomate, poivron & concombre).....	21
Figure 10 : Effet de la salinité sur le rendement en irrigation goutte à goutte et par aspersion.....	24
Figure 11 : Goutteur URIMAS ANTI-SIPHON autorégulant URAM 1605023.....	27
Figure 12 :Pompe Hydro MPC-S /G 2CR 15-03 3x400/50 DL.....	29
Figure 13:Répartition du coût du projet.....	41

Table des matières

AVANT-PROPOS.....	i
REMERCIEMENTS	ii
DEDICACES.....	iii
RESUME	iv
ABSTRACT	vi
LISTE DES ACRONYMES.....	vii
LISTE DES TABLEAUX	viii
LISTE DES FIGURES.....	viii
Table des matières.....	ix
INTRODUCTION	1
I. PROBLEMATIQUE ET OBJECTIFS D'ETUDES	2
I.1. Problématique.....	2
I.2. Objectifs.....	2
I.2.1. Objectif général.....	2
I.2.2. Objectifs spécifiques.....	2
I.3. Résultats attendus.....	3
II. MATERIEL ET METHODES	3
II.1. Présentation de la zone d'étude	3
II.1.1. Cadre Physique.....	2
II.1.2. Climat et pluviométrie.....	3
II.1.3. Relief et sol	4
II.1.4. Végétation	5
II.1.5. Hydrographie.....	6
II.1.6. Milieu humain.....	7
II.2. Etude de base	7
II.2.1. Etudes pédologiques	7
II.2.2. Etudes Hydrologiques.....	8
II.2.3. Etudes topographiques	8
II.2.4. Données de base pour l'aménagement	9
II.3. Approche méthodologique	10
II.3.1. Hypothèses.....	10
II.3.2. Matériels.....	10
II.3.3. Etudes préliminaires.....	11
II.3.4. Méthodes de dimensionnement du système d'irrigation.....	11
III. RESULTATS ET DISCUSSION	20

III.1.	Etude de l'aménagement	20
III.1.1.	Dimensionnement préliminaire	20
III.1.2.	Dimensionnement final	26
III.2.	Dimensionnement des pompes et des groupes électrogènes	29
III.2.1.	Choix des pompes.....	29
III.2.2.	Choix du groupe électrogène et du champ photovoltaïque	30
III.3.	Traitement du sel	31
III.3.1.	Drainage des eaux souterraines	32
III.3.2.	Drainage des eaux de surface.....	33
III.3.3.	Solutions alternatives	33
III.4.	Exploitation et entretien des ouvrages	35
III.4.1.	Exploitation du périmètre	35
III.4.2.	Entretien du périmètre.....	37
III.5.	Gestion et conservation	38
III.5.1.	Gestion	39
III.5.2.	Conservation.....	40
III.6.	Etude économique	41
III.6.1.	Devis estimatif de l'aménagement.....	41
III.6.2.	Compte d'exploitation.....	41
III.6.3.	Etudes de rentabilités.....	42
III.7.	Etude d'impact environnemental et social	42
III.7.1.	Prévision des impacts	43
III.7.2.	Analyse des impacts	44
III.7.3.	Mesures d'atténuation et initiatives complémentaires.....	44
IV.	RECOMMANDATIONS ET PERSPECTIVES.....	49
	CONCLUSION	50
	BIBLIOGRAPHIE.....	51
	Sites internet	52
	ANNEXES.....	53

INTRODUCTION

L'agriculture sénégalaise a connu des mutations importantes durant ces cinquante dernières années. D'une agriculture à l'origine vivrière et familiale (saisonnnière et pluviale), elle est en plein essor grâce au développement de l'irrigation et la pratique de l'horticulture.

L'agriculture occupe une place importante dans l'activité économique et sociale de la région de Thiès (70% des Sénégalais sont des agricultures ou éleveurs). L'horticulture quant à elle, occupe la première place et représente 1/3 de la production nationale (MEDD 2015). Cette dernière représente un secteur rentable (20% PIB). En vue de ce marché prometteur, le « *Domaine Agricole de Thiès.sa* » s'est lancé dans ce domaine avec plus de technicité et de maîtrise.

S'étant installée sur le lit du lac « Tanma » maintenant asséché, l'entreprise doit faire face à plusieurs difficultés à savoir la salinité du sol et la faible profondeur de la nappe phréatique. Cette salinité due à la présence d'alluvions et à la remontée capillaire d'eau salée.

Des études ont déjà été menées sur le dessalement des terres salées et plusieurs pratiques furent mises en place. Parmi ces dernières, certaines semblent intéressantes et recommandées (Mutsaars et Van Der Velden 1973).

En vue de lutter contre cette forte salinité, il faut contrôler l'eau d'irrigation et avoir un rabattement de la nappe afin d'éviter de noyer les racines des cultures. C'est dans ce cadre que notre étude sera orientée vers « ***la pratique de l'agriculture moderne sur sol salé (plein champ et sous serre) : cas de la région de Thiès*** ». L'objectif de notre étude est de proposer un aménagement qui pourrait empêcher la salinité d'influencer les cultures pratiquées ainsi que leur rendement ou réduire cette influence.

I. PROBLEMATIQUE ET OBJECTIFS D'ETUDES

I.1. Problématique

La salinisation est un problème majeur dans le monde se caractérisant par une présence de sel dans 10 à 15 % des surfaces irriguées à des degrés divers (Mermoud 2006). Elle est le processus d'accumulation de sels à la surface du sol et dans les zones racinaires qui occasionnent des effets nocifs sur les végétaux et le sol ; il s'en suit une diminution des rendements et, à long terme, une stérilisation du sol.

Entre 7 032 et 6 532 BP, la mer a envahi le continent africain, en pénétrant par les interdunes en doits de gants. Elle remonte peu à peu et submerge les basses vallées des fleuves. Pendant cette transgression marine, les eaux salées ont envahi le lac Tanma. Les restes actuels de cette transgression marine apparaissent sous forme de vasières plates à sols salés appelées tannes et bordées de tamaris (Benaricha 1985).

Dans la zone étudiée, le milieu salé du lac Tanma est déterminé avant tout par une communication ancienne avec la mer, l'origine des sels est donc marine. D'après Barreto P. (1962), il est probable que cette salure que l'on peut considérer comme fossile se trouve plus ou moins prolongée et alimentée par des apports de sels lessivés des formations géologiques de tout le bassin versant de cette vaste vallée.

La zone des Niayes est caractérisée par une nappe phréatique peu profonde, qui repose sur une loupe d'eau salée. Etant dans cette zone, le lac Tanma, maintenant asséché, est une zone propice à l'horticulture. Le DAT s'étant installé sur le lit de ce dernier, doit faire face à la présence de nappe peu profonde, d'alluvions rendant le sol salé et le manque de maîtrise des pratiques agricoles.

I.2. Objectifs

I.2.1. Objectif général

L'objectif général de cette étude est **la conception d'un aménagement hydroagricole de 17.8 ha en irrigation goutte à goutte sur condition de sol salé.**

I.2.2. Objectifs spécifiques

Afin d'atteindre cet objectif ci-dessus, il faut :

- ❖ Choisir des cultures tolérantes au sel et mettre en place des solutions techniques afin de ramener le sol à un seuil de salinité acceptable
- ❖ Mettre en place un système d'irrigation respectueux de l'environnement,
- ❖ Etudier la rentabilité liée à l'aménagement

I.3. Résultats attendus

L'atteinte des objectifs va permettre d'avoir :

- ❖ Un plan d'aménagement conforme aux paramètres de base ;
- ❖ Un aménagement apte à une agriculture spéciale (cultures tolérantes au sel) ;
- ❖ Un système de lessivage de l'excédent de sel ;
- ❖ Un devis quantitatif et estimatif de l'aménagement ;
- ❖ Une étude d'impact environnemental et social.

II. MATERIEL ET METHODES

II.1. Présentation de la zone d'étude

Grand pôle de production agricole, la région de Thiès à de nombreuses potentialités hydrauliques et pédologiques. Etant dans cette région, notre zone d'étude se situe plus précisément dans la zone côtière des Niayes (lit du lac Tanma) à vocation maraîchère et fruitière. Soumise à un climat purement soudanien, elle est localisée par les coordonnées géographiques suivants : Latitude : 14° 50' 39,87'' Nord et Longitude 17° 04' 06,67'' Ouest.

Le Domaine Agricole de Thiès couvre une superficie d'environ 36 ha.

La zone d'étude est présentée dans la figure ci-après :

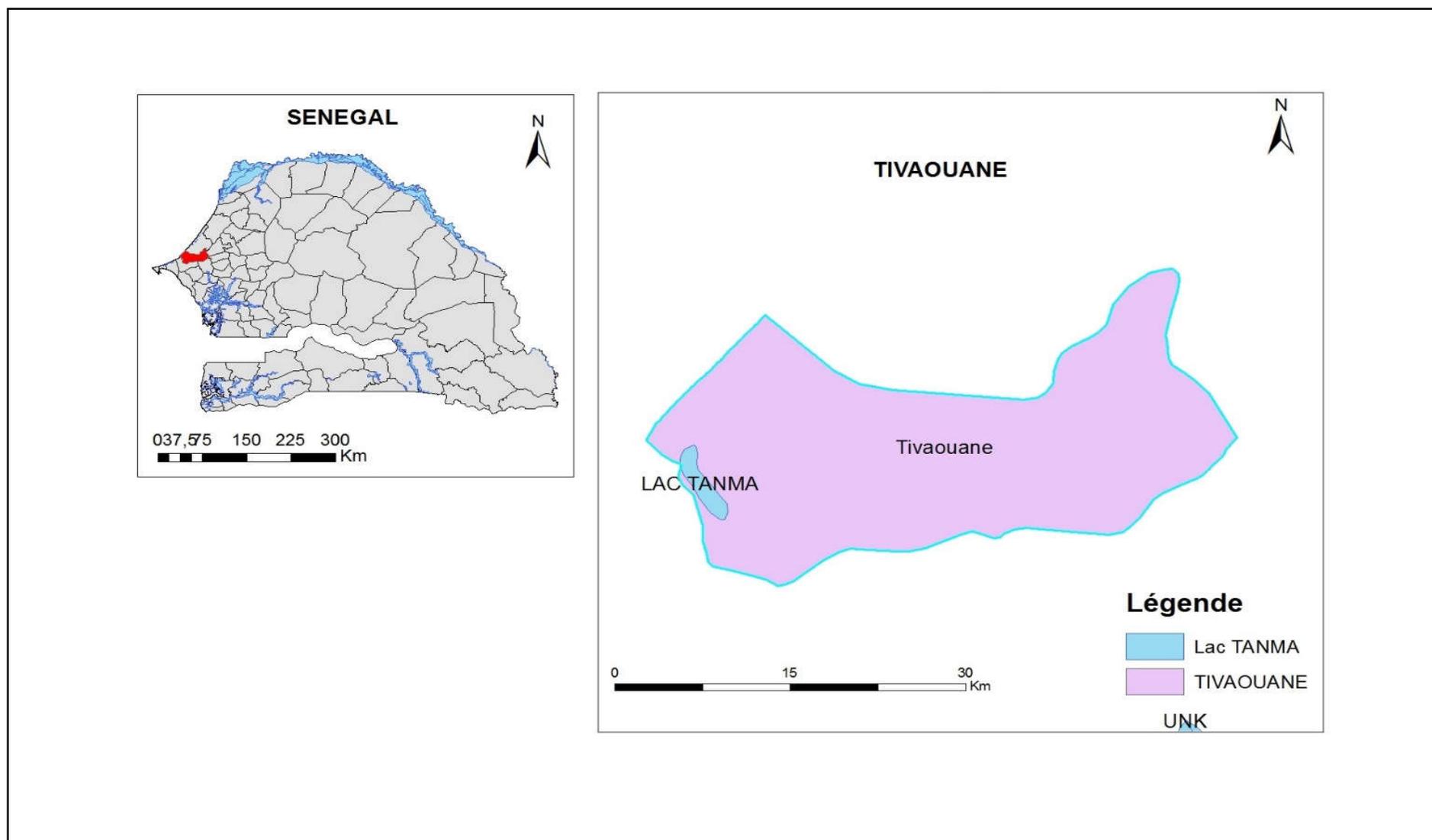


Figure 1: Situation géographique du lac Tanma

II.1.1. Cadre Physique

Notre site d'étude se trouve dans la région naturelle des Niayes. La région des Niayes est la partie du Sénégal située sur la bordure maritime nord. Elle s'étire sur une longueur de 180 km avec une largeur variant par endroit entre 5 et 30 km. Elle est généralement limitée dans sa partie intérieure par la route nationale N° 2 reliant Dakar et Saint Louis. Cette zone est caractérisée par une morphologie assez particulière qu'elle a héritée de son passé géologique et géomorphologique. De Saint Louis à Dakar, elle est marquée par une succession de lacs qui s'échelonnent le long du littoral. On peut citer parmi ces lacs : Ourouay, Retba, Youi, Mbeubeus, Mbaouane et Tanma. Ce dernier représente notre zone étude.

D'un point de vue administratif, notre zone d'étude se trouve dans la région de Thiès entre les départements de Thiès et Tivaouane. Les communes rurales concernées par le lac sont : Diender Guedj dans le département de Thiès, arrondissement de Keur Moussa, Notto Gouye Diama et Mont Rolland dans le département de Tivaouane arrondissement de Pambal.

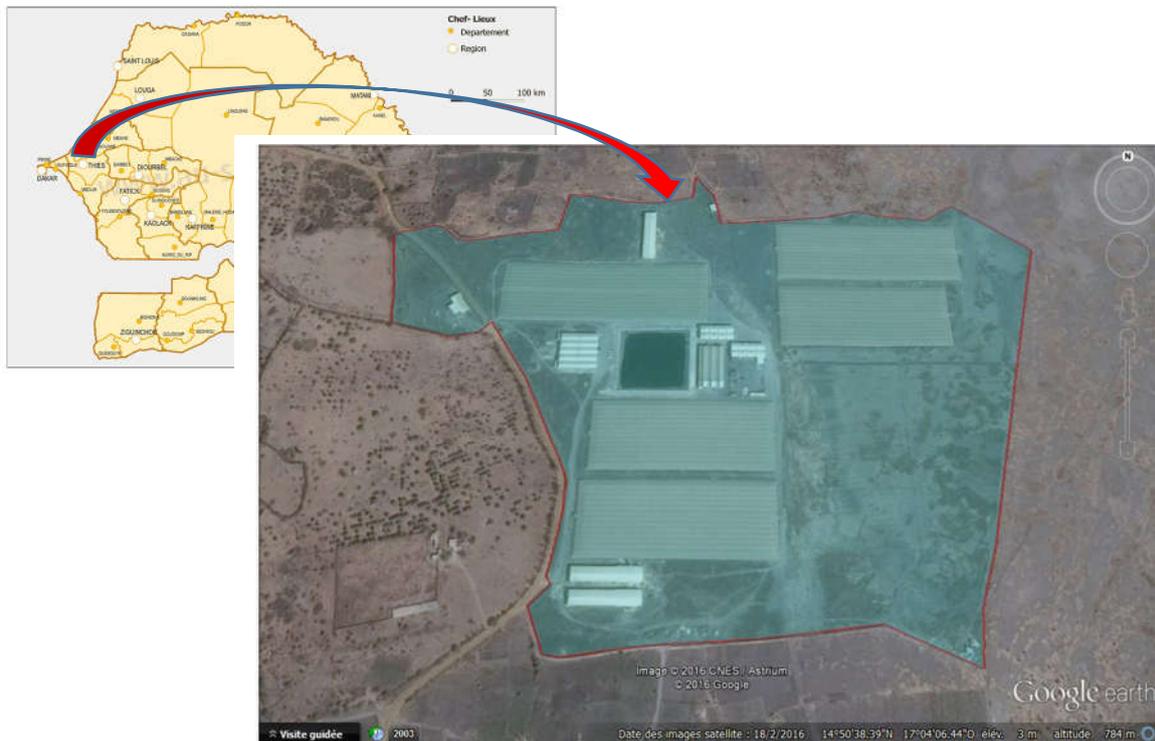


Figure 2: Localisation du Domaine Agricole de Thiès

Situé entre les latitudes $14^{\circ} 49'$ et $15^{\circ} 00'$ Nord et les longitudes $17^{\circ} 06'$ Ouest ; (Thiam 2006) le lac Tanma s'inscrit principalement dans les trois départements ruraux que sont Diender, Mont Rolland et Notto Gouye Diama. Il polarise quelques villages de la communauté de Keur Moussa.

Il s'allonge sur plus de 6 km suivant un axe approximativement Nord-Sud. Sa largeur moyenne est d'environ 2,5 km sauf 1/3 de sa longueur en partant de l'extrémité Nord où il présente un étranglement de 0,75 km sur 1,5 km. Cet étranglement va de pair avec un changement de direction qui devient NE-SW (Ndoye 2008). Il est traversé au niveau de l'étranglement par la route nationale Dakar Mboro.

II.1.2. Climat et pluviométrie

La zone des Niayes bénéficie d'un climat particulier. Cette partie du pays est balayée par trois masses d'air : l'alizé boréal maritime issu de l'Anticyclone des Açores, l'Harmattan de parcours continental issu de l'anticyclone Sibéro-libyen, et la mousson de l'Anticyclone de Sainte-Hélène dans l'Atlantique sud (Coly 2000).

La région du lac Tanma bénéficie d'un climat soudanien, climat d'alizé maritime ou climat de la grande côte sénégalaise (Benaricha 1985). C'est un climat azonal soumis à l'influence de l'alizé atlantique nord durant la majeure partie de l'année, et de la mousson pendant une courte période de la saison des pluies.

Les précipitations sont localisées entre les mois de juin et d'octobre avec 97 % de la moyenne annuelle. Ce sont les mois de Juillet, Août et Septembre qui sont les plus pluvieux avec respectivement 17 %, 39 % et 29 % des précipitations totales.

Les températures moyennes mensuelles varient entre 23 °C et 29 °C, avec Janvier comme le mois le plus « froid » et juillet le plus « chaud ». L'évaporation est plus élevée entre Décembre et Mars. La proximité de la mer expose ces sites à des conditions hygrométriques assez favorables.

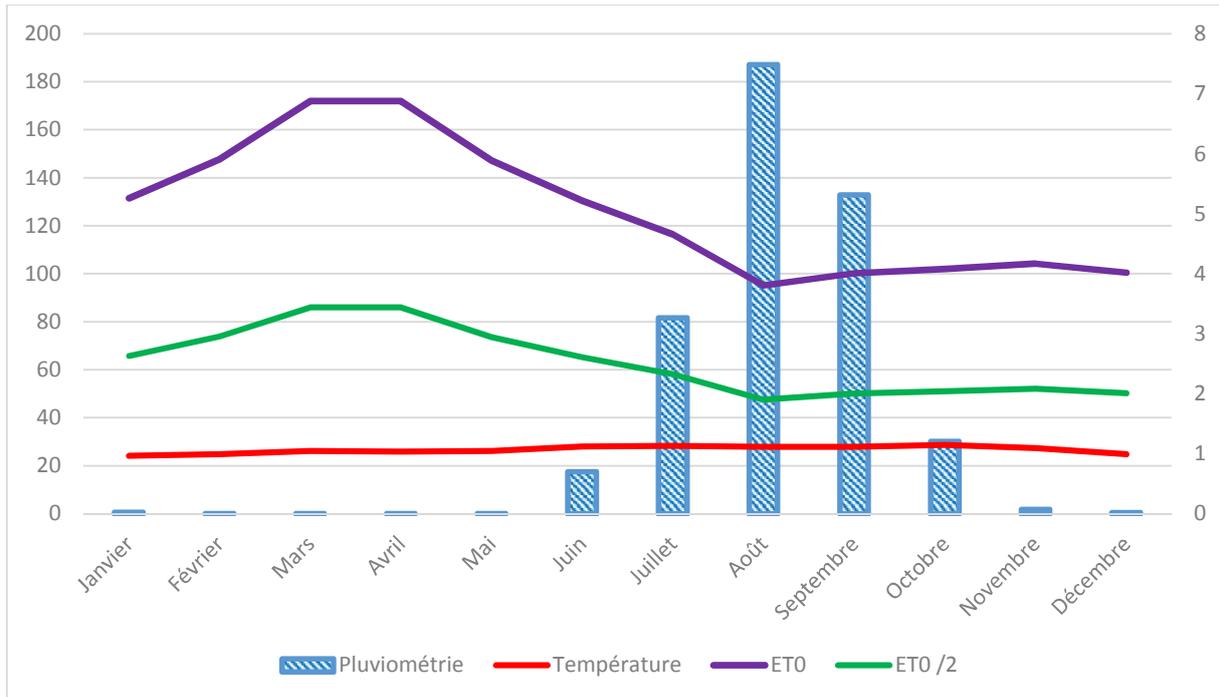
En raison de sa proximité avec l'océan, cette partie du pays est très soumise à l'influence marine. Cette influence fait qu'elle bénéficie d'une ambiance climatique particulière avec l'existence de deux types de précipitations. On a les précipitations hivernales et les précipitations estivales :

- Les précipitations hivernales sont très faibles, mais peuvent être importantes dans des cas exceptionnels.
- Les précipitations estivales sont très importantes et déterminent la saison pluvieuse ou hivernage.

Le tableau suivant présente les données des précipitations moyennes mensuelles de Thiès de 1959 à 2008 et des températures moyennes (en degré °C) de 1970 à 2000 :

Tableau 1: Valeurs mensuelles (en mm) des précipitations et des températures à la station de Thiès

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Pluviométrie (mm)	0,6	0,1	0,002	0,1	0,04	17,5	81,6	187,1	132,9	30,2	1,8	0,5
Température (°C)	24,2	24,9	26,1	25,9	26,1	28	28,3	27,9	27,9	28,7	27,3	24,9
ET0 (mm/jr)	5,26	5,91	6,88	6,88	5,89	5,22	4,66	3,81	4,01	4,08	4,17	4,02
ET0 /2 (mm/jr)	2,63	2,955	3,44	3,44	2,945	2,61	2,33	1,905	2,005	2,04	2,085	2,01

*Figure 3: Pluviométrie moyenne (mm) (Station de Thiès sur 49 ans)*

L'analyse de ce tableau montre que la zone est caractérisée par une grande variabilité inter mensuelle de la précipitation. L'essentiel des précipitations se concentre entre les mois de juillet, août et septembre. Le maximum est atteint au mois d'août avec 187,1 mm soit 40 %, suivi du mois de septembre 132,9 mm et du mois de juillet 81,6 mm. Ces trois mois font 88 % des précipitations en deux saisons.

La campagne ne dure que d'Octobre à Avril. Durant cette période, la pluviométrie est pratiquement nulle. Il faut par conséquent un apport d'eau par irrigation aux cultures.

II.1.3. Relief et sol

Cette partie du pays ne comporte pas d'élévations à hauteurs remarquables. Cependant elle n'est pas entièrement plate ; même si les dénivellations entre dunes et dépressions dépassent 25 m.

Le lac Tanma forme un grand bassin qui est relié dans sa partie intérieure par un réseau de marigots en partance du massif de Ndiass et des plateaux de Thiès. Ces deux structures influencent beaucoup la morphologie du milieu.

- Le plateau de Thiès est d'orientation méridienne et s'étire progressivement vers l'Ouest de 40 à 120 m et culmine à 130 m. il se termine à l'Ouest par un escarpement appelé falaise de Thiès ou cuesta de Thiès ; une succession de ravins l'échancre (Gueye 2005).
- Le massif de Ndiass quant à lui est formé d'une succession de collines et de petits plateaux très découpés qui atteignent 100 à 105 m dans partie centrale (Gueye 2005).

D'une manière générale le relief est plat avec quelques dépressions aux alentours. Il devient de plus en plus bas au fur et à mesure que l'on s'approche du littoral où l'on trouve les cuvettes.

L'histoire géologique de la grande côte sénégalaise a été jalonnée par différentes phases qui ont profondément marqué le paysage géomorphologique des Niayes. Ainsi selon (Michel 1973), trois (03) grandes périodes se sont succédé :

- La Transgression inchiennes (formation d'Ergs constitués de dunes, vers 18 000 BP)
- La période Nouakchottienne (transgression vers 5 500 BP, formation de petits golfes avec envahissement par l'eau salée de mer des basses vallées qui se sont transformées en petites lagunes dans les entailles des dunes littorales)

Au cours de la régression marine, l'eau de mer s'est retirée laissant en place des sels piégés dans le sol et des nappes d'eau salée à moyenne profondeur.

- La période de l'importante dérive littorale N.S (cette dérive a provoqué la fermeture des anciens golfes par les dunes littorales semi-fixées)

La vallée du Lac Tanma n'est plus aujourd'hui qu'une vallée morte qui n'est remplie d'eau que pendant la saison des pluies.

On distingue trois (03) grandes unités de sols appartenant aux classes suivantes : sols peu évolués, sols hydromorphes et sols isohumiques.

II.1.4. Végétation

La végétation est importante et les espèces rencontrées sont vastes. Bien que la zone se situe dans les latitudes sahéliennes, la disponibilité en eau entretient une végétation de type guinéen à l'image du palmier à huile (*eleasis guineensis*) qui y est très présent. La répartition des espèces est fonction de la disposition des unités géomorphologiques. Ainsi on a des unités

phytogéographiques individualisées selon qu'on est sur les dunes, sur les interdunes ou sur les bordures immédiates du lac. Les espèces les plus représentées sont : *Phoenix reclinat*, *imperata cylindrica*, *Latana camara*, (dans les zones dépressionnaires) *Faidherbia albida*, *Adansonia digitata*, *Guiera senegalensis*, *Parinan macrophylla*, *Cenhruis biflorus*, *Aristida stipoides*, *Leptadenia hastata* etc. (sur les dunes ogoliennes).

Pour les bordures du lac, l'espèce *Salicornia senegalensis* occupe le fond du lac. Les terrasses sont dominées par des cultures, surtout des espèces adaptées à la salinité. On peut citer comme exemple : *Philoxerus vermiularis*, *Tamarix senegalensis*, *Ambrosia maritima* (Kane 2007).

Cependant, cette végétation régresse sous les effets combinés de la péjoration climatique et de l'extension des champs de culture. Aujourd'hui, plusieurs espèces sont en voie de disparition.

II.1.5. Hydrographie

Aujourd'hui, de par son étendue (1620 ha selon Ndoye 2008), le lac « Tanma » est le deuxième lac du pays après le lac de Guiers. Il forme un grand bassin lacustre et accueille saisonnièrement les eaux des nombreux marigots que comptent ses environs. On peut citer le marigot de Pout, le marigot de Mont Rolland, les marigots de la zone de Fouloune Ndiaye Bopp et du marigot issu des falaises de Diender.

C'est donc un grand réceptacle d'eau douce et en plus il participe de manière effective au remplissage des nappes souterraines. D'ailleurs nos recherches nous ont montrés que les puits situés aux abords immédiats (jusqu'à environ 500 m) du lac connaissent un rabattement moins important par rapport à ceux des endroits éloignés. Cela est dû à la convergence et à l'infiltration des eaux de ruissellement dans le site.

Malheureusement, c'est un lac très exposé à la forte évaporation. Il perd l'essentiel de son eau juste après la saison des pluies et est complètement tari pendant une bonne partie de la saison sèche. Le bilan hydrologique reste ainsi très favorable à l'infiltration et à l'évaporation. Cette forte infiltration explique la disponibilité des ressources en eau souterraine même si aujourd'hui elles subissent les effets du déficit pluviométrique et les prélèvements importants à l'actif des hommes à travers leurs activités. Le réseau hydrographique de la zone se résume comme suit :

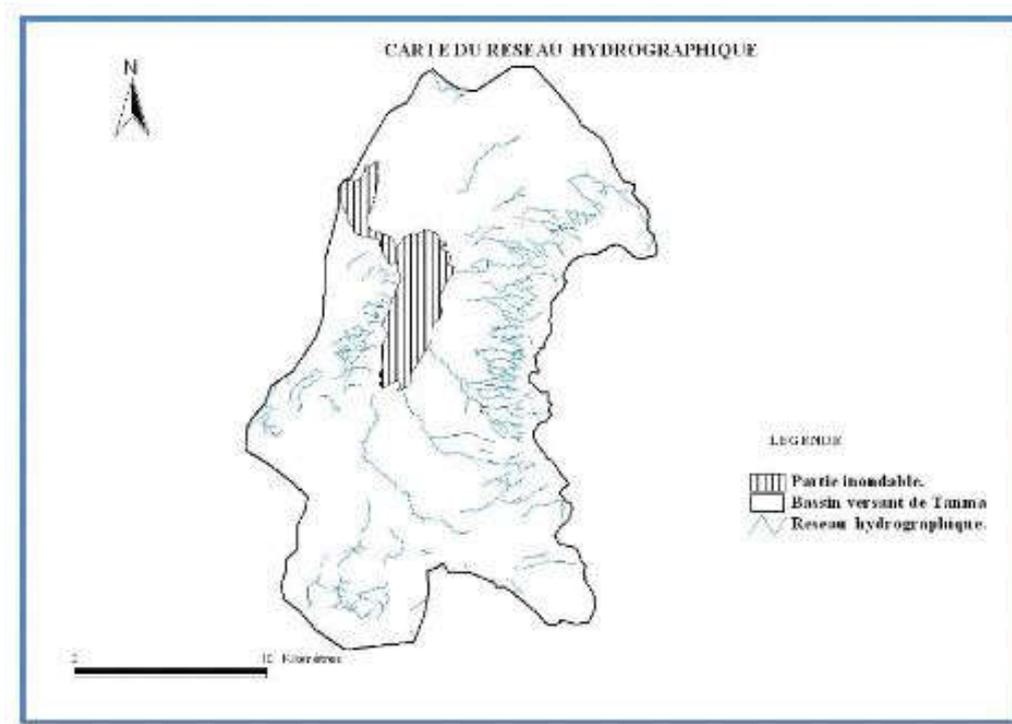


Figure 4: Carte du réseau hydrographique du bassin versant de Tanma

II.1.6. Milieu humain

D'un point de vue spatial, si l'on considère l'ensemble des limites administratives, ces trois communautés rurales (Diender, Mont Rolland et Notto Gouye Diama) regroupent un nombre important de villages.

Ces villages sont situés soit dans la rive gauche soit dans la rive droite et sont unis par l'élément lac. Leurs populations s'adonnent principalement à l'activité de maraîchage autour du lac. Ainsi cette zone qu'on pourra appeler « la zone écologique du lac » constituera notre espace d'étude.

II.2. Etude de base

II.2.1. Etudes pédologiques

La zone à aménager est située à mi-chemin entre le Dakar et Thiès précisément dans la périphérie de Pout, et fait l'objet d'une attribution de la communauté rurale. Elle présente des sols de types hydromorphes (sols hydromorphes à pseudogley, peu humifères). Ces sols aussi appelés sols « Deck » sont marqués au niveau du profil par la présence de taches de pseudogley depuis le deuxième horizon, vers 30-40 cm. Leur évolution est influencée par la présence d'une nappe phréatique battante ou par un engorgement superficiel pendant l'hivernage. Ils sont situés dans les petits bas-fonds et en bordure du lac où certains sont salés en profondeur. La texture est limoneuse en surface et sableuse en profondeur. Ils contiennent des coquillages qui sont très altérés.

II.2.2. Etudes Hydrologiques

Plusieurs forages sont installés dans les communautés rurales qui encerrent le lac Tanma. Le tableau suivant récapitule les différents forages et les aquifères sur lesquels ils sont installés.

Tableau 2: Forages et aquifères sur la bordure du lac Tanma

Communautés rurales	Nombre de forages	Aquifères	Profondeur maximum en m
Notto Gouye Diama	7	Paléocène	201
	1	Terminal	56
	2	Eocène	56
	1	Quaternaire	41
	1	Maestrichtien	364
Mont Rolland	1	Maestrichtien	207
	2	Paléocène	262
Diender Guedj	2	Paléocène	180
	2	Terminal	100
	4	Eocène	247
	4	Quaternaire	97
	2	Maestrichtien	240

Source : (Ndiaye 2000)

Le maestrichtien est une nappe qui présente des variations d'épaisseur et devient de plus en plus profond du Nord au Sud. Elle est moins exploitée par rapport aux autres aquifères qui sont moins profonds (Samba 2007) et du coup plus accessibles.

Les nappes des sables du quaternaire avec une épaisseur d'environ ont une profondeur de 10 à 20 m dans la vallée et de 25 à 45 m dans la zone de plateaux.

La ressource en eau est assez suffisante, car 04 forages avec un débit de 50 l/h sont présents sur le site et alimentent un bassin de 30 000 m³. Ce dernier a les caractéristiques suivantes :

- Dimension : 80 x 80 m
- Hauteur = 7 m
- Volume = 30 000 m³

II.2.3. Etudes topographiques

La zone à aménager est relativement plate. L'altitude moyenne est de 2 m avec un pic de 5 m et le niveau minimal a le même niveau que la mer (niveau 0). La pente longitudinale moyenne est de 0,6 % et la pente transversale est de 1,2 %.

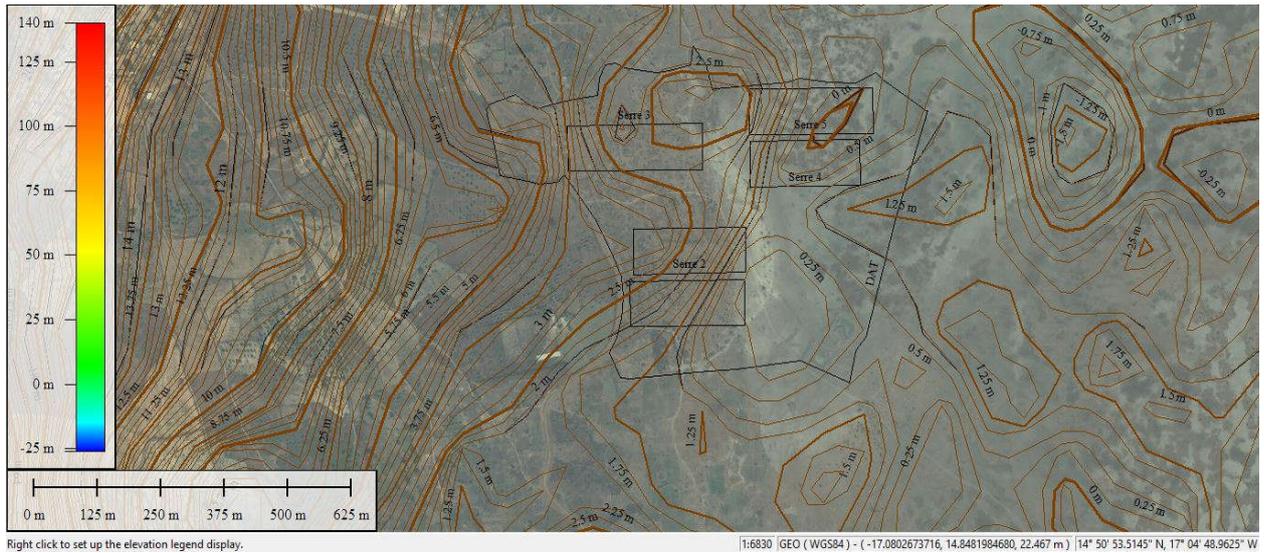


Figure 5: Présentation de la topographie de DAT via Global mapper

Les pentes sont faibles et sont justifiées par l'intervalle des contours à 0.25 m.

II.2.4. Données de base pour l'aménagement

a) Découpage parcellaire

La zone aménageable est d'environ 18 ha. Pour cette zone, 10,8 ha sont alloués aux serres (2 x 2,4 ha ; 3 x 2 ha) et 7 ha au plein champ. Le découpage s'est fait sur AutoCAD.

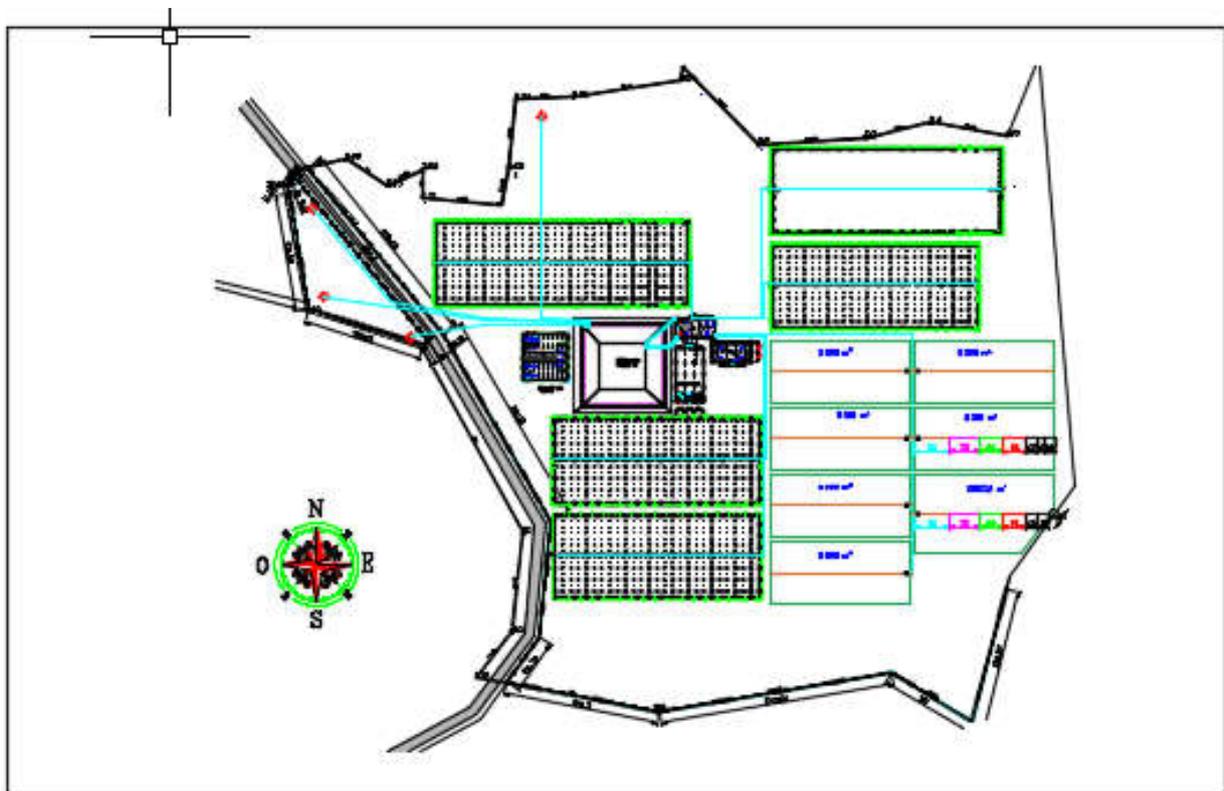


Figure 6 : Découpage parcellaire du site de DAT via A

b) Choix des cultures

❖ **Contexte :**

Zone essentiellement vouée au maraîchage, le « *DAT* » s'est installé sur cette zone et profite de cet avantage pour se lancer dans le marché international. Pour cela, les cultures doivent répondre à des normes d'exportation. La certification EUREGAP et NATURE CHOICE par l'Union européenne lui donne un visa permettant au produit pour circuler en Europe sans contrôle physique. La tomate est la culture choisie pour l'exportation et représentera 80% de la production. Deux autres cultures dont la production destinée le marché local occupera les 20% restants.

❖ **Période de production :**

La période de production ou campagne agricoles va se situer d'Octobre à Avril. La production sous serre s'étend sur une plus longue période que la production en plein champ.

❖ **Choix des cultures :**

Le choix des cultures s'est fait suivant la demande de l'agrobusiness sur le plan national et international. Il a aussi été fait suivant le type de sol, car devant résister à un certain degré de salinité (EC_w compris entre 4 et 8 mmhos/cm). Le choix s'est ainsi porté sur la tomate (*lycopersicum esculentum*), le concombre (*Cucumis sativa*) et le poivron rouge, vert et jaune (*capsicum annum*). Ces trois (03) cultures ont une très forte demande.

II.3. Approche méthodologique

II.3.1. Hypothèses

Les hypothèses suivantes seront considérées pour la suite de travaux :

- L'irrigation est la seule source d'apport en eau durant la période concernée
- Le début de campagne est le 1^{er} Octobre

II.3.2. Matériels

Afin de mener à bien la conception de l'aménagement, le matériel utilisé est le suivant :

- Documents sur les techniques et équipements d'irrigation (cours, livres, articles, publications, communication et catalogues de fabricant)
- Logiciel AutoCAD, Covadis, Global mapper, WinCAPS et RIAM
- Microsoft Office (Word et Excel)
- Base de données CLIMWAT et le logiciel CROPWAT de la FAO

- Logiciel Zotero (traitement des citations et bibliographies)

II.3.3. Etudes préliminaires

a) Constat sur le site

Avant la mise en place du projet, il paraît adéquat de lister les ouvrages et matériels déjà présents sur le site.

La zone aménageable du « *DAT* » présente :

- Site déjà clôturé
- Bassin de 30 000 m³
- Un local regroupant les bâtiments administratifs et les bâtiments de stockage
- 5 serres (2 x 2,4 ha ; 3 x 2 ha)
- 4 forages ravitaillant le bassin :
 - F1 : profondeur 65 m et niveau statique de la nappe 35 m
 - F2 : profondeur 65 m et niveau statique de la nappe 35 m
 - F3 : profondeur 67 m et niveau statique de la nappe 35 m
 - F4 : profondeur 70 m et niveau statique de la nappe 34 m

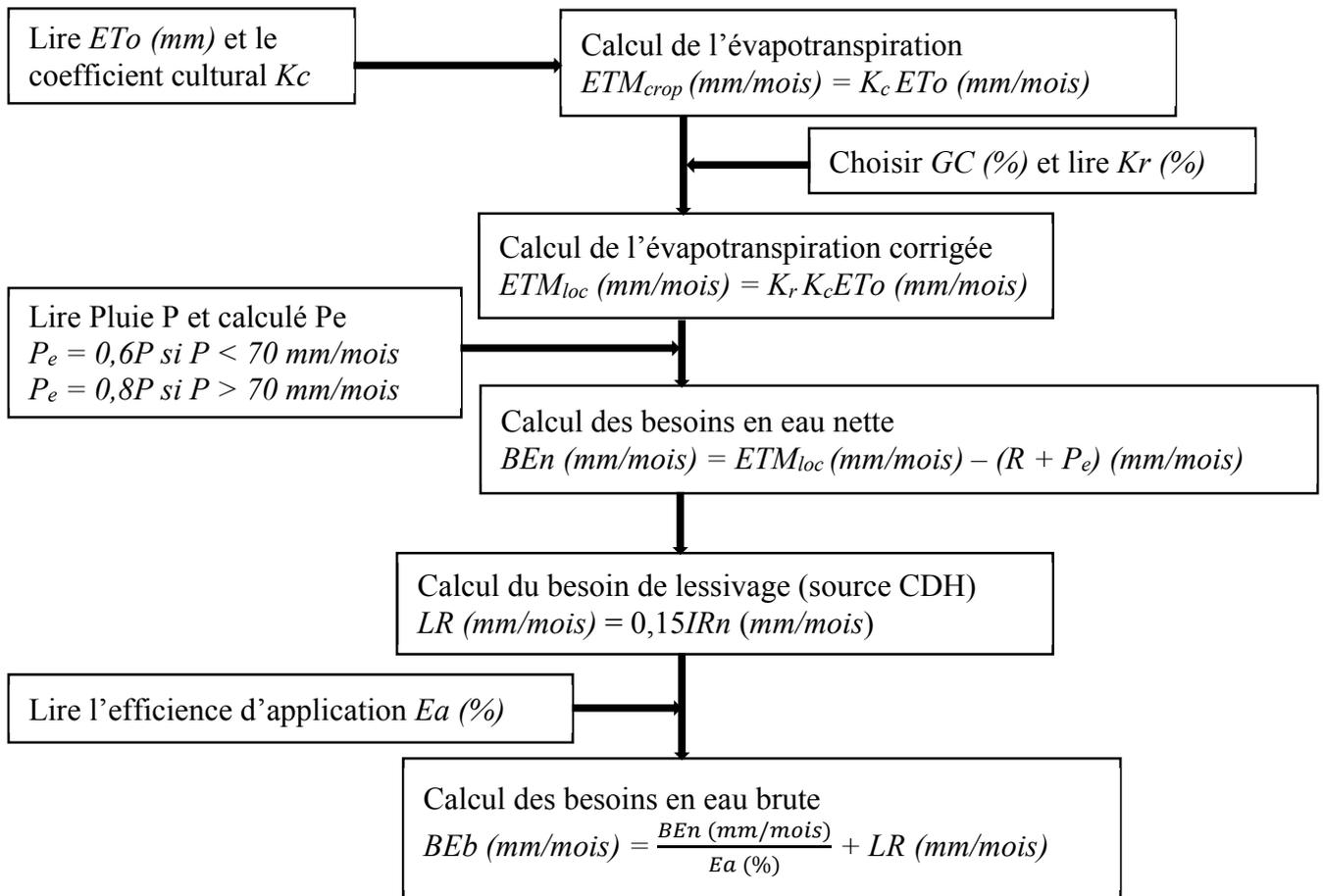
b) Recherche documentaire

Elle est d'une importance capitale afin de mieux appréhender les travaux et les études déjà menées dans la zone. Il s'agit dans un premier temps de faire une recherche sur les données de la région tout entière et restreinte ensuite juste aux alentours du site. Dans le second temps, la recherche sera axée sur les techniques d'irrigation sous pression, les équipements, la méthodologie pour la conception des systèmes, les techniques d'entretien des ouvrages d'irrigation, la gestion et la conservation des différentes productions. Les données climatiques seront extraites de la base de données CLIMWAT avec le logiciel CROPWAT de la FAO.

II.3.4. Méthodes de dimensionnement du système d'irrigation

a) Estimation des besoins en des cultures

Le besoin en eau d'irrigation est la quantité d'eau que l'on doit apporter à la culture pour lui assurer la totalité de son besoin en eau ou une fraction déterminée de celui-ci (Compaore 2003). Les besoins en eau des cultures sont évalués suivant la séquence ci-dessous. La méthode de calcul des paramètres d'irrigation est destinée à l'irrigation sous pression (aspersion et goutte à goutte). Le réseau est dimensionné pour satisfaire aux besoins du mois de pointe.



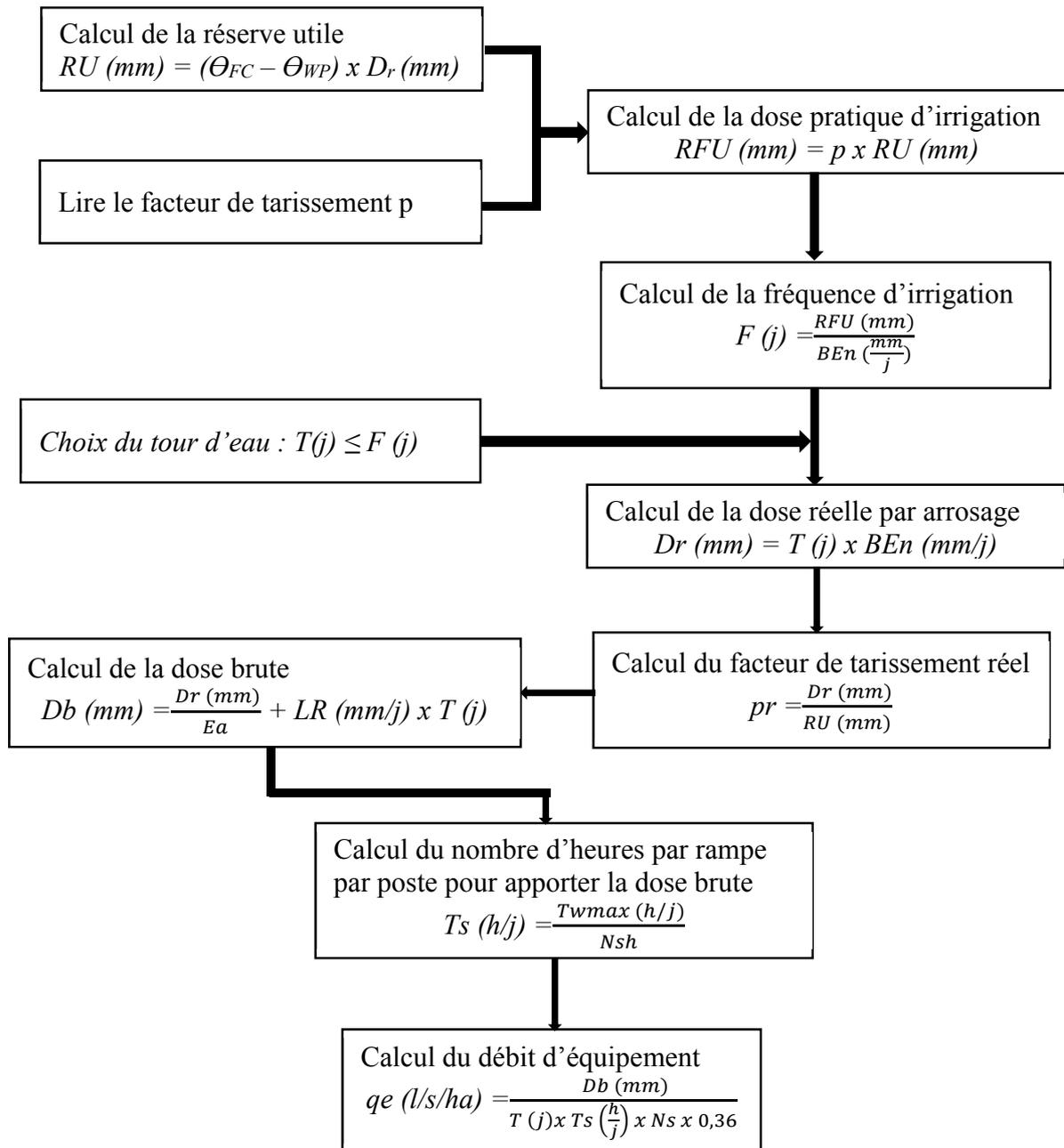
Source : (Keïta 2014)

Figure 7: Séquence de calcul des besoins en eau d'irrigation (goutte à goutte)

Cette démarche permettra d'avoir une connaissance sur la quantité d'eau à apporter à la plante.

b) Dimensionnement initial

Les paramètres d'irrigation sont calculés par la séquence suivante :



Source : (Keïta 2014)

Figure 8: Séquence de calcul des paramètres d'irrigation

c) Dimensionnement final

- Choix des goutteurs

Le système d'irrigation fut choisi en fonction du type de culture, de sols et de son efficacité.

Aussi pour le choix du goutteur, plusieurs paramètres doivent être considérés à savoir :

- La pluviométrie du goutteur doit être inférieure à la vitesse d'infiltration du sol de la zone à aménager.
- Les conditions climatiques

Ensuite, la vérification du nombre d'heures d'arrosage par rampe doit être faite. Cette étape permet de vérifier aussi le nombre de postes d'arrosage par jour.

- **Disposition des portes-rampes, rampes et goutteurs**

$$N_{rp} = \frac{L_{parc} (m)}{e_{rp} (m)}$$

N_{rp} = Nombre de rampe par parcelle ;

L_{parc} = Longueur ou largeur de la parcelle parallèle au porte rampe ;

e_{rp} = Ecartement des rampes.

Le nombre de goutteur a été déterminé par la formule suivante :

$$N_{emit/rp} = \frac{L_{rp} (m)}{e_{emit} (m)}$$

$N_{emit/rp}$ = Nombre de goutteurs par rampes ;

L_{rp} = Longueur de la rampe ;

e_{emit} = Ecartement entre goutteur .

- **Débits d'une rampe**

Le débit des rampes est obtenu par la formule suivante :

$$Q_{rp} (l/s) = \frac{q_{emit} (l/h) \times N_{emit/rp}}{3600}$$

q_{emit} = débit d'un goutteur ;

$N_{(emit/rp)}$ = Nombre de goutteur par rampe ;

Q_{rp} = Débit de la rampe.

- **Le Débit nominal par poste d'irrigation**

Le débit de chaque poste (ou porte-rampe) : $Q_{poste} = \sum q_{rp}$

$\sum q_{rp}$ = la somme des débits des rampes du poste

- **Les diamètres des rampes(m)**

• **Diamètre théorique des rampes**

$$D_{rp} (mm) = \sqrt{\frac{Q_{rp} (m^3/h)}{V (m/s)}} \times 18,811$$

V = vitesse d'écoulement de l'eau (m/s) $\leq 1,7$ m/s ;

Q = débit des rampes (m³/s)

• **Diamètre normalisé :**

Les diamètres normalisés sont choisis dans les catalogues des conduites à installer.

- **Perte de charge linéaire par unité de longueur**

Elle a été déterminée par la formule de Calmon Lechapt

$$H_{simple}[m/m] = a \times \left(\frac{[Q(m^3/s)]^N}{[D(m)]^M} \right)$$

Avec : **a**, **N** et **M** les coefficients de Calmon Lechapt et valent :

$$a = 0,916 \cdot 10^{-3}$$

$$N = 1,78$$

$$M = 4,78$$

$D(m)$ = Diamètre normalisé ;

$Q (m^3/s)$ = Débits.

En tenant compte du service en route, la perte de charge dans la rampe est :

$$H_{Rampe}[m] = H_{simple} \times F$$

F = Facteur de correction dont la valeur est fonction du nombre de points de sortie d'eau.

- **Variation totale de pression le long de la rampe :** P_{rampe}

$$P_{rampe} = H_{Rampe} (E_{amont} - E_{aval})$$

- **Vérification du critère de Christiansen**

Le critère de Christiansen ne veut que la variation de pression le long de chaque rampe soit inférieure ou égale à la pression admissible ou à 20% de la pression nominale du goutteur

$$H_{adm} = 20\% \times P_{nom}$$

P_{nom} = Pression nominale des goutteurs ;

H_{adm} = Variation admissible de pression

Le critère de Christiansen est respecté si $P_{rampe} \leq H_{adm} = 20\% \times P_{nom}$

- **Les diamètres des portes-rampes (m)**

• **Diamètre théorique des portes-rampes**

$$D_{pr} (mm) = \sqrt{\frac{Q_{pr} (m^3/h)}{V (m/s)}} \times 18,811$$

V = vitesse d'écoulement de l'eau (m/s) $\leq 1,7$ m/s ;

Q = débit des portes-rampes (m³/s) ;

• **Diamètre normalisé :**

Les diamètres normalisés sont choisis dans les catalogues des conduites à installer.

- Perte de charge linéaire par unité de longueur

Elle a été déterminée par la formule de Calmon Lechapt

$$H_{simple}[m/m] = a \times \left(\frac{[Q(m^3/s)]^N}{[D(m)]^M} \right)$$

Avec : **a**, **N** et **M** les coefficients de Calmon Lechapt et valent :

$$a = 0,916 \cdot 10^{-3}$$

$$N = 1,78$$

$$M = 4,78$$

$$D(m) = \text{Diamètre normalisé}$$

$$Q (m^3/s) = \text{Débits.}$$

En tenant compte de service en route, la perte de charge est :

$$H_{Porte\ rampe}[m] = H_{simple} (m/m) \times L(m) \times F$$

Le calcul se fait pour chaque porte-rampe avec :

L = Longueur de la portion de la porte-rampe desservant la rampe considérée ;

F = Facteur de correction dont la valeur est fonction du nombre de points de sortie d'eau.

- Les diamètres des conduites principales (m)

• Diamètre théorique des conduites

$$D_{conduite} (mm) = \sqrt{\frac{Q_{conduite} (m^3/h)}{V (m/s)}} \times 18,811$$

V = vitesse d'écoulement de l'eau (m/s) ≤ 1,7 m/s ;

Q = débit de la conduite (m³/s)

• Diamètre normalisé :

Les diamètres normalisés sont choisis dans les catalogues des conduites à installer.

- Perte de charge linéaire

Elle a été déterminée par la formule de Calmon Lechapt

$$H_{simple}[m/m] = a \times \left(\frac{[Q(m^3/s)]^N}{[D(m)]^M} \right)$$

Avec : **a**, **N** et **M** les coefficients de Calmon Lechapt et valent :

$$a = 0,916 \cdot 10^{-3}$$

$$N = 1,78$$

$$M = 4,78$$

$D(m)$ = Diamètre normalisé;

$Q (m^3/s)$ = Débits.

La perte de charge totale linéaire s'obtient par :

$$H_{conduite}[m] = H_{simple} (m/m) \times L_{conduite}(m) \times F$$

Le calcul se fait pour chaque conduite :

$L_{conduite}$ = Longueur de la portion de conduite desservant le porte rampe considérée ;

F = Facteur de correction dont la valeur est fonction du nombre de points de sortie d'eau.

- **Détermination de la rampe la plus défavorisée**

Vu la différence de longueur et de côtes des rampes, nous avons identifié la rampe la plus défavorisée en déterminant, pour chacune des rampes, la perte de charge totale à partir de la station de pompage.

❖ **Dimensionnement de la station de pompage**

- **Calcul de la Hauteur Manométrique Totale (HMT)**

Le calcul de la hauteur manométrique comprend :

- Les pertes de charge dans la conduite de transport (de la source à l'entrée du périmètre)
- Les pertes de charge dans le porte-rampe
- Les pertes de charge dans la rampe
- Les pertes de charge dans les filtres
- La hauteur géométrique de refoulement la plus contraignante
- La pression nominale du goutteur
- Les pertes de charge dans les pièces de connexion

- **Les pertes de charge dans la conduite de transport**

Elles sont calculées depuis la pompe jusqu'à l'entrée de la parcelle (à l'amont de la porte-rampes) ; connaissant la longueur de la conduite et le débit du porte-rampe, nous avons déterminé le diamètre et les pertes de charge.

- **Diamètre théorique des conduites** : $D_{conduite} (mm) = \sqrt{\frac{Q_{conduite} (m^3/h)}{V (m/s)}} \times 18,811$

$Q_{conduite}$: Le débit total du porte-rampes qui correspond au débit de la conduite

V : vitesse dans la conduite

- **Pertes de charge unitaire**

Elles ont été déterminées par la formule de Calmon Lechapt

$$H_{simple}[m/m] = a \times \left(\frac{[Q(m^3/s)]^N}{[D(m)]^M} \right)$$

Avec :

a, N et M les coefficients de Calmon Lechapt et valent :

$$a = 0,916 \cdot 10^{-3}$$

$$N = 1,78$$

$$M = 4,78$$

$D(m)$ = Diamètre normalisé;

$Q (m^3/s)$ = Débits.

- **Pertes de charge linéaires**

En fonction de la longueur de la conduite entre la pompe et le porte-rampes, les pertes de charge sont :

$$H_{conduite}[m] = H_{simple}(m/m) \times L(m)$$

Le calcul se fait pour chaque porte-rampe avec :

L = Longueur de la portion de la conduite desservant le porte-rampe considérée.

- **La hauteur géométrique la plus contraignante**

Elle correspond à la dénivelée entre la surface de l'eau dans la bêche et le point le plus élevé où l'on doit arroser sur le périmètre.

$$H_{géométrique}(m) = Z_{max}(m) - Z_{eau}(m)$$

- **La charge totale**

$$H_{totale\ i}(m) = \sum_i (Pm + H_{rampe} + H_{porte-rampe} + H_{conduite} + H_{aspiration} + H_{support})$$

Avec : i : la rampe considérée

- **Les pertes de charge dans les pièces de connexion**

Ce sont les pertes de charge dues aux pièces de connexion telles que les Tés, coudes, vannes, manchons, réducteurs, etc. Elles sont estimées égales à 10% du total des pertes de charge calculées.

$$H_{pièces}(m) = 10\% \times H_{total}(m)$$

- **Les pertes de charge dans les filtres**

Nous les avons estimées égales à 5m

$$H_{filtres}(m) = 5(m)$$

La hauteur manométrique totale HMT

$$\text{HMT (m)} = \sum (\text{H}_{\text{totale}} + \text{H}_{\text{géométrique}} + \text{H}_{\text{pièces}} + \text{H}_{\text{filtres}})$$

- Vérification de la non-cavitation

Pour cet aménagement, nous utiliserons des pompes immergées, le risque de cavitation est d'avance écarté.

- Calcul des puissances**• La puissance hydraulique :**

$$P_h(kW) = \frac{Q \times HMT}{360 \times e_1 \times e_2}$$

Avec :

P_h : Puissance hydraulique en Watt

Q : débit refoulé en m^3/h

e_1 : efficacité de la pompe (fraction) ;

e_2 : efficacité du moteur d'entraînement (fraction)

• La puissance absorbée :

$$P_a(Watt) = \frac{P_h}{e_1}$$

Avec : P_a : Puissance absorbée en watt

P_h : Puissance hydraulique en watt

❖ Dimensionnement des groupes électrogènes

Les capacités d'utilisation d'un groupe électrogène sont déterminées par la puissance de ce groupe en monophasé ou [en triphasé](#). Cependant, la puissance du moteur est calculée pour entraîner l'alternateur à 70/75% de sa capacité de production de courant et le dimensionnement du groupe électrogène par rapport à la consommation électrique doit se faire en respectant ce critère pour éviter au moteur de fonctionner en puissance maximale voire en surcharge.

Les moteurs électriques tels que ceux des pompes ont généralement un fort couple de démarrages qui nécessite de façon ponctuelle un surcroît d'énergie. Pour calculer la puissance du groupe, il faut multiplier la puissance nominale de pompe par 3 pour obtenir la puissance du groupe adéquat en KVA. La puissance active du groupe adéquat s'obtient en appliquant la formule suivante.

$$P_{\text{Groupe}} = P_{N \text{ Pompe}} \times 3$$

III. RESULTATS ET DISCUSSION

III.1. Etude de l'aménagement

Cette étape comporte deux parties à savoir :

- ✓ Le dimensionnement préliminaire
- ✓ Le dimensionnement final

III.1.1. Dimensionnement préliminaire

Le dimensionnement préliminaire permet de calibrer la durée d'arrosage de la culture au besoin de celle-ci.

a) *Choix des cultures*

Le choix des cultures s'est fait selon plusieurs critères à savoir :

- ✓ La salinité : les cultures maraichères réagissent différemment à la présence de sels dans l'eau ou dans le sol ((Richards 1954):

Cultures très sensibles : haricot, carotte, oignon, raidis, laitues, céleri, petit pois ainsi que le semis et les jeunes repiquages de toutes les cultures.

Cultures moins sensibles : Piment, patate douce, pomme de terre, chou, melon, **concombre**, **tomate**, courge, gombo, manioc, aubergine, aubergine amère, **poivron**.

Cultures peu sensibles : betterave potagère, chou-rave, asperge, épinard.

- ✓ L'acidité : le pH idéal d'un sol maraîcher se situe autour de 6-7

Plantes craignant l'acidité (préférence : pH 6-6,8) : betteraves, chou cabus, chou-fleur, épinard, laitue, melon, oignon, poireau.

Plantes tolérantes (préférence : 5,5-6,8) : ail, aubergine, carotte, **concombre**, cornichon, courgette, haricot, navet, persil, pois, **poivron**, radis, **tomate**.

Plantes très tolérantes (préférence : pH 5-6,8) : chicorée, échalote, oseille, pastèque, patate douce, pomme de terre.

- ✓ La présence d'éléments nutritifs
- ✓ Le climat de la zone de production
- ✓ Les facteurs préférentiels : elles sont liées aux exigences des marchés et des consommateurs et au niveau de la technicité des maraîchers et de leur encadrement.

- ✓ La rentabilité : En fonction des cultures, le prix, l'offre et la demande varient différemment au cours de l'année. (Compaore 2003)

Au vu de ces différents facteurs, le choix des cultures s'est porté sur **la tomate** (*lycopersicum esculentum*), **le concombre** (*Cucumis sativa*) et **le poivron** (*capsicum annuum*).



Figure 9: Cultures choix (tomate, poivron & concombre)

Par campagne, les différentes activités suivant les cultures sont énumérées dans le tableau suivant :

Tableau 3: Calendrier cultural

Cultures	Activités	Durée (j)	Campagne									
			Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre	Janvier	Février	Mars	Avril	
Tomate	Semi ; Pépinière	25	■									
	Repiquage	145			■							
	Culture				■							
	Récolte								■			
Poivron	Semi ; Pépinière	125	■									
	Repiquage			■								
	Culture				■							
	Récolte								■			
Concombre	Semi ; Pépinière	95	■									
	Repiquage			■								
	Culture				■							
	Récolte								■			

Ce tableau donne une connaissance détaillée sur la durée et les procédures durant la campagne agricole.

b) Assolement et rotation des cultures

Une fois le choix des cultures fait, on déterminera l'assolement du potager. En vue d'harmoniser les besoins en eau des parcelles et de faciliter la conduite de l'irrigation, une parcelle ne peut contenir qu'une seule spéculature.

Il faut éviter la culture d'une même spéculature pendant plusieurs campagnes sur une même parcelle. Autrement des problèmes phytosanitaires liés au sol risquent de se développer plus rapidement et les éléments nutritifs du sol ne seront pas utilisés de façon optimale. Pour cela, la rotation se fera avec les différentes cultures choisies en fonction de leur sensibilité à certains problèmes phytosanitaires, des besoins en éléments nutritifs et de la profondeur d'enracinement.

c) Choix du système

Pour le choix de la méthode d'irrigation la plus adaptée à son cas particulier, il faut être capable d'évaluer les avantages et les inconvénients de chaque méthode. Il faut aussi faire le choix en fonction de la technique d'irrigation qui s'adaptera au mieux aux conditions locales.

Le choix d'une technique d'irrigation repose sur un ensemble de critères et de contraintes qui sont (Hlavek 1992) :

- La topographie (pente du terrain, relief, géométrie de la parcelle) ;
- La ressource en eau (quantité, qualité, débit dont on dispose) ;
- La nature des cultures ;
- La nature du sol (perméabilité) ;
- Les facteurs sociologiques et culturels ;
- Les facteurs économiques ;
- La rentabilité de l'opération.

Les tableaux ci-après présentent les différents systèmes d'irrigation modernes, leur efficacité et aussi les avantages ainsi que les inconvénients.

Tableau 4: les différents systèmes d'irrigation modernes

Techniques d'irrigation	Efficacité potentielle (%)
Inondation	40 – 50
Ruissellement	55 – 70
Arroseur rotatif	65 – 80
Canon d'arrosage	60 – 65
Micro-aspersion	80 – 90
Goutte à goutte	80 – 95

Source : US environnement Protection Agency

Il apparaît ici que seuls la micro-aspersion et le système goutte à goutte ont une efficacité supérieure ou égale à 80 %. Le choix se fera maintenant entre ces derniers.

Tableau 5: Avantages et inconvénients des techniques irrigations sous-pressions

Techniques d'irrigation	Avantages	Inconvénients
Goutte à goutte	<ul style="list-style-type: none"> - Précision de l'apport en eau - Réduction des pertes par évaporation - Adaptation aux conditions topographiques et aux sols difficiles - Plus adaptée à l'eau saline - Convient mieux à des cultures à forte valeur ajoutée et à haut rendement 	<ul style="list-style-type: none"> - Un coût de première installation élevé - nécessite la filtration de l'eau d'irrigation - Exige un haut niveau de compétence
Aspersion	<ul style="list-style-type: none"> - Applicable dans la plupart des cultures et de terrain - Moins de main-d'œuvre nécessaire par rapport aux méthodes d'irrigation par inondation ou ruissellement 	<ul style="list-style-type: none"> - Trop affectée par le vent - Moins adaptée à l'eau saline - Coût d'installation et entretien plus élevé par rapport aux méthodes d'irrigation traditionnelles

Les systèmes d'irrigation sous pression engendrent une économie d'eau moyenne de 30 à 60 % par rapport aux systèmes gravitaires. Les systèmes d'irrigation localisée, quant à eux, peuvent engendrer une économie d'eau allant jusqu'à 50 % par rapport aux systèmes par aspersion (limitation maximale de l'évaporation et de la percolation, car l'eau livrée à faible dose n'humidifie qu'une fraction du sol) (Van Laere 2003).

On peut résumer les conditions d'utilisation de la micro-irrigation ainsi qu'il suit (Vermeiren et Jobling 1983) :

- Prix de l'eau élevé ou ressources en eau rares
- Terrain en forte pente ou accidenté
- Rareté et cherté de la main-d'œuvre
- Mauvaise qualité de l'eau (salinité)

Par des expérimentations d'irrigation, l'utilisation de l'eau ayant des concentrations en sel plus élevées que les normes donnent des résultats qui montrent que l'irrigation goutte à goutte permet d'avoir de meilleurs rendements que la plupart des autres techniques d'irrigation. La figure ci-dessus confirme bien l'avantage de l'irrigation goutte à goutte sur l'irrigation par aspersion en fonction de la salinité de l'eau d'irrigation (Kovda, Hagan, et Van den Berg 1963).

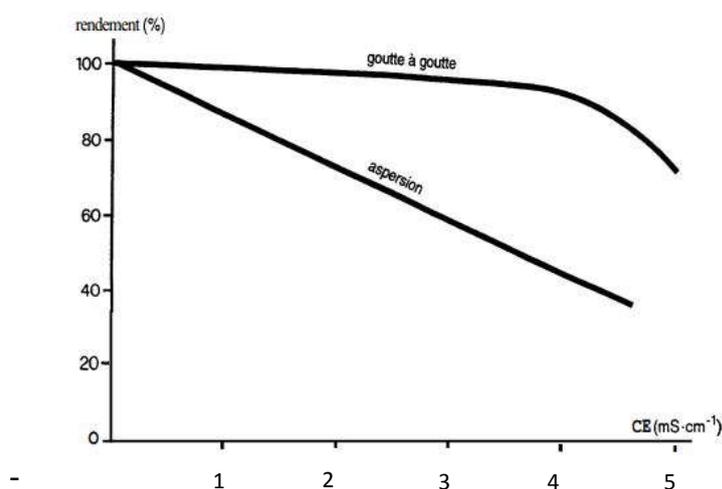


Figure 10 : Effet de la salinité sur le rendement en irrigation goutte à goutte et par aspersion

À la vue des tableaux ci-dessus et la salinité du sol de notre zone d'étude, il se trouve que l'irrigation goutte à goutte est la plus appropriée (Vermeiren et Jobling 1983).

Dans le cadre de notre projet, nous opterons pour une irrigation au goutte-à-goutte. Elle consiste à apporter directement de l'eau au voisinage de la plante et à utiliser de faibles doses avec une fréquence d'apport élevée. C'est une irrigation respectueuse de l'environnement et de l'écosystème.

c) *Besoin en eau de la culture*

❖ **Paramètres de la culture**

Le coefficient culture ainsi la profondeur racinaire sont en fonction du stade de développement de la plante. Le tableau ci-dessous présente les paramètres de la tomate :

Tableau 6: Paramètres de la culture de tomate

Tomate				
Stage végétatif	Initial	Croissance	Mi- saison	Arrière-saison
Durée (j)	30	40	45	30
Kc par phase	0,45	0,75	1,15	0,8
Zr (m)	1			

Source : FAO N° 33 drainage et irrigation 1980, compilés par le rédacteur

Le tableau précédent montre une durée totale de culture de la tomate de 145 jours.

❖ **Besoin en eau**

L'aménagement est fait pour servir majoritairement en saison sèche et l'on suppose que l'irrigation est la seule source d'apport d'eau.

Tableau 7: Besoin en eau de la tomate

Mois	Octobre	Novembre	Décembre	Janvier	Février
Kc par mois	0,45	0,75	1,02	1,09	0,8
ET0 (mm/j)	4,08	4,17	4,02	5,27	5,92
Kr	1	1	1	1	1
ETM (mm/j)	1,84	3,13	4,09	5,75	4,74
P (mm)	31	3	1	1	0
Pe (mm)	18,6	1,8	0,6	0,6	0
Pe (mm/j)	0	0	0,00	0,00	0
BMP (mm/j)	1,84	3,13	4,09	5,75	4,74
Volume net (m3/ha)	550,80	938,25	1226,10	1725,93	1420,80
Qe (l/s/ha)	0,93	1,43	1,80	2,44	2,05

Les valeurs de l'ET0 ont été obtenues à partir de la base de données de la FAO CLIMWAT.

Le mois de pointe est le mois de Janvier avec un ETMp = kc x ET0 de 5,75 mm/j.

La pluviométrie efficace a été considérée comme nulle à cause des mutations climatiques accentuant l'irrégularité des pluies.

Les besoins en eau des autres cultures sont présentés en annexe (cf. **Annexe 1 : Besoin en eau du poivron et du concombre**).

d) Paramètres de l'irrigation

Le sol présent sur la zone d'étude est de type hydromorphe (argilo-limoneux). Selon Withers et Vipond (1974), la réserve utile d'un sol de type argilo-limoneux est de 150 mm/m (Savva et Frenken 2001).

Tableau 8: Paramètres de l'irrigation

BMP (mm)	Ea	LRt	LR	Irg	RU	p	RFU (mm)	F (j)	T (j)
5,75	0,9	0,1	0,64	7,03	150	0,4	60	10,43	2

Da (mm)	pa	Dg (mm)	Twmax (h)	NSh	Ts (h/j)	Qe (l/s/ha)
11,51	0,08	14,06	8	2	4	2,44

Le débit d'équipement (qe) est compris entre 1,5 et 2,5 l/s/ha, ce qui nous permet d'utiliser cette valeur pour la suite du dimensionnement.

III.1.2. Dimensionnement final

a) Choix du goutteur

Le choix d'un type de goutteur dépend notamment de la culture, de la nature du sol, des conditions climatiques, de la topographie (variations prévisibles de pression), de la qualité de l'eau (risque d'obstruction) et de l'infiltration du sol.

A partir des différents essais de colmatage effectués par le Cemagref, on peut déduire que pour les cultures denses (cultures sous abri et cultures maraichères), on utilise des goutteurs de 2 l/h de débit ou des gaines souples (Tiercelin 1998).

Le choix du goutteur s'est porté sur URIMAS ANTI-SIPHON autorégulant URAM 1605023 de pression nominale variable de 0.5 à 4 bar et un débit nominale de 2,3 l/h (NETAFIM 2014). Ce goutteur est un anti-siphon et régule la pression afin d'assurer un débit uniforme sur la ligne pendant l'arrosage malgré la variation de pression et d'empêcher les eaux d'y entrer (système antiretour). Le tableau suivant résume les caractéristiques du goutteur :

Tableau 9: Caractéristiques du goutteur

Choix du goutteur	Valeurs	Unités	Valeurs	Unités
Débit du goutteur	0,6	GPH	2,3	l/h
Esp goutteur	18	in	≈50	cm
Esp rampes	18	in	≈50	cm
Pression goutteur	0,39	ln/h	≈9,91	mm/h
Pression nominale	20	PSI	14,06	mCE

Source : (Keïta 2014)

Le type de goutteur répond aux exigences demandées à savoir que le débit du goutteur est inférieur à l'infiltration du sol (12 mm/h), car nous avons un sol de type argilo-limoneux.



Figure 11 : Goutteur URIMAS ANTI-SIPHON autorégulant URAM 1605023

Ce sont les rouleaux de rampes à goutteurs intégrés de 16 mm constitués de membranes moulées en silicone permettant d'obtenir une résistance exceptionnelle aux acides et engrais (NETAFIM 2014).

b) Dimensionnement du réseau d'irrigation

Le dimensionnement du réseau consiste à déterminer les caractéristiques des différents ouvrages hydrauliques nécessaires au fonctionnement du système.

Cela passe par le dimensionnement des conduites telles les rampes, les porte-rampes, les secondaires ainsi que la conduite principale. Le choix de chacun de ces ouvrages doit permettre en tout point le respect des débits, les vitesses de fonctionnement, la pression nominale, etc.

Les résultats sont résumés dans le tableau suivant : (cf. **Annexe 9 : Dimensionnement du réseau d'irrigation**)

Conduites	Surf. Irrig (ha)	Débit (l/s)	DN (mm)	Longueur (m)	Dcum (m)
CP1	6	15,21	75	150	150
CP2	4,8	12,27	75	300	300
CP3	7	27,28	90	150	150
AB	2,4	7,61	50	240	240
CD	2,4	7,61	50	240	240
EF	2	6,13	50	200	200
GH	2	6,13	50	200	200
IJ	2	6,13	50	200	200
KL	7	21,15	75	400	400
P1-P8	4,8	1,9	32	60	480
P9-P20	6	1,53	32	49	539
P21-P26	6	2,94	32	90	450
P27	1	3,51	32	108	558

- **Les porte-rampes :**

Les porte-rampes sont alimentées par les conduites secondaires en milieu de parcelle grâce à un coude ou à un T_é. Dans chaque serre nous avons quatre porte-rampe de 60 m dans les serres de 2,4 ha et de 50 m dans les serres de 2 ha. Au niveau du plein champ, elles ont une longueur d'environ 50 m. les diamètres sont fonction des tronçons (cf. **Annexe 9 : Dimensionnement du réseau d'irrigation**).

- **La conduite principale et les secondaires :**

Les conduites principales partent du bassin et conduisent l'eau dans les conduites secondaires qui partent ensuite vers les porte-rampes. Les conduites principales sont en PVC PN 10 et les secondaires en PVC PN 6. Les données sur ces conduites sont dans le tableau (cf. **Annexe 9 : Dimensionnement du réseau d'irrigation**).

Pour le calcul des pertes de charge des conduites, l'utilisation de la formule de Colbrook et Calmon-Lechapt est retenue, car elle nous donne une marge de sécurité par rapport aux autres formules (Hazen-Williams et Manning-Strickler).

c) Calendrier d'arrosage

La période d'irrigation concerne la période sèche donc sans apport d'eau autre que l'irrigation. Le programme d'irrigation se présente comme suit :

Tableau 10 : Calendrier d'arrosage de la tomate

Culture	Tomate				
Mois	Octobre	Novembre	Décembre	Janvier	Février
Jours (mois)	31	30	31	31	28
Db (mm)	5,36	8,23	10,36	17,39	9,77
Pe (mm/h)	9,91	9,91	9,91	9,91	9,91
Durée théo (h)	0,54	0,83	1,05	1,76	0,99
Durée pratique	1 h	1 h	1 h 30 mn	2 h	1 h
Matin/1er poste	7h30-8h30	7h30-8h30	7h30-9h	7h30-9h30	7h30-8h
2è poste	9h00-10h00	9h00-10h00	9h30-11h00	10h00-12h00	9h00-10h00
3è poste	13h30-14h30	13h30-14h30	12h30-14h00	12h00-14h00	13h30-14h30
Soir/4è poste	15h00-16h00	15h00-16h00	14h30-15h	14h00-16h00	15h00-16h00
Jours irrigables en vert	Lundi	Mardi	Mercredi Samedi	Jeudi Dimanche	Vendredi

Le périmètre est irrigué tous les jours de la semaine afin de couvrir la totalité de la zone.

III.2. Dimensionnement des pompes et des groupes électrogènes

III.2.1. Choix des pompes

Le choix de la pompe s'est fait grâce au logiciel WinCAPS. Elle a les caractéristiques suivantes :

Tableau 11: Caractéristiques de la pompe

Type	Hydro MPC-S /G 2CR 15-03 3x400/50 DL		
Alimentation	3x400 V	50Hz	PE
Quantité x moteur	2 x 3 kW		
Débit	42,9 m3/h		(+ 53 %)
H totale	26,5 m		
Puissance P1	5,22 kW		
Puissance P2	4,57 kW		
Etat pompe	67,9 %		
Etat moteur	87,5 %		
Etat pompe+moteur	59,4 %		
Débit total	30729,7 m3/an		
Débit / pompe	21,5 m3/h		
Pression nominale	16 bar		
En charge	1 bar		
Conso. Spécifique énergétique	7,77 Wh/m3/m		
	0,202 Wh/m3		
Conso. Énergétique	6206 kWh/Année		

La représentation des courbes caractéristiques donne le point de fonctionnement de cette pompe (cf. Annexe 12 : Caractéristique de la pompe **Hydro MPC-S /G 2CR 15-03 3x400/50 DL**).

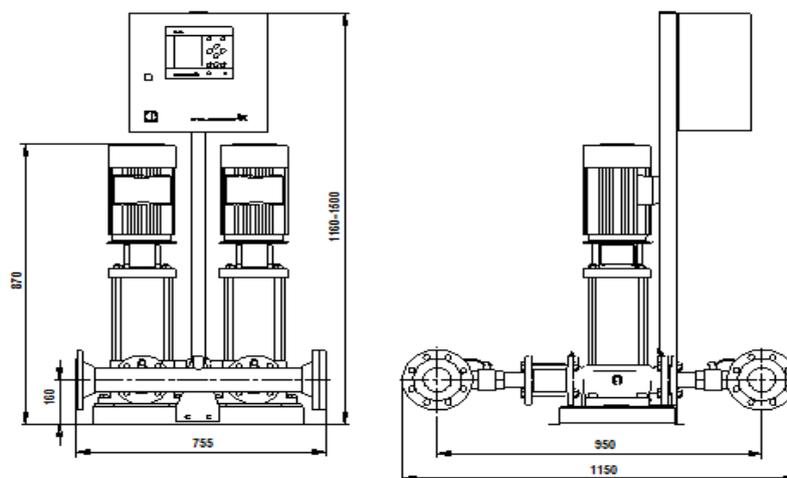


Figure 12 : Pompe Hydro MPC-S /G 2CR 15-03 3x400/50 DL

La pompe Hydro MPC-s /G 15-03 3x400/50 DL à un système de surpression compact. Ce dernier comprend :

- Deux pompes centrifuges multicellulaires verticales, type CR15-3 ;
Les pompes fonctionnent en tout ou rien (Marche/Arrêt).
La tête et le pied de pompe de CR sont en fonte ; les autres parties de la pompe sont en acier inoxydable.
- Les pompes sont équipées d'une garniture mécanique à cartouche HQQE (Si/SiC/EPDM).
- Deux collecteurs en acier galvanisé ;
- Un clapet anti-retour et de deux vannes d'isolement pour chaque pompe ;
- Un manomètre et un capteur de pression (sortie analogique 4 – 20 mA) ;
- Embase en acier galvanisé ;
- Armoire de commande et de protection avec contrôleur MPC, IP54, avec interrupteur principal en façade d'armoire, protections par fusibles, protection moteur, contact et module CU351 contrôlé par microprocesseur.

III.2.2. Choix du groupe électrogène et du champ photovoltaïque

La puissance absorbée de la motopompe fait 9,79 Kw. La puissance apparente du groupe est calculée par la formule :

$$Pa = \frac{Pu}{\cos\varphi} = 15 \text{ KVA}$$

Nous optons pour un **groupe électrogène écologique de 50 KVA**, d'un système de contrôle **digital SMARTgen HGM6210**.

Afin d'avoir un aménagement respectueux de l'environnement, une seconde source d'énergie peut être prise en compte à savoir l'énergie solaire. A travers le dimensionnement du champ photovoltaïque (cf. **Annexe 6 : Dimensionnement du champ photovoltaïque**).

Le tableau suivant résume les paramètres du champ photovoltaïque :

Q(m3/j)postel	688
HMT (m)	36
Ei (MJ/m2/j)	20
Ei (kWh/m2/j)	5,6
Ei (3.5j)	19,4
Rond	93%
Rmp	78%
Ej (w)	93 042

Kp	0,75
Pc (Kw)	22,3
Pc ph (Kw)	0,327
Nbre de PV	69
Surface (m2)	1,64
Stotal (m2)	113
Stotal (ha)	0,011

III.3. Traitement du sel

Il est important de chercher à préserver la qualité des terres exploitées de façon durable pour maintenir des performances de production viables et intéressantes.

La zone d'étude est une zone dont le sol est salé et la nappe souterraine est à faible profondeur. Par conséquent, il paraît adéquat de mettre en place des ouvrages de drainages.

Tableau 12: Résistance des plantes à la salinité du sol

Ecw (mmho/cm)	Effets sur les plantes
0 - 2	Effets de la salinité négligeables
2 - 4	Les rendements des cultures très sensibles peuvent baisser
4 - 8	Les rendements de la plupart des cultures chutent
8 - 16	Plantes tolérantes seulement
16 - 32	Quelques plantes tolérantes seulement

Source: United States Salinity Laboratory, 1954

Notre zone d'étude présente une électroconductivité du sol d'EC (mmho.cm⁻¹) comprise entre 4 et 8. Selon J. SERVANT (1975), le profil salin est de type A (associé au processus de salinisation dans les sols dus à des nappes salées : transfert vers le haut des solutions salines + évaporation du sol nu, ce qui conduit à une accumulation saline superficielle).

Un bon drainage permet de contrôler la salinité à long terme. Il permet de maintenir la nappe à une profondeur ne présentant aucun danger (habituellement, au moins de 2 mètres) (Compaore 1998).

Les avantages du drainage sont :

- Les cultures peuvent s'enraciner très profondément
- Un choix plus important de culture

- La diminution des mauvaises herbes
- L'utilisation plus efficiente des engrais

III.3.1. Drainage des eaux souterraines

Le drainage de subsurface ou drainage souterrain permet de :

- D'abaisser la nappe phréatique à un niveau adéquat
- Favoriser l'enracinement des plantes
- L'éssiver les sels solubles

Le drainage de subsurface comporte deux (02) types à celui à canaux ouverts et celui à canaux enterrés. Suivant ces deux types, le choix s'est porté sur celui à canaux ouverts vus les critères financiers et la stabilité des terres.

Le dimensionnement a été effectué en deux (02) étapes :

- La détermination du débit à évacuer : c'est le débit limite que les drains doivent évacuer par unité de surface afin de ne pas épuiser la réserve utile du sol
- La détermination du débit évacué par les drains en fonctions de leurs dimensions

Les tronçons (D1-D9) ont été choisis en fonction du découpage parcellaire. Le dimensionnement des drains s'est fait grâce à la formule de **Dupuit-Forchheimer** (Keïta 2016) et est résumé dans le tableau suivant :

Par ailleurs, à défaut des données issues d'analyse in situ, les conductivités hydrauliques sont fixées par rapport au type de matériau que nous pouvons rencontrer. La profondeur des drains est fixée de sorte à ne pas gêner le développement racinaire des cultures. D'où les hypothèses suivantes :

- La profondeur de l'horizon imperméable $Z = 15$ m
- La conductivité hydraulique du sol en dessous des drains $K_1 = 750$ mm/j
- La conductivité hydraulique du sol au-dessus des drains $K_2 = 350$ mm/j
- La profondeur des drains étant de 2 m
- La distance entre la zone saturée et la zone racinaire $M = 0,5$ m

Les résultats sont consignés en annexe (cf. **Annexe 13 : Dimensionnement des drains**).

Les débits à collecter sont faibles, cela est dû à la faible conductivité hydraulique du matériau en place (argilo-limoneux).

III.3.2. Drainage des eaux de surface

Il n'y a pas de nécessité de concevoir des drains de surface car le périmètre n'est exploité qu'en période sèche.

III.3.3. Solutions alternatives

Des études furent menées au niveau du bassin du fleuve Sénégal afin de pouvoir proposer des solutions pour contrer ou atténuer la salinité du sol. Les résultats sont résumés dans les lignes suivantes :

Selon les études hydroagricoles du Bassin du fleuve Sénégal ; les travaux portant sur « le dessalement des terres salées du Delta du fleuve Sénégal ; Bilan des trois (03) années d'expérimentations (1970-1973) et perspectives » par M. Mutsaers, Agro-pédologue et J. Van Der Velden, Expert associé en drainage (Juin 1973), les données ci-dessous peuvent être prise en compte pour le traitement du sol de notre zone d'étude :

Les travaux ont porté sur le delta du Sénégal couvrant environ 370 000 ha. Cette surface est affectée par le sel dans sa presque totalité (Mutsaers et Van Der Velden 1973).

Système d'irrigation : submersion contrôlée

Résultats sur les pratiques de luttés contre la salinité

- ✓ Lessivage des sels solubles

Pas de drainage naturel

Nappe à faible profondeur

Apport de 400 mm d'eau douce : dessalement à 90%

Soit 80% pour l'argile de surface de 1 m de profondeur

Apport de 600 mm d'eau douce : Dessalement de 91% à 95%

NB : l'évaporation entraîne une résalinisation des sols.

- ✓ Amélioration de l'infiltration
 - **Gypse** (sous-produit des phosphates) :

Le dessalement, corollaire de la percolation est améliorée

L'emploi du gypse doit être subordonné à un planning de mise en valeur et de diversification des cultures.

Ex : une seule culture de riz par an recommande une dose de 4 à 5 t/ha de gypse afin d'accélérer le dessalement et éviter le resalement pendant la longue période sèche.

NB : 2 cultures de riz par an ne nécessitent pas d'emploi de gypse.

- **Chaux et coquillages broyés :**

Chaux : application à 6 t/ha entraîne une augmentation du pH (+1 à 1,5 unité)

NB : pas adapté pour les sols lourds et argileux.

Coquillages broyés : action physique à savoir l'amélioration de l'infiltration (2 à 3 fois)

NB : Prix élevé

- **Eau saumâtre :**

Amélioration de l'infiltration à des proportions importantes ceci dû à la charge en électrolyte de l'eau (5 à 10 millimhos) qui maintient l'argile à l'état floculé.

NB : Nécessite l'installation d'un réseau de drainage adéquat.

- **Travail du sol :** (pas efficace)

Labours profonds suivis de passes au chisel : **inefficace**

Enfouissement de la paille : améliorant la structure du sol peut être un traitement à retenir.

- **Drainage**

Drainage taupe : inefficace et difficile à réaliser

Drainage profond : l'écartement des drains dépendra du débit nécessaire au dessalement

Deux systèmes sont à retenir à savoir drainage profond enterré et drainage profond ouvert. Celui enterré est recommandé vu l'instabilité du sous-sol.

NB : drainage par charrue taupe

Conclusion :

Ces travaux sont d'une importance capitale et permettent de choisir en fonction de certains critères les solutions à appliquer pour contrer le sel. Au vu des différentes solutions testées, il en ressort qu'un *lessivage des sels solubles* doit être entrepris avant chaque campagne (**600 mm d'eau pour un résultat optimale**) et/ou une amélioration de l'infiltration du sol par l'utilisation

du gypse ou de l'eau saumâtre ou l'enfouissement de paille dans le sol et/ou le drainage de subsurface.

Aussi, un volume d'eau supplémentaire de 10 à 15 % sera appliqué durant l'irrigation pour les besoins de lessivage lorsque ce sera nécessaire. De cette façon, une partie de l'eau percole au travers et en dessous de la zone racinaire, entraînant avec elle une partie des sels solubles accumulés dans le sol.

III.4. Exploitation et entretien des ouvrages

Suite au dimensionnement, la mise en place de moyens pratiques et techniques apparaît adéquate pour rentabiliser le projet. L'exploitation et l'entretien des ouvrages concourent à l'atteinte de cet objectif.

III.4.1. Exploitation du périmètre

La serriculture est un mode de production intensive qui exige que les facteurs de production soient maximisés afin d'assurer une rentabilité. Elle est un secteur générateur d'emploi, sachant que 1 000 à 1 200 journées de travail sont nécessaires pour exploiter un hectare (Papadopoulos, 1991). La gestion du personnel est un facteur déterminant à l'obtention de rendements élevés. Ceci est particulièrement vrai pour la tomate où la différence entre les entreprises est le plus souvent liée à la qualité du travail de la plante. La main-d'œuvre est également la première charge, représentant 30 à 40 % des charges de production, loin devant le coût des plants, des engrais ou des produits phytosanitaires. Une organisation performante est certainement la clef de la réussite de cette production.

L'organisation pour l'exploitation du périmètre irrigué du DAT se présente comme suit :

Les temps de travaux sont définis pour une journée de 7 heures de travail pour les ouvriers au sol et de 6 heures pour les échassiers. Les ouvriers recevront une formation au préalable dans une serre dédiée à la formation. Un jour de repos est octroyé par semaine. Chaque billon, numéroté avant la plantation, est attribué à un ouvrier pour le travail au sol (effeuillage, récolte, désherbage, nettoyage des pieds, etc.), à un échassier pour le palissage et à un opérateur pour la défense des cultures (traitements phytosanitaires). Pour les équipes au sol, le périmètre est scindé en 5 ou 6 secteurs. Deux billons par secteur sont attribués à chaque ouvrier. Quatre secteurs sont récoltés successivement chaque jour. La journée se termine par l'effeuillage d'un secteur.

Ainsi, dès que le premier secteur est récolté, il est libéré pour un éventuel traitement phytosanitaire. Pour les échassiers, le périmètre est scindé en 6 secteurs. Six billons par secteur sont attribués à chaque échassier. Un secteur est palissé chaque jour. En début de cycle, la croissance des plantes étant supérieure à 30 cm / semaine, le 5^e secteur est palissé par une équipe au sol, afin de respecter un passage tous les 5 jours. Pour les opérateurs de défense des cultures, le périmètre est scindé en 3 secteurs : 1 ha est attribué dans chaque secteur à 2 ouvriers. L'organisation est résumée dans un tableau (cf. **Annexe 5 : Organisation de la production de 10 ha sous serres au niveau du DAT**).

En plus de cette organisation, les dispositions suivantes sont à prendre en compte :

- La rotation des cultures et pratiques culturales
- -entretien régulier du réseau d'irrigation et du système de drainage
- Contrôle de la qualité de l'eau d'irrigation
- Lessivage en période de culture
- Lessivage en dehors des périodes de culture
- Contrôle du plan d'eau et de la salinité (Kovda, Hagan, et Van den Berg 1963)

En vue de pratiquer une agriculture respectueuse de l'environnement, le concept d'agriculture raisonnée doit être respecté (d'après le décret n° 2002-631 du 25 avril 2002) :

- L'accès de l'exploitant et de ses salariés à l'information et la formation nécessaires à la conduite de l'exploitation agricole ;
- La mise en œuvre d'un système d'enregistrement et de suivi des opérations effectuées et des produits utilisés pour les besoins des cultures et des animaux ;
- Le contrôle des intrants agricoles ainsi que des effluents et des déchets produits par l'exploitation ;
- L'usage justifié de moyens appropriés de protection des cultures et de la santé des animaux de l'exploitation ;
- L'équilibre de la fertilisation des cultures ;
- La mise en œuvre de pratiques culturales permettant la préservation des sols et limitant les risques de pollutions ;
- La participation à une gestion économe et équilibrée des ressources en eau ;
- La prise en compte de règles dans les domaines de la sécurité sanitaire et de l'hygiène ;
- La prise en compte des besoins des animaux en matière d'alimentation et de bien-être ;

- La contribution de l'exploitation à la protection des paysages et de la diversité biologique.

Pour accroître le rendement et la connaissance du travail abattu par les ouvriers, une évaluation du personnel doit être faite. Le tableau suivant donne un exemple d'évaluation du personnel pour une culture de tomate ronde (<http://www.agrisenegal.com>):

Tableau 13 : Fiche d'évaluation d'une culture de tomate ronde

Consigne	Echantillon	Bien	Correcte	Inssuffisant
Plantation				
Respect de la profondeur de plantation	2 x 1/2 billon	> 90 %	80 à 90 %	< 80 %
Tassement du sol autour de la motte	2 x 1/2 billon	> 90 %	80 à 90 %	< 80 %
Récolte / effeuillage				
Respect de la consigne de coloration	2 x 1 caisse	> 90 %	80 à 90 %	< 80 %
Respect du nombre de feuilles effeuillées	2 x 1/2 billon	> 90 %	80 à 90 %	< 80 %
Palissage de 500 bras / billon				
Bras par ligne	2x 1/2 billon	> 490 bras	480 à 490	< 480
bras palissés correctement	2x 1/2 billon	> 90 %	80 à 90 %	< 80 %
Traitement phytosanitaire				
Efficacité des traitements généralisés	8 x 1/2 billon	> 90 %	80 à 90 %	< 80 %
Efficacité des traitements localisés	8 x 1/2 billon	> 90 %	80 à 90 %	< 80 %

Cette fiche permet de se situer par rapport au rendement, le taux d'implication de tous les acteurs de la production et de la réalisation des différentes tâches.

III.4.2. Entretien du périmètre

Un bon entretien des systèmes d'irrigation est indispensable si on veut maintenir le potentiel d'économie d'eau et éviter le gaspillage.

Parmi les principaux problèmes relatifs à l'entretien du système d'irrigation, on retiendra :

- L'état défectueux des régulateurs de pression ou des limiteurs de débits ;
- Les fuites dans les tuyauteries d'adduction d'eau ;

Ces éléments conduisent notamment à une réduction de la durée de vie du matériel, une dérégulation de l'uniformité spatiale de la répartition d'eau, une surconsommation d'eau, des problèmes de distribution d'eau.

Pour éviter ces problèmes, il faudrait dès lors :

- Entretien du réseau d'irrigation : remplacement et/ou nettoyage filtres et grilles, nettoyage, débouchage et/ou curage ;
- Entretien des berges ;

- Entretien des ouvrages de stockage (nettoyage et/ou curage) ;
- Surveiller la qualité des eaux ;
- Observer de façon continue l'état des infrastructures et du matériel ;
- Planifier les opérations ;
- Budgétiser le coût des opérations ;

La non-budgétisation du coût et la non-planification routinière de l'entretien des infrastructures et des systèmes constituent généralement un frein au développement de ces techniques.

Enfin, la mise en place d'infrastructure d'irrigation s'accompagne impérativement de la mise en place d'une structure de gestion, organe représentatif qui gère au jour le jour le bon fonctionnement du périmètre d'irrigation.

La mise en place d'une telle structure avec des statuts bien définis permet de réguler les stratégies de suivi et d'entretien des équipements.

Leurs tâches consistent essentiellement à effectuer des purges périodiques de l'installation, à nettoyer régulièrement les filtres et à les remplacer le cas échéant (tous les 2 ans pour un filtre à sable, voir plus fréquemment pour des eaux chargées) ainsi qu'à contrôler de temps à autre le fonctionnement des goutteurs et à vérifier l'uniformité de la répartition du débit.

Il peut par ailleurs devenir nécessaire de procéder à un décolmatage de l'installation. Un colmatage d'origine chimique dû à la précipitation de sels de calcium peut être traité par un nettoyage à l'acide fort (acide nitrique ou chlorhydrique à raison de 2 à 5 l/m³ d'eau) suivi d'un rinçage abondant. De même, un colmatage organique peut être combattu par injection périodique (environ tous les 15 jours) de chlore sous forme d'eau de Javel à des concentrations de 1 à 5 mg/l de chlore libre. Lorsque les eaux d'irrigation ne contiennent pas de carbonate ou de bicarbonate de calcium, il est préférable d'utiliser du sulfate de cuivre dosé à 4 mg/l, concentration qui n'est pas nocive pour les plantes.

III.5. Gestion et conservation

Cette étape est importante, car elle permet de garder la qualité de la production avant la vente. Elle se présentera par type de culture.

III.5.1. Gestion

a) Tomate (*lycopersicum esculentum*)

La culture de la tomate (famille des Solanacées) donne de meilleurs résultats en saison fraîche et sèche (décembre à juillet). Il existe des variétés qui peuvent produire pendant l'hivernage, mais avec des rendements plus faibles.

La tomate préfère des sols pas trop lourds, profonds et meubles, riches en éléments nutritifs et en matières organiques.

Durant la culture de cette culture, des dégâts apparaissent aux différentes stade de son évolution et des traitements peuvent menés pour contrer ces ennemis (cf. **Annexe 4 : Principaux ennemis et mesures de traitement**)

L'irrigation sous serre évite de nombreux ennemis surtout ceux qui s'attaquent principalement aux feuilles et aux fruits. Suivant le tableau ci-dessus, certains traitements concernent plusieurs attaques. Le choix pour le traitement va d'abord porter sur les produits et les traitements luttant contre plusieurs ennemis à la fois. Il faut une observation régulière des cultures afin de réagir à temps lors d'apparition d'attaques.

b) Concombre (*Cucumis sativa*)

Bien que la culture du concombre (famille des cucurbitacées) soit possible toute l'année, on obtiendra les meilleurs résultats pendant la saison sèche. L'humidité ainsi que les températures élevées de l'hivernage risquent de provoquer des maladies du feuillage et sont à l'origine d'une baisse de rendement.

Le concombre préfère les sols plutôt lourds (limon argileux), humides, mais bien drainés et riches en matières organiques et en éléments nutritifs.

Le concombre est attaqué par de nombreux ennemis qui occasionnent chaque année des pertes de récolte, souvent très importantes. Des traitements appropriés permettent de contrer ces ennemis (cf. **Annexe 4 : Principaux ennemis et mesures de traitement**) (Beniest et al. 1987).

c) Poivron (*capsicum annuum*)

Le poivron (famille des solanacées) est surtout une culture de la saison sèche (chaude et froide). Les températures élevées risquent de provoquer divers accidents de culture (chute des fleurs et des jeunes fruits, coup de soleil, mauvaise fructification) et donnent, d'une façon générale, de faibles rendements.

Le poivron préfère des sols ni trop lourds, ni trop légers, profonds et bien drainés, riches en matières organiques et en éléments fertilisants.

Suivant le tableau (cf. **Annexe 4 : Principaux ennemis et mesures de traitement**), certains traitements concernent plusieurs attaques. Le choix pour le traitement va d'abord porter sur les produits et les traitements luttant contre plusieurs ennemis à la fois. Il faut une observation régulière des cultures afin de réagir à temps lors d'apparition d'attaques.

III.5.2. Conservation

Le «*DAT*» produira des centaines de tonnes des cultures précédemment citées et pour cela il se doit de maîtriser les techniques de conservation et avoir les bâtiments adéquats afin de mieux rentabiliser le projet.

Tomate : elle doit être cueillie peu ou pas à maturité complète des fruits. Elle doit être conservée dans un endroit frais avant maturité (fruit jaune rose ou tournante). La durée de conservation est de 03 à 04 jours.

Pour une longue durée de conservation, on peut pratiquer les opérations suivantes :

- Séchage de rondelles au soleil
- Concentration du jus
- Confiture de tomate
- Mettre les fruits entiers ou coupés dans une solution salée (saumure)

Concombre : le concombre est le plus délicat. Elle doit être conservée durant quelques jours dans un endroit frais.

Tout comme la tomate, on peut prolonger sa durée de conservation en pratiquant la saumure.

Poivron : Bien que le poivron se conserve plus facilement à l'état frais que la tomate, sa durée de conservation est de seulement quelques jours (04 jours) dans un endroit frais.

Le «*DAT*» a à sa disposition 04 salles de conditionnement dont l'hygrométrie (80 à 90 %) et la température (7 °C) sont commandées électroniquement. La capacité de ces salles de conditionnement est d'environ 20 tonnes.

III.6. Etude économique

III.6.1. Devis estimatif de l'aménagement

Pour la réalisation de ce projet de grande envergure, la bonne connaissance des coûts des différents travaux est nécessaire (cf. **Annexe 10 : Devis quantitatif et estimatif du projet**). Le coût global du projet d'aménagement revient à **229 220 408 FCFA HT-HD** soit **12 877 551 FCFA/ha**. En prenant en compte les taxes à hauteur de **18 %**, cela revient à **270 480 081 FCFA**, soit **15 195 510 FCFA/ha** (dépassé légèrement la valeur moyenne des coûts d'un tel projet à savoir **15 000 000 FCFA/ha**).

La figure suivante donne le pourcentage des ouvrages sur le coût total de l'aménagement :

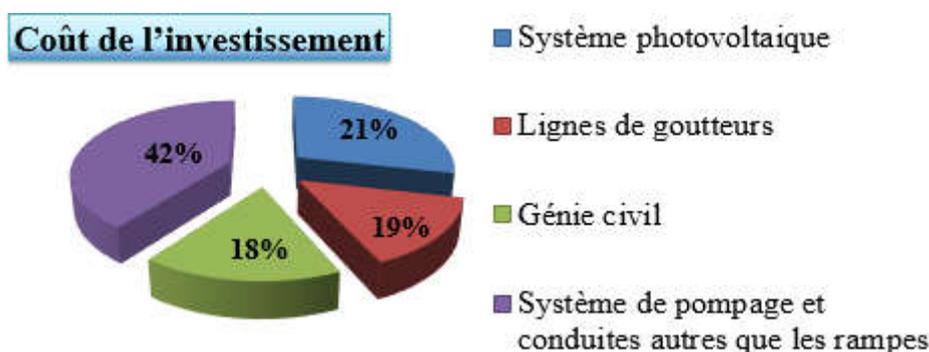


Figure 13: Répartition du coût du projet

III.6.2. Compte d'exploitation

Les charges d'exploitation pour les différentes cultures prévues dans le domaine s'élèvent à **133 760 340 FCFA**. Le tableau suivant donne les grandes lignes des dépenses.

Tableau 14: Charges d'exploitation des différentes cultures

Charges d'exploitation			Total FCFA
Cultures (serres)	Charges/ha	Charges totales	
Exploitation tomate FCFA	10 745 500	85 964 000	133 760 340
Exploitation poivron FCFA	7 685 650	12 297 040	
Exploitation concombre FCA	7 245 800	8 694 960	
Total FCFA		106 956 000	
Cultures (plein champ)	Charges/ha	Charges totales	
Exploitation tomate FCFA	8 675 500	24 985 440	
Exploitation poivron FCFA	575 500	1 035 900	
Exploitation concombre FCA	435 000	783 000	
Total FCFA		26 804 340	

Les charges ont été regroupées suivant les pratiques (sous serre et plein champ) et il en ressort que la tomate demande plus de moyens que les autres cultures ainsi qu'en culture sous serre.

III.6.3. Etudes de rentabilités

La production de la tomate sous serre varie entre 120 et 150 T/ha sous serre et entre 40 et 60 T/ha en plein champ selon la qualité de l'entretien consacré.

Face à des charges d'exploitation qui s'élèvent à **133 760 340 FCFA/ha** pour toutes les cultures, la valeur ajoutée est **22 162 678 FCFA/ha/an** (cf. **Annexe 11 : Rendement des cultures par campagne**). Ceci permettra de retour sur investissement rapide d'une année.

Cette durée de retour sur investissement est le résultat d'une bonne pratique et exploitation de l'aménagement. La chute des rendements de ces différentes cultures peut la ramener à deux ans.

III.7. Etude d'impact environnemental et social

Suite au constat de la crise écologique à savoir les problèmes sur la biodiversité et le réchauffement climatique, l'épuisement des énergies fossiles non renouvelables et de la pollution de l'eau, la mise en place d'une procédure administrative (Etude d'Impact Environnemental et Social) est primordiale afin de rendre pérennes les ressources naturelles. Cette étude assure l'analyse au préalable des impacts qu'un projet, pourrait avoir sur son milieu récepteur.

Le « *Domaine Agricole de Thies.sa* » doit se conformer aux politiques, directives et stratégies prévues au niveau national en matière environnementale et sociale et tout autre politique qui s'applique au projet agro-industriel.

Le Sénégal dispose bien d'un arsenal juridique et réglementaire qui encadre la réalisation des projets et programmes sur le plan environnemental et social. Selon l'impact potentiel, la nature, l'ampleur et la localisation du projet, les types de projets sont classés dans l'une des catégories 1 ou 2 :

- ✓ **Catégorie 1** : les projets susceptibles d'avoir des impacts significatifs sur l'environnement, une EIES approfondie doit se faire afin de « permettre d'intégrer les considérations environnementales dans l'analyse économique et financière du projet ».
- ✓ **Catégorie 2** : les projets aux impacts limités ou qu'on peut réduire ou atténuer qui font l'objet d'une EIES initiale.

Les principales politiques applicables sont : (i) la loi n° 2001-01 du 15 janvier 2001 portant Code de l'environnement, le décret n° 2001-282 du 12 avril 2001 portant application de la loi n° 2001-01 du 15 janvier 2001 et certains arrêtés d'application constituent la base de la législation environnementale au Sénégal ; (ii) le décret n° 2000-73 du 31 janvier 2000 portant réglementation de la consommation des substances appauvrissant la couche d'Ozone ; (iii) le décret n° 2006-1249 du 15 novembre 2006 fixant les prescriptions minimales de sécurité et de santé pour les chantiers temporaires ou mobiles.

Les arrêtés relatifs aux études d'impacts sont les suivants : (i) Arrêté n°0009471 du 28 novembre 2001 portant contenu de termes de références des EIES ; (ii) Arrêté n°009470 du 28 novembre 2001 portant sur les conditions de délivrance de l'Agrément pour l'exercice des activités relatives aux études d'impact environnemental ; (iii) Arrêté n°009472 du 28 novembre 2001 portant contenu du rapport de l'EIES ; (iv) Arrêté n°009468 du 28 novembre 2001 portant réglementation de la participation du public à l'étude d'impact environnemental ; (v) Arrêté n°009469 du 28 novembre 2001 portant organisation/fonctionnement du comité technique.

D'autres textes pertinents touchant à la sécurité, la réinstallation, l'utilisation des pesticides, etc. s'appliquent à notre projet. (Source : Résumé de l'étude d'impact environnemental et social (EIES) sur les projets rizicoles de la compagnie agricole de Saint-Louis au Sénégal, août 2015)

Conventions internationales : le Sénégal est signataire de la plupart des conventions internationales et régionales relatives à la protection de l'environnement et parmi les plus importantes on peut citer : (i) la Convention CITES de 1973 ; (ii) la Convention des Nations Unies sur la diversité biologique (CDB) ; (iii) la Convention-Cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (CCNUCC) ; (iv) la Convention de Rotterdam sur les PIC et celle de Stockholm sur les POP ; (v) la Convention Africaine sur la Conservation de la nature et des ressources naturelles de Maputo en 2003, pour assurer un développement durable des économies africaines.

III.7.1. Prévission des impacts

Une étude d'impact environnemental et social (EIES) a été réalisée pour prendre en compte l'ensemble des interventions à réaliser, conformément à la législation sénégalaise. Les investissements prévus par le projet sont susceptibles d'occasionner des effets négatifs au plan environnemental et social, aussi bien en phase de préparation, de réalisation et de mise en

service. La prévision des impacts est faite sur 04 volets à savoir : le volet physique/chimique (PC), biologique/écologique (BE), social/culturel (SC) et économique/opérationnel (EO).

III.7.2. Analyse des impacts

Grâce au logiciel RIAM (Rapid Impact Assessment Matrix), l'analyse et l'évaluation des impacts furent résumées par les histogrammes (cf. **Annexe 3 : Analyse des impacts** via RIAM).

III.7.3. Mesures d'atténuation et initiatives complémentaires

Vu les impacts à court et à long terme du projet, des mesures doivent être prises afin d'atténuer ou d'annuler ces impacts. Les propositions de mesures d'atténuation pour les différents problèmes sont résumées dans le tableau ci-après (Tab. 15) :

Deux types de mesures d'atténuation seront prévus pour réduire les impacts suspectés lors de la mise en œuvre des différentes composantes et activités prévues dans le cadre du présent projet : (i) des mesures normatives que doivent respecter le promoteur et ses prestataires ;(ii) des mesures d'atténuation spécifiques relatives à la réduction des effets négatifs suspectés sur les composantes environnementales et sociales sensibles aux activités du projet.

Mesures normatives

Il s'agit de veiller à la conformité du projet vis-à-vis de la réglementation applicable, notamment :

- Conformité avec la réglementation environnementale : Le DAT devra également veiller au respect de la réglementation environnementale nationale en vigueur.
- Conformité avec la réglementation forestière : La mise en œuvre des activités envisagées dans le projet est soumise au respect de la réglementation forestière. Les autorisations nécessaires ont été déjà obtenues auprès des services des E&F.
- Obligation du respect du cahier des charges environnementales et sociales par les entreprises : Le DAT et les entreprises de travaux devront aussi se conformer aux exigences du cahier des charges environnementales et sociales, notamment concernant le respect des prescriptions suivantes : la prévention de la pollution et propreté du site ; la prévention du bruit ; la sécurité des personnes (aux abords du chantier, sur le chantier et sur les itinéraires de transport des matériaux).
- Mise en place de Comités d'Hygiène et de Sécurité : Conformément à la législation du travail, le DAT devra disposer d'un Comité d'Hygiène et de Sécurité du Travail (prévu

dès que le personnel dépasse 50 agents). La composition du Comité est déterminée par le décret n°2006-1261 du 15 novembre 2006 fixant les mesures générales d'hygiène et de sécurité dans les établissements de toute nature.

Mesures d'atténuation des impacts des travaux

Tableau 15 : Analyse des impacts potentiels du projet

Impacts potentiels	Mesures d'atténuation ou de compensation	Responsable	Stratégie de mise en œuvre	Echéancier de réalisation	Surveillance/Contrôle réglementaire
Perte de végétation due aux défrichements	<ul style="list-style-type: none"> - Respect strict des limites des zones à défricher - Reboisements compensatoires 	DAT Entreprise de travaux	<ul style="list-style-type: none"> - Paiement des taxes de défrichement - Aménagement forêts communautaires et pépinières - Intégration des espaces verts (usine et ferme) 	Au démarrage des travaux	
Risques de pollution des eaux de surface et des eaux souterraines	- Collection des huiles ou autres déchets liquides pour évacuation et/ou recyclage	DAT Entreprise de travaux	<ul style="list-style-type: none"> - Assainissement des sites de la base chantier des chantiers - Suivi de la qualité des eaux 	Pendant les travaux	
Pollution de l'air due aux émissions de poussières	<ul style="list-style-type: none"> - Porte de masque - Campagne de sensibilisation 	DAT Entreprise de travaux	- Prendre en compte dans les documents contractuels	Pendant toutes les phases du chantier	
Nuisances sonores dues aux engins de travaux	<ul style="list-style-type: none"> - Port de casques antibruit et/ou de bouchons antibruit - Respect des horaires de travail - Entretien régulier des engins 	DAT Entreprise de travaux	- Prendre en compte dans le cahier de charges opérations	Pendant toutes les phases de travaux	

Nuisances dues aux déchets issus des travaux	<ul style="list-style-type: none"> - Collecte des ordures et valorisation des déchets banals - Gestion des déchets dangereux (huiles usées, peintures, déchets électriques) 	DAT Entreprise de travaux	<ul style="list-style-type: none"> - Nettoyage régulier des aires de travaux - Mettre en place des bacs de collecte et des aires d'entreposage des déchets à valoriser - Ramassage des déchets et transfert vers un site autorisé 	Au moment de l'installation du chantier	
Risques professionnels (risques de chute, blessures, accidents, etc.)	<ul style="list-style-type: none"> - Elaborer un Plan de sécurité - Séances d'information et de sensibilisation - Equipements de Protection individuels (EPI) - Consignes de sécurité 	DAT Entreprise de travaux	<ul style="list-style-type: none"> - Vérifier à inclure dans le plan de sécurité : i) le port de casques et de bouchons antibruit à tous les postes où le niveau de bruit est susceptible de dépasser 85dB (A), ii) le port de casques, iii) le port de lunettes de sécurité, iv) le port de chaussures de sécurité, v) le port de tabliers spéciaux, etc. 	Au cours des travaux	
Développement des IST/VIH/SIDA	<ul style="list-style-type: none"> - Sensibilisation des populations et du personnel de travaux 	DAT Entreprise de travaux	<ul style="list-style-type: none"> - Sensibilisation des ouvriers - Mise à disposition de préservatifs dans la base chantier 	Pendant les travaux	
Risque social en cas de non-emploi local	<ul style="list-style-type: none"> - Emploi de la main-d'œuvre locale non qualifiée en priorité - Inclure cette exigence dans les contrats de travaux à l'entreprise 	DAT Entreprise de travaux	<ul style="list-style-type: none"> - Impliquer le conseil rural de la région et les organisations de base dans le processus de recrutement des emplois non qualifiés - Respect du protocole d'accord DAT/ commune de la région 	Au démarrage des travaux	

Perturbation des activités pastorales	- Prévoir des couloirs de passage d'accès aux points d'eau et des parcours du bétail	DAT	Impliquer le conseil rural de la région et les éleveurs dans l'aménagement des couloirs, des abreuvoirs et les Omars	Pendant les travaux	
Déficiences dans les travaux	Surveillance, suivi et évaluation	DAT	- Expert QHSE - Recrutement consultant	Pendant les travaux	
Emission de Gaz à Effet de Serre (GES)	- Réduction des émissions de GES	DAT	- Réaliser un inventaire annuel des GES et proposer des mesures d'atténuation	Lors de la mise en service	
Pollution des eaux et des sols par le rejet d'eaux polluantes et de drainage	- Drainage des eaux usagées des aménagements - Utilisation raisonnée des intrants agricoles - Suivi de la qualité des eaux de surface et souterraine	DAT	- Analyse périodique d'échantillons d'eau (Protocole avec laboratoires)	Au début des travaux	

IV. RECOMMANDATIONS ET PERSPECTIVES

L'agrobusiness est un domaine très compétitif, pour cela les recommandations et perspectives suivantes sont à prendre à compte :

- ✚ Les traitements chimiques sont efficaces néanmoins la lutte préventive serait plus appropriée dans un premier temps et plus économique. Si cette dernière apparaît insuffisante, on pourra alors faire le traitement chimique. Ce traitement chimique consiste :
 - ✓ Utiliser des semences ou boutures saines, des variétés résistantes ou tolérantes à plusieurs ennemis et à la salinité ;
 - ✓ Choisir un bon assolement-rotation ;
 - ✓ Appliquer correctement les autres techniques de culture comme le binage, le sarclage, etc. (Dembele et al, 1991)

Le traitement chimique est couteux. Par conséquent, il ne doit intervenir que lorsque la nature et l'importance de l'attaque l'exigent ;

- ✚ Les eaux usées sont rejetées dans la nature sans traitement dans la plupart des périmètres irrigués au Sénégal. Dans le souci de préserver l'environnement, des dispositifs de traitement de ces eaux doivent être mis en place ;
- ✚ Les prélèvements mensuels doivent se faire afin de contrôler la salinité du périmètre
- ✚ Le DAT doit respecter scrupuleusement la dose de lessivage avant et après chaque campagne agricole ;
- ✚ Le DAT doit mettre en place un système de brumisation afin de réduire l'évapotranspiration au niveau des serres ;
- ✚ La structure de contrôle de la réalisation doit veiller au respect stricte de l'exécution des différents ouvrages suivant les règles de l'art et aussi suivant le chronogramme (cf. **Annexe 2** : Chronogramme d'exécution des travaux).

CONCLUSION

Les critères de la zone (bordure du lac Tanma) n'empêchent pas la pratique de l'agriculture surtout le maraîchage. Le DAT a besoin de plus de technicité et de maîtrise en matière d'irrigation. Bien qu'étant dans une zone aride, la présence des quatre forages alimentant le bassin de 30 000 m³ permet d'approvisionner le périmètre en eau d'irrigation.

La conception de l'aménagement d'environ 18 ha s'est basée sur un système d'irrigation très économe en eau à savoir le système d'irrigation goutte à goutte. Ce système est utilisé pour la production sous serre et plein champ. Un réseau de drainage permet d'éviter d'inonder le périmètre.

Pour la réalisation de ce projet, un financement prévisionnel d'environ 229 220 408 FCFA hors taxes est requis. Soit 12 877 551.FCFA / ha. L'étude de rentabilité montre que les marges bénéficiaires permettent de recouvrir rapidement le coût de l'investissement en une année.

Au vu de l'étude économique et de l'étude d'impact environnemental et social, ce projet est viable.

BIBLIOGRAPHIE

- BENARICHA Boumediene, 1985. « Etude pédologique du reboisement du lac Tanma(région de Thiès) : étude de l'influence de la salure sur la mortalité des différentes essences. » IRD. Fonds IRD (F A370778) ; Dakar ; PED.
<http://www.documentation.ird.fr/hor/fdi:37078>.
- BENIEST J. M, DEFRANCA-D'HONDT S, Navez, et L. BOURDOUXHE. 1987. *Guide pratique du maraîchage au Sénégal*. CDH. Cahiers d'information 1. Dakar, Sénégal: Saint-Paul.
- COLY B, 2000. « Dynamique des ressources naturelles dans la cote nord du Sénégal de Dakar à Saint Louis. L'exemple de la communauté rurale de Mboro. » Mémoire de maîtrise, Sénégal.
- COMPAORE M L, 1998. « Cours de drainage et d'assainissement agricole. » E.I.E.R.
- COMPAORE M L, 2003. « Cours de micro-irrigation. » E.I.E.R.
- HLAVEK R, 1992. *Critères et choix des systèmes d'irrigation*. Diffusion Afeid, Antony. New Delhi: CIID.
- KEÏTA A, 2014. « Localized Irrigation V 2.15. » 2iE.
- KEÏTA A, 2016. « Assainissement des terres agricoles. » 2iE.
- KOVDA, Victor, Robert M. Hagan, et C. Van den Berg. 1963. « Manuel international FAO-UNESCO d'irrigation et de drainage des terres arides en fonction des problèmes de salinité et d'alcanité. »
- LAERE Pierre-Emile Van, 2003. *Mémento de l'irrigation*. Manuels Techniques. Belgique.
- MERMOUD A, 2006. « Maîtrise de la salinité des sols. » Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne.
- MICHEL P, 1973. « Les bassins des fleuves Sénégal et Gambie. Etude géomorphologique. » Mémoire ORSTOM, Paris: Strasbourg.
- MUTSAARS M et J, VAN DER VELDEN, 1973. *Le dessalement des terres salées du delta du fleuve Sénégal. Bilan de trois années d'expérimentations et perspectives*. Saint-Louis: PNUD/FAO/OMVS.
- NDIAYE R, 2000. « La problématique de la gestion spatiale du littoral Nord du Sénégal à la lumière des récentes réformes foncières et politico administrative. » Thèse de 3ème cycle, département de géographie, Sénégal: Flsh Ucad.

- NDOYE E. M, 2008. « Dynamique des écosystèmes lacustres et problèmes de conservation des ressources dans la CR de Diender. » Mémoire de maîtrise, Département de Géographie, Sénégal: Flsh Ucad.
- NETAFIM; 2014. « Catalogue général - goutte à goutte - micro-aspersion - filtration - vannes- raccords. » NETAFIM France.
- RICHARDS LA, 1954. *Reclamation of saline and alkali soils*. USDA. Handbook 60. Washington: US Salinity Laboratory.
- SAMBA P. C, 2007. « Le développement local à l'épreuve de la décentralisation : cas de la communauté rurale de Mont Rolland. » Thèse de doctorat d'état de 3ème cycle, Sénégal.
- SAVVA P. A., et K Frenken, 2001. « Irrigation manual module 8 : sprinkler irrigation systems, planning, design, operation and maintenance. » FAO subregional office for East and southern Africa.
- THIAM M, 2006. « Environnement et évolution des bordures lacustres et lagunaires du Sénégal. » Thèse de doctorat en lettres et sciences humaines, Département de Géographie, Sénégal: Flsh Ucad.
- TIERCELIN Jean-Robert, 1998. *Traité d'irrigation*. Paris: Lavoisier TEC&DOC.
- VERMEIREN L., et G.A. JOBLING. 1983. *L'irrigation localisée : Calcul, mise en place, exploitation, contrôle du fonctionnement*. FAO. Bulletin FAO d'irrigation et de drainage 36. Rome: FAO.

Sites internet

<http://www.memoireonline.com> consulté le 26/08/2016

<http://www.agrisenegal.com> consulté le 21/11/16

<http://fr.wikipedia.org/wiki/salinisation> consulté le 06/12/2016

<http://tpe-niaves.e-monsite.com> consulté le 21/11/16

<http://www.fao.org/docrep/r4082e/r4082e05.htm> consulté le 07/10/2016

<http://www.sen-exercice.com> consulté le 18/06/2016

ANNEXES

I. Annexe 1 : Besoin en eau du poivron et du concombre	54
II. Annexe 2 : Chronogramme d'exécution des travaux.....	55
III. Annexe 3 : Analyse des impacts via RIAM	56
IV. Annexe 4 : Principaux ennemis et mesures de traitement.....	57
V. Annexe 5 : Organisation de la production de 10 ha sous serres au niveau du DAT.....	60
VI. Annexe 6 : Dimensionnement du champ photovoltaïque	62
VII. Annexe 7 : Quantités d'engrais en kg pour la préparation des solutions mères en fonction du stade de la culture.....	63
VIII. Annexe 8 : Vue satellitaire du DAT via google earth.....	64
IX. Annexe 9 : Dimensionnement du réseau d'irrigation.....	65
X. Annexe 10 : Devis quantitatif et estimatif du projet.....	69
XI. Annexe 11 : Rendement des cultures par campagne.....	75
XII. Annexe 12 : Caractéristique de la pompe Hydro MPC-S /G 2CR 15-03 3x400/50 DL76	
XIII. Annexe 13 : Dimensionnement des drains et de la colature principale	77
XIV. Annexe 14 : Plan de l'aménagement.....	78

I. Annexe 1 : Besoin en eau du poivron et du concombre

/Poivron					
Phase	Initiale	Croissance	Mi-saison	Arrière saison	
Jours	30	35	40	20	
Valeur Kc	0,35	0,75	1,05	0,9	
Enracinement	0,8				
Mois	Octobre	Novembre	Décembre	Janvier	Février
Kc par mois	0,35	0,75	1,00	0,98	0,9
ETO (mm/j)	4,08	4,17	4,02	5,27	5,92
Kr	1	1	1	1	1
ETM (mm/j)	1,43	3,13	4,02	5,14	5,33
P (mm)	31	3	1	1	0
Pe (mm)	18,6	1,8	0,6	0,6	0
Pe (mm/j)	0	0	0,00	0,00	0
BMP (mm/j)	1,43	3,13	4,02	5,14	5,33

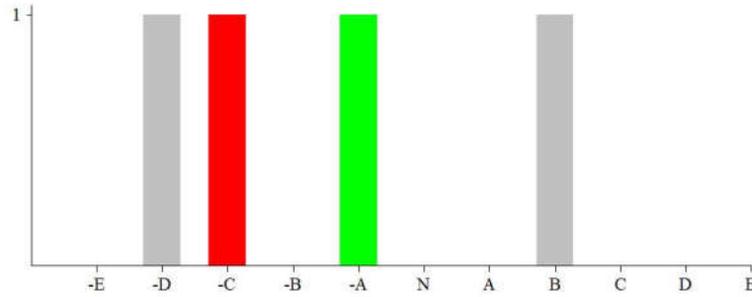
Concombre				
Phase	Initiale	Croissance	Mi-saison	Arrière saison
Jours	20	30	30	15
Valeur Kc	0,45	0,7	0,9	0,75
Enracinement	1,2			
Mois	Octobre	Novembre	Décembre	Janvier
Kc par mois	0,53	0,77	0,85	0,75
ETO (mm/j)	4,08	4,17	4,02	5,27
Kr	0,85	0,85	0,85	0,85
ETM (mm/j)	1,85	2,72	2,90	3,36
P (mm)	31	3	1	1
Pe (mm)	18,6	1,8	0,6	0,6
Pe (mm/j)	0	0	0,00	0,00
BMP (mm/j)	1,85	2,72	2,90	3,36

II. Annexe 2 : Chronogramme d'exécution des travaux

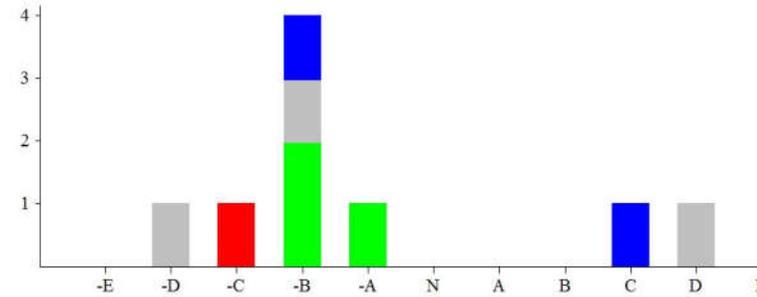
Activités	Mois 1				Mois 2				Mois 3				Mois 4				Mois 5				Mois 6							
	S1	S2	S3	S4																								
Installation générale																												
Amené du matériel	■																											
Installation de la base vie provisoire de l'entreprise		■																										
Implantation des réseaux (Irrigation et pistes)	■																											
Travaux de terrassement				■																								
Réalisation des ouvrages en BA dosé à 350 kg/m³																												
Génie civil de la prise					■																							
Génie civil de la station						■																						
Pose du réseau d'irrigation avec remblai de tranchée					■																							
Réalisation des drains (déblai, perré sec, dallettes)												■																
Installation du champ photovoltaïque+maçonnerie								■																				
Installation des différents équipements de la station																			■									
Essai interne des différentes installations																					■							
Reception provisoire & Repli du matériel																							■					

III. Annexe 3 : Analyse des impacts via RIAM

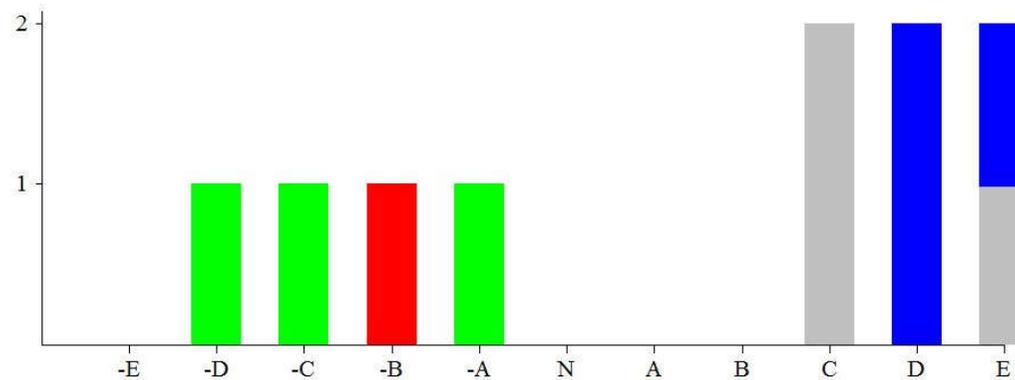
Phase de préparation



Phase de construction



Phase de mise en service



Légende :

- (A-E) : Impacts négatifs (importance de A à E)
- N : Impacts neutres
- + (A-E) : Impacts positifs (importance de A à E)

IV. Annexe 4 : Principaux ennemis et mesures de traitement

➤ Principaux ennemis de la tomate et mesures de traitement

NOM	DEGATS	TRAITEMENT
CHENILLES : le ver du fruit de la tomate est un ennemi important de la culture	- Les chenilles coupent les bouquets floraux, rongent les feuilles et trouent les fruits	- Acéphate - Endosulfan - Deltaméthrine - Cyperméthrine - Cyfluthrine
ACARIOSE BRONZEE : dégâts causés par de toutes petites araignées, invisibles à l'œil nu	- Dessous des feuilles brillant, jaunissement apparaissant à la base des feuilles âgées, suivi du dessèchement du feuillage - Brunissement des tiges	- Azocyclotin - Chinométhionate - Bromopropylate - Fenbutatin oxyde - Cyhexatin - Benzoximate - Dicofol
ALTERNARIOSE : maladie des feuilles, tiges et fruits causée par un champignon	- Sur les feuilles, on voit des taches brunes, arrondies à cercles concentriques ; ensuite jaunissement, brunissement et dessèchement du feuillage - Pourriture du collet en pépinière	- Chlorothalonil - Captafol - Manèbe - Zinèbe - Mancozèbe - Propinèbe - Métirame-zinc
LE BLANC : maladie des feuilles provoquée par un champignon	- Sur les feuilles, on observe des taches chlorotiques avec un duvet blanchâtre en dessous - Nécrose des taches, brunissement et dessèchement du feuillage	- Soufre - Triadimefon - Fenarimol - Chinométhionate - Trifonrine
CLADOSPORIOSE : maladie des feuilles provoquée par un champignon	- Sur les feuilles on observe des taches vert pâle à jaunâtre avec, à la face inférieure, un duvet léger d'aspect velouté, brun verdâtre à violet	- Manèbe - Zinèbe - Mancozèbe - Chlorothalonil
STEMPHYLIOSE : maladie des feuilles provoquée par un champignon	- Sur le feuillage apparaissent de petites taches brunes, rouge parfois gris, rondes ou anguleuses qui peuvent confluer entre elles	- Captafol - Manèbe - Métirame-zinc - Chlorothalonil - Variétés résistantes
GALLE BACTERIENNE : maladie des fruits et des feuilles provoquée par une bactérie	- Surtout en hivernage, on observe de petites taches aqueuses qui noircissent sur les feuilles ; ensuite jaunissement et dessèchement rapide du feuillage - Petites taches liégeuses sur fruits	- Cuivre
POURRITURE DU FRUIT	- Taches rondes à cercles concentriques aux endroits de contact des fruits avec le sol	- Eviter le contact des fruits avec sol - Captafol
FLETRISSEMENT	- maladie provoquée par un champignon du sol qui cause le flétrissement des plants - En coupant les tiges en oblique, on observe des stries brunes	- Variétés résistantes - Rotation

NEMATODES	- Nodosités sur les racines, mauvais développement de la plante	- Variétés résistantes - Rotation - Nématicides
NECROSE APICALE	- A l'extrémité apicale du fruit apparait une tache arrondie, brune, parfois blanchâtre qui s'agrandit, s'affaisse, durcit et noircit	- Irrigation régulière - Chaulage
COUP DE SOLEIL	- Taches blanchâtres déprimées sur fruits	- Eviter la taille
VIROSES	- Déformations et décolorations des feuilles	- Eviter la taille - lutter en pépinière contre les vecteurs
DEGATS D'OISEAUX	- Ils détruisent les fruits	- Récolter à temps - Eviter la taille

Source : (Beniest et al. 1987)

➤ Principaux ennemis du concombre et mesures de traitement

NOM	DEGATS	TRAITEMENT
COLEOPTERE ROUGE : un insecte dont adultes et larves s'attaquent aux feuilles et racines.	- Les adultes sont des défoliateurs perçant les feuilles de petits trous - Les larves rongent le collet et pénètrent dans la racine principale	En cas de forte, attaque : - Acéphate - Malathion - Deltaméthrine - Cyperméthrine - Cyfluthrine
COCCINELLE DES CUCURBITACEES : un coléoptère dont les larves et adultes s'attaquent au feuillage	- Larves et adultes se trouvent à la face intérieure des feuilles - Ils dévorent l'épiderme des feuilles, n'épargnant que les nervures - Les feuilles prennent une teinte grisâtre et se dessèchent	- Ramassage manuel - Diméthoate - Malathion (surtout le dessous des feuilles)
CHENILLES	- Elles dévorent le feuillage et rongent ou parfois trouent la pelure des fruits	- Acéphate - Endosulfate - Deltaméthrine - Cyperméthrine - Cyfluthrine
MILDIOU : une maladie du feuillage provoquée par un champignon	- Sur les feuilles, on observe de taches d'abord jaune-verdâtre, puis brunes, souvent délimitées par les nervures - A la face intérieure, on observe un duvet gris-violacé - Les feuilles se recroquevillent et se dessèchent très rapidement	- variétés résistantes - lutte préventive en saison sèche fraîche et humide (rosée) - chlorothalonil - manèbe - mancozèbe - zinèbe
LE BLANC : maladie des feuilles provoquées par un champignon		- Variétés résistantes

FLETRISSEMENT : une maladie provoquée par un champignon du sol	- Une pourriture sèche au niveau du collet, suivi par un flétrissement général de la plante	- Variétés résistantes
CERCOSPORIOSE : une maladie du feuillage et des tiges provoquée par un champignon	- Taches arrondies brunes sur les feuilles dont le centre devient gris - Les taches confluent entre elles, les feuilles brunissent et se dessèchent	- Bénomyl - Zinèbe - Mancozèbe - Manèbe
NEMATODES A GALLES	- Toutes les cucurbitacées (melon, concombre, courgette, pastèque) sont très sensibles	- Rotation culturale - Nématicides
MOUCHES DE CUCURBITACEES : des insectes qui s'attaquent aux jeunes fruits	- Les jeunes fruits sont piqués et en coupe montrent la présence d'asticots jaunâtres - Une pourriture secondaire s'installe - Les asticots dévorent l'intérieur du fruit qui est parcouru en tous sens de petites galeries - Déformation des fruits	- Récolter et détruire les fruits atteints - Entourer les très jeunes fruits de papier journal ou de sachets - Diméthoate - Malathion - Fenthion - Trichlorfon - Endosulfan

Source : (Beniest et al. 1987)

➤ Principaux ennemis du poivron et mesures de traitement

NOM	DEGATS	TRAITEMENT
FAUX VER ROSE : une chenille qui s'attaque aux fruits	- Les jeunes chenilles pénètrent dans le fruit et se logent dans sa chair - elles y creusent des galeries qui peuvent entraîner des pourritures secondaires	- Deltaméthrine - Cyperméthrine - Fenvalérate - Cyfluthrine
CHENILLES	- Plusieurs chenilles peuvent s'attaquer aux feuilles, aux bourgeons et aux fruits. D'autres coupent les tiges des jeunes plants repiqués	(A la demande) : - Acéphate - Endosulfan - Deltaméthrine - Cyperméthrine - Fenvalérate - Cyfluthrine
MOUCHE DES FRUITS : un insecte dont les larves s'attaquent aux fruits	- Les asticots se nourrissent de la chair des fruits en y creusant des galeries - les fruits pourrissent et tombent prématurément	- Ramasser et brûler les fruits tombés - diméthoate - Malathion - Trichlorfon
LE BLANC : maladie des feuilles provoquée par un champignon	- Taches chlorotiques mal délimitées sur les feuilles - Les taches se couvrent à la face intérieure d'un duvet blanc et se nécrosent par points dispersés - Chute importante des feuilles	- Soufre - Triadiméfon - Triforine - Chinométhionat - Fenarimol - Pyrazophos

GALLE BACTERIENNE	- Surtout en hivernage, on observe de petites taches aqueuses qui noircissent sur les feuilles ; ensuite jaunissement et dessèchement rapide du feuillage - Petites taches liégeuses sur fruits	- Cuivre
MALADIES VIRALES	- Déformations importantes des feuilles et de la plante - La plupart des maladies virales sur poivron et piment sont transmises par les pucerons	- lutte contre les pucerons - Brûler les plantes attaquées
COUP DE SOLEIL	- Taches blanchâtres déprimées sur fruits	- Eviter la taille
NEMATODES A GALLES	- Mauvais développement de la plante - Nodosités sur les racines	- Rotation culturale - Nématicides, surtout en pépinière

Source : (Beniest et al. 1987)

V. Annexe 5 : Organisation de la production de 10 ha sous serres au niveau du DAT

Situation		Critères techniques		Caractéristiques	
DAT Serre canarienne sous filets 20 x Périmètre de 10 ha		Conduite de plante : pz Nombre de plante Nombre de bras		Nombre de billon Nombre de bras Récolte	
	Temps de travaux	Fréquence	Billon / M.O / jour	Surface par jour	
Equipe au sol	Attribution de 2 billons / M.O sur 5 x 2 ha			1 équipe de 30 M.O	
De la pose des crochets au 1er palissage					
Pose crochets	1000 crochets / M.O	1 fois 8 jours	3 billons	2 ha	
Plantation	1000 plants / M.O	1 fois 4 jours	5 billons en 4 ha	4 ha	
Nœud	2 000 bras / M.O	1 fois 4 jours	5 billons	4 ha	
1er ébougeonnage	3 000 bras / M.O	1 fois 4 jours	5 billons	4 ha	
1er palissage	4 000 bras / M.O	1 fois 4 jours	5 billons	4 ha	
Avant l'entrée en production					
Palissage 2ha jusqu'à 2 m	3 000 bras / M.O	tous les 5 jours	6 billons	2 ha à 13 M.O	
Effeillage / nettoyage pieds	3 000 bras / M.O	tous les 12 jours	6 billons	2 ha à 13 M.O	
Vibrage	12 000 bras / M.O	tous les 3 jours		4 ha à 6 M.O	
Ratissage, désherbage, ...				2ha à 13 M.O	
Equipe au sol en période de récolte					
Récolte tomate	130 kg / h	tous les 2 à 3 jours	8 billons en 5 h	6 ha	

Effeuilage	1 000 bras / M.O	tous les 10 jours	2 billons en 3 h	2 ha x 5 jours
Netoyage pieds, désherbage, ...		Au besoin		2 à 3 ha
Fin de cycle				
Retrait des plantes (partie haute)	1 000 plantes / M.O	1 fois 8 jours	3 billons	2 ha
Retrait crochets (+ echassiers)	20 000 crochets / M.O	1 fois en 1 jours	30 billons	10 ha
1er nettoyage		1 fois en 4 jours	4 billons	3 ha
2e nettoyage + désherbage		1 fois en 4 jours	4 billons	3 ha
Echassiers	Attribution de 6 billons / M.O sur 5 x 2 ha			1 équipe de 13 M.O
Période de palissage				
Palissage 8 ha jusqu'à 2 m	3 000 bras / M.O	tous les 5 jours	6 billons	2 ha
Palissage 10 ha sur échasses	3 000 bras / M.O	tous les 6 jours	6 billons	2 ha
Fin de cycle				
Retrait de ficelle bas de la plante	1 000 bras / M.O	1 fois 18 jours	2 billons	
Arrachage	4 500 plantes / M.O	1 fois 2 jours	18 billons	
Chargement des plantes		1 fois en 4 jours		3 ha
Retrait + chargement des tiges	3 000 bras / M.O	1 fois en 6 jours	6 billons	2 ha
Retrait crochets	20 000 crochets / M.O	1 fois en 1 jours	30 billons	10 ha
Retrait du paillage + goutteurs		1 fois en 6 jours	6 billons	2 ha
Equipe phytosanitaire	Attribution de 4 ha / 2 M.O sur 5 x 2 ha			3 équipes de 2 M.O
Traitements à la lance	6 M.O en 1h30	Selon les besoins		4 ha
Traitements localisés		Selon les besoins		2 à 4 ha
Entretien des filets		Tous les 15 jours		
Elimination des plants virosés		Début de culture		6 ha
Autre				
Manutention récolte	2 M.O			6 ha
Irrigation	2 M.O			

M.O : Unité de travail = 1 journée d'un ouvrier

VI. Annexe 6 : Dimensionnement du champ photovoltaïque

Nous choisirons pour l'alimentation de notre pompe un champ photovoltaïque afin d'avoir un système respectueux de l'environnement.

Puissance rectifiée		Besoin journalier		Champ photovoltaïque	
ond	93%	t (h)	8	Ei (kWh/m ² /j)	5,6
Pa (Kw)	5,9	Bj (Kwh)	51	générateur	95%
Pr (Kw)	6,4	Capacité de la batterie		Pcmini (kw)	11,29
Choix onduleur		bat	85%	Pm (kw)	0,327
cosφ	0,88	Vbat	48	Vm	48
Sr (KVA)	7,3	DM	0,75	NMS	1,0
K	3	J aut	2	NBParallèles	35
K.Sr (KVA)	21,8	Cbatmin (Ah)	3 337	Nbre PV	35
Sn > K.Sr		Vpack,cat	48	Pgen(kw)	11,29
		Cpack,cat (Ah)	3500	Vérifications	
		Nbat,serie	1	Ddq	0,32
		Nbran,par	1	DM/Jaut	0,38
		Ntotal,acc	1	R1	1,0

$DM/Jaut > Ddq$ } Ok!!
 $R1 > 1$ } Ok !!

VII. Annexe 7 : Quantités d'engrais en kg pour la préparation des solutions mères en fonction du stade de la culture

Stades	Cycle complet	Plantation à F2		F3 à F5		F6 à R2		R3 à fin climat optimum		R3 à fin saison chaude	
		A 2 000 l	B 4 000 l	A 4 000 l	B 4 000 l	A 4 000 l	B 4 000 l	A 4 000 l	B 4 000 l	A 4 000 l	B 4 000 l
Nitrate de calcium			900		800		750		825 à 700		825
Nitrate de potasse					100		150		125 à 75		
Chlorure de potasse		240		240		240		250		225	
Sulfate de potasse		140		140		225		125 à 175		100	
Sulfate de magnésie		320		320		300		300		250	
MAP 11-55		50		50		50		50			
Acide nitrique	80					45		45		20	
Acide phosphorique		80		80		75		75		85	
Fer EDTA 8 %			3		3		3		3		3
Oligo-mix		2		2		2		2		2	
Oligo-plant 17 % B		1		1		1		1		1	

VIII. Annexe 8 : Vue satellitaire du DAT via google earth



IX. Annexe 9 : Dimensionnement du réseau d'irrigation

- Dimensionnement des rampes

Parcelles	Surface	Longueur du porte-rampe	espacement-rampe	nombre de rampe	Nombre de Rampe	longueur rampe	espacement goutteurs	nombre de goutteur/ramp	nbre goutteur	nombre de goutteur/parc	débit par rampe Q _{rp} (l/s)	Débit total par parc Q(l/s)
S1	2,4	119	0,5	238	60	48	0,5	96	96	5760	0,061	3,68
S2	2,4	119	0,5	238	60	48	0,5	96	96	5760	0,061	3,68
S3	2	99	0,5	198	50	48	0,5	96	96	4800	0,061	3,07
S4	2	99	0,5	198	50	48	0,5	96	96	4800	0,061	3,07
S5	2	99	0,5	198	50	48	0,5	96	96	4800	0,061	3,07
P1	0,9	90	0,5	180	45	50	0,5	100	100	4500	0,064	2,88
P2	0,9	90	0,5	180	45	50	0,5	100	100	4500	0,064	2,88
P3	0,9	90	0,5	180	45	50	0,5	100	100	4500	0,064	2,88
P4	0,9	90	0,5	180	45	50	0,5	100	100	4500	0,064	2,88
P5	0,9	90	0,5	180	45	50	0,5	100	100	4500	0,064	2,88
P6	0,9	90	0,5	180	45	50	0,5	100	100	4500	0,064	2,88
P7	1,08	108	0,5	216	54	50	0,5	100	100	5400	0,064	3,45
	17,28											

débit d'équip par parc(l/s)	débit de rampe (m3/h)	Dth ram	D choisi	ΔH simp(m/m)	facteur F	ΔH ramp	Eamon-Eaval	ΔP -ramp	verification vitesse
1,53	0,22	6,779332849	16	0,01135124	0,356	0,19397007	0,25	-0,05602993	0,30504697
1,53	0,22	6,779332849	16	0,01135124	0,356	0,19397007	0,25	-0,05602993	0,30504697
1,53	0,22	6,779332849	16	0,01135124	0,356	0,19397007	0,25	-0,05602993	0,30504697
1,53	0,22	6,779332849	16	0,01135124	0,356	0,19397007	0,25	-0,05602993	0,30504697
1,53	0,22	6,779332849	16	0,01135124	0,356	0,19397007	0,25	-0,05602993	0,30504697
3,19	0,23	6,919127615	16	0,0122367	0,356	0,21781331	0,25	-0,03218669	0,31775726
3,19	0,23	6,919127615	16	0,0122367	0,356	0,21781331	0,25	-0,03218669	0,31775726
3,19	0,23	6,919127615	16	0,0122367	0,356	0,21781331	0,25	-0,03218669	0,31775726
3,19	0,23	6,919127615	16	0,0122367	0,356	0,21781331	0,25	-0,03218669	0,31775726
3,19	0,23	6,919127615	16	0,0122367	0,356	0,21781331	0,25	-0,03218669	0,31775726
3,19	0,23	6,919127615	16	0,0122367	0,356	0,21781331	0,25	-0,03218669	0,31775726
3,19	0,23	6,919127615	16	0,0122367	0,356	0,21781331	0,25	-0,03218669	0,31775726

ΔH reliquat	3,47218669
---------------------	------------

- Dimensionnement des porte-rampes

N°	Parc.serv	longueur	Nrp	débit rampe	Nrp-sim		debit porte rampe	Dth	Dchoisi	ΔH simp(m/m)	facteur F	ΔH porte-ramp	Eamon-Eaval	ΔP -pr	vitesse
P1	S1-1	60	120	0,061	30	31	1,90	19,89	32	0,020255	0,357	0,43385588	0,75	-0,31614412	0,65669835
P2	S1-2	60	120	0,061	30	31	1,90	19,89	32	0,020255	0,357	0,43385588	0,75	-0,31614412	0,65669835
P3	S1-3	60	120	0,061	30	31	1,90	19,89	32	0,020255	0,357	0,43385588	0,75	-0,31614412	0,65669835

P4	S1-4	60	120	0,061	30	31	1,90	19,89	32	0,020255	0,357	0,43385588	0,75	-0,31614412	0,65669835
P5	S2-1	60	120	0,061	30	31	1,90	19,89	32	0,020255	0,357	0,43385588	0,75	-0,31614412	0,65669835
P6	S2-2	60	120	0,061	30	31	1,90	19,89	32	0,020255	0,357	0,43385588	0,75	-0,31614412	0,65669835
P7	S2-3	60	120	0,061	30	31	1,90	19,89	32	0,020255	0,357	0,43385588	0,75	-0,31614412	0,65669835
P8	S2-4	60	120	0,061	30	31	1,90	19,89	32	0,020255	0,357	0,43385588	0,75	-0,31614412	0,65669835
P9	S3-1	49	98	0,061	24,5	25	1,53	17,87	32	0,013634	0,357	0,23850332	0,75	-0,51149668	0,52959544
P10	S3-2	49	98	0,061	24,5	25	1,53	17,87	32	0,013634	0,357	0,23850332	0,75	-0,51149668	0,52959544
P11	S3-3	49	98	0,061	24,5	25	1,53	17,87	32	0,013634	0,357	0,23850332	0,75	-0,51149668	0,52959544
P12	S3-4	49	98	0,061	24,5	25	1,53	17,87	32	0,013634	0,357	0,23850332	0,75	-0,51149668	0,52959544
P13	S4-1	49	98	0,061	24,5	25	1,53	17,87	32	0,013634	0,361	0,24117562	0,75	-0,50882438	0,52959544
P14	S4-2	49	98	0,061	24,5	25	1,53	17,87	32	0,013634	0,361	0,24117562	0,75	-0,50882438	0,52959544
P15	S4-3	49	98	0,061	24,5	25	1,53	17,87	32	0,013634	0,361	0,24117562	0,75	-0,50882438	0,52959544
P16	S4-4	49	98	0,061	24,5	25	1,53	17,87	32	0,013634	0,361	0,24117562	0,75	-0,50882438	0,52959544
P17	S5-1	49	98	0,061	24,5	25	1,53	17,87	32	0,013634	0,361	0,24117562	0,75	-0,50882438	0,52959544
P18	S5-2	49	98	0,061	24,5	25	1,53	17,87	32	0,013634	0,361	0,24117562	0,75	-0,50882438	0,52959544
P19	S5-3	49	98	0,061	24,5	25	1,53	17,87	32	0,013634	0,361	0,24117562	0,75	-0,50882438	0,52959544
P20	S5-4	49	98	0,061	24,5	25	1,53	17,87	32	0,013634	0,361	0,24117562	0,75	-0,50882438	0,52959544
P21	PC1	90	180	0,064	45	46	2,94	24,73	32	0,045135	0,364	1,47863078	0,75	0,72863078	1,01505793
P22	PC2	90	180	0,064	45	46	2,94	24,73	32	0,045135	0,364	1,47863078	0,75	0,72863078	1,01505793
P23	PC3	90	180	0,064	45	46	2,94	24,73	32	0,045135	0,364	1,47863078	0,75	0,72863078	1,01505793
P24	PC4	90	180	0,064	45	46	2,94	24,73	32	0,045135	0,364	1,47863078	0,75	0,72863078	1,01505793
P25	PC5	90	180	0,064	45	46	2,94	24,73	32	0,045135	0,364	1,47863078	0,75	0,72863078	1,01505793
P26	PC6	90	180	0,064	45	46	2,94	24,73	32	0,045135	0,364	1,47863078	0,75	0,72863078	1,01505793
P27	PC7	108	216	0,064	54	55	3,51	27,04	32	0,062706	0,361	2,44477979	0,75	1,69477979	1,21365622

• **Dimensionnement des conduites secondaires**

	porte-rampe	longueur	débit second	Dth	Dchoisi	ΔH simp(m/m)	facteur F	ΔH second	Eamon-Eaval	ΔP -pr	vitesse
AB	S1	240	7,61	39,7874906	50	0,029408623	0,35	2,47032429	1,2	1,27032429	1,07593457
CD	S2	240	7,61	39,7874906	50	0,029408623	0,35	2,47032429	1,2	1,27032429	1,07593457
EF	S3	200	6,13	35,7302214	50	0,019796061	0,35	1,38572427	1	0,38572427	0,86768917
GH	S4	200	6,13	35,7302214	50	0,019796061	0,35	1,38572427	1	0,38572427	0,86768917
IJ	S5	200	6,13	35,7302214	50	0,019796061	0,35	1,38572427	1	0,38572427	0,86768917
KL	PC	400	21,15	66,3458996	75	0,026690572	0,35	3,73668005	2	1,73668005	1,32965331

• **Dimensionnement des conduites principaux**

	porte-rampe	longueur	débit second	Dth	Dchoisi	ΔH simp(m/m)	facteur F	ΔH second	Eamon-Eaval	ΔP -pr	vitesse
CP1	AB-CD	150	15,21	56,2680089	75	0,014556083	0,35	0,76419437	0,25	0,51419437	0,95638629
CP2	EF-GH	300	12,27	50,5301636	75	0,009798253	0,35	1,02881652	0,25	0,77881652	0,77127926
CP3	IJ-KL	150	27,28	75,355339	90	0,017516897	0,35	0,9196371	0,25	0,6696371	1,19117566

X. Annexe 10 : Devis quantitatif et estimatif du projet

A-GENIE CIVIL ET SYSTEME ELECTRIQUE

Prix n°	Désignation	Unit é	Quantit é	Coût Unitaire (en FCFA)	Coût Total(en FCFA)
1	Installation				
1.1	Amené et repli du matériel	ft	1	5 255 000	5 255 000
1.2	Installation chantier	ft	1	3 500 000	3 500 000
1.3	Implantation des réseaux	Ha	18	75 000	1 350 000
1.4	Dossier d'exécution	ft	1	2 500 000	2 500 000
	Total 1				12 605 000
2	Génie civil de la prise				
2.1	Béton armé pour regard de prise	m3	3,75	150 000	562 500
2.2	Déblai pour conduite d'aménée, puits de pompage et fouille de l'abri de la station	m3	57,85	2 500	144 625
2.3	Lit de sable pour conduite	m3	2,6	15 000	39 000
	Sous Total 2				746 125
3	Système photovoltaïque				
3.1	Panneaux photovoltaïques	U	25	200 000	5 000 000
3.2	Packs de Batteries de 48 volts 3500AH	U	12	300 000	3 600 000
3.3	Régulateur de charge 300A	U	24	100 000	2 400 000
3.4	Convertisseur	U	2	15 000 000	30 000 000
3.5	Accessoires et support (câbles....)	FT	1	5 000 000	5 000 000
3,6	Magasin (local pour batteries, stockage), aires de séchage et grillage	FT	1	3 000 000	3 000 000
	Total 3				49 000 000

4	Réseau de distribution				
4.1	Conduite principale, secondaires et tertiaires				
4.2	Déblai pour conduite	m3	675,83	2 500	1 689 575
4.3	Lit de sable pour conduite	m3	12,26	15 000	183 900
4.4	remblai de tranchée	m3	675,83	2 500	1 689 575
4.5	Butées sur conduite principale	Ft	1	1 000 000	1 000 000
4.6	Regards de prises y compris dallettes	U	6	250 000	1 500 000
	Total 4				6 063 050
5	Réseau de drainage				
5.1	Déblai pour drains	m3	1654,1	3 000	4 962 390
5.2	Fossée triangulaire de 30cm de profondeur de talus 1/1	ml	7427	1 000	7 427 000
5.3	Béton ordinaire de blocage de perré	m3	13	100 000	1 300 000
5.4	Perré sec pour rencontres de drains	m2	152	8 000	1 216 000
	Total 5				14 905 390
7	Travaux complémentaires				
7.1	Labour des parcelles	ha	17,8	50 000	890 000
7.2	Débroussaillage	ha	17,8	200 000	3 560 000
7.3	Planage sommaire à la parcelle	ha	17,8	100 000	1 780 000
	Total 8				6 230 000
	Total A				89 549 565

B-CONDUITES ET SYSTÈME DE GOUTTEURS

Prix n°	Désignation	Unité	Quantité	Coût Unitaire (en FCFA)	Coût Total(en FCFA)
1	POMPAGE				
1.1	Pompe électrique horizontale 520m ³ /h à 40 m HMT	u	2	6 500 000	13 000 000
1.2	Crépine et Clapet de pied 8"		2	654 550	1 309 100
1.3	Tube PVC DN 315/PN10 avec brides (barre de 8,85m)		12	68 370	820 440
1.4	Ventouse Combinée 2"		2	52 014	104 028
1.5	Vanne à boule 2" M*F		2	36 736	73 472
1.6	Ensemble Manifold acier epoxy 8"/6" en station		2	4 507 085	9 014 170
1.7	Absorbeur de choque 6"		2	89 145	178 290
1.8	Clapet anti-retour 6"		2	447 393	894 786
1.9	Vanne papillon 6"		2	232 938	465 876
1.10	Vanne de recharge rapide 4"		1	443 069	443 069
1.11	Ensemble manifolds 10" en station de contrôle		1	3 128 413	3 128 413
1.12	Flotteur de pompage		1	25 000	25 000
	Accessoires et pièces spéciales de mise en œuvre		1	2 945 664	2 945 664
	TOTAL 1				32 402 308
2	FILTRATION PRIMAIRE				
2.1	Batterie complète de filtration à sable avec contre lavage automatique type F-660x5		1	10 000 000	10 000 000
2.2	Accessoires de mise en œuvre		1	500 000	500 000
	TOTAL 2				10 500 000

3	STATION DE CONTRÔLE					
3.1	Vanne de régulation aval 10"		1	2 155 789	2 155 789	
3.2	Ventouse Combinée 2"		1	34 853	34 853	
3.3	Vanne à boule 2" M*F		1	36 736	36 736	
3.4	Vanne papillon 10"		1	538 340	538 340	
3.5	Compteur ultra son octave 10"		1	2 436 581	2 436 581	
3.6	Accessoires et pièces spéciales de mise en œuvre		1	520 224	520 224	
	TOTAL 3				5 722 523	
4	CONDUITES PRINCIPALES					
4.1	PVC 75/PN6 à coller		7	3 210	22 470	
4.2	PVC 90/PN6 à coller		3	7 000	21 000	
4.3	Ventouse Combinée 4"		12	52 014	624 168	
4.4	Vanne à boule 4" M*F		4	36 736	146 944	
4.5	Prises pour secondaire comprenant (un té, un réducteur, une vanne de régulation à 0,7b, avec accessoires, un Compteur volumétrique, un Clapet anti retour aux diamètres convenants)	U	3	500 000	1 500 000	
4.6	Prises pour rampes portes lignes de goutteurs (un té, un réducteur, un mètre de conduites, trois té et quatre vannes aux diamètres convenants)	U	12	150 000	1 800 000	
4.7	Accessoires et pièces spéciales de mise en œuvre		1	2 500 000	2 500 000	
	TOTAL 4				6 614 582	

5	VANNES- FILTRATION- ACCESSOIRES				36 531 181
5.1	Vanne de régulation aval plastique 2" électrique DC		25	154 023	3 850 575
5.2	Filtre à disque 3" à 130 microns		12	231 110	2 773 320
5.3	Filtre à disque 3" super angle 130 microns		2	435 703	871 406
5.4	Vanne à boule 2" M*F		2	36 736	73 472
5.5	Vanne papillon 3"		12	151 841	1 822 092
5.6	Ventouse combinée 1"		84	11 008	924 672
5.7	Ventouse combinée 2"		0	15 210	-
5.8	Injecteur venturi 3/4 0.9 F		84	37 336	3 136 224
5.9	Injecteur engrais venturi 3/4" complet		12	75 000	900 000
5.10	Accessoires et pièces spéciales de mise en œuvre		1	2 000 000	2 000 000
	TOTAL 5				16 351 761
6	PORTE-RAMPES EN PVC				
6.1	PVC DN32		3 432	1 250	4 290 000
6.5	Accessoires et pièces spéciales de mise en œuvre		1	5 210 717	5 210 717
	TOTAL 6				9 500 717
7	GOUTTE A GOUTTE				
7.1	Lignes de goutteurs 2,3l/h espacement 0,5m épaisseur 1mm Pression de Service 0,7b		47 224	881,4	41 623 586
7.2	Tuyaux PVC 16/PN4		392	203	79 495
7.3	Accessoires de mise en œuvre (connecteurs,bouchons, raccords...)		1	5 450 000	1 668 123
	TOTAL 7				43 371 204

8	AUTOMATISME						
8.1	Controleur NMC Pro		1	2 277 101	2 277 101		
8.2	Unité centrale radio complète		2	2 911 667	5 823 334		
8.3	Radio transmetteur à 2 sorties/ 1 entrée		2	546 020	1 092 040		
8.4	Carte expesion radio 2 sorties /2 entrées		48	55 274	2 653 152		
8.5	Antenne Radio 1 par radio		12	101 191	1 214 292		
8.6	Kit panneau solaire (1 par radio transmetteur)		6	228 450	1 370 700		
8.7	Batteries 6V pour solaire		6	8 825	52 950		
8.8	Accessoires de mise en œuvre		1	853 686	724 178		
	TOTAL 8				15 207 747		
	TOTAL GENERAL B				139 670 843 CFA		
	TOTAL GENERAL A+B HT-HD					229 220 408 CFA	
	PRIX A L'HECTARE HT-DH					12 877 551 CFA	
	TOTAL GENERAL A+B TTC (+18 %)					270 480 081 CFA	
	PRIX A L'HECTARE TTC					15 195 510 CFA	

XI. Annexe 11 : Rendement des cultures par campagne**Sous serre**

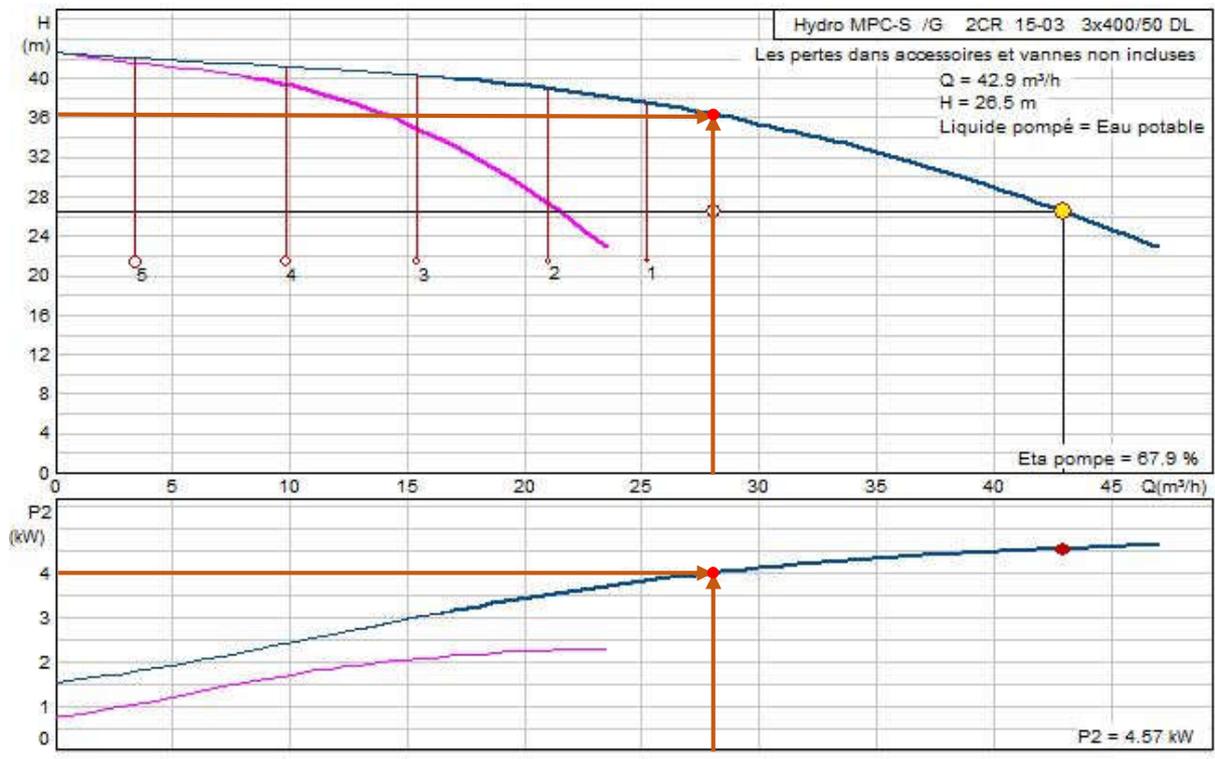
Poivron				
Rendement t/ha	Surface ha	Prix de vent au kg	Production t	Prix de vente
80	1,6	1 000	128	128 000 000 FCFA
Concombre				
Rendement t/ha	Surface ha	Prix de vent au kg	Production t	Prix de vente
100	1,2	350	120	42 000 000 FCFA
Tomate				
Rendement t/ha	Surface ha	Prix de vente au kg	Production t	Prix de vente
145	8	250	1160	290 000 000 FCFA
Revenus/ campagne FCFA	460 000 000 FCFA			

Plein champ

Poivron				
Rendement t/ha	Surface ha	Prix de vent au kg	Production t	Prix de vente
19,9	1,8	800	35,82	28 656 000 FCFA
Concombre				
Rendement t/ha	Surface ha	Prix de vent au kg	Production t	Prix de vente
20	1,8	300	36	10 800 000 FCFA
Tomate				
Rendement t/ha	Surface ha	Prix de vente au kg	Production t	Prix de vente
50	2,88	200	144	28 800 000 FCFA
Revenus/ campagne FCFA	68 256 000 FCFA			

REVENUS TOTAUX / CAMPAGNE**528 256 000 FCFA**

XII. Annexe 12 : Caractéristique de la pompe Hydro MPC-S /G 2CR 15-03 3x400/50 DL

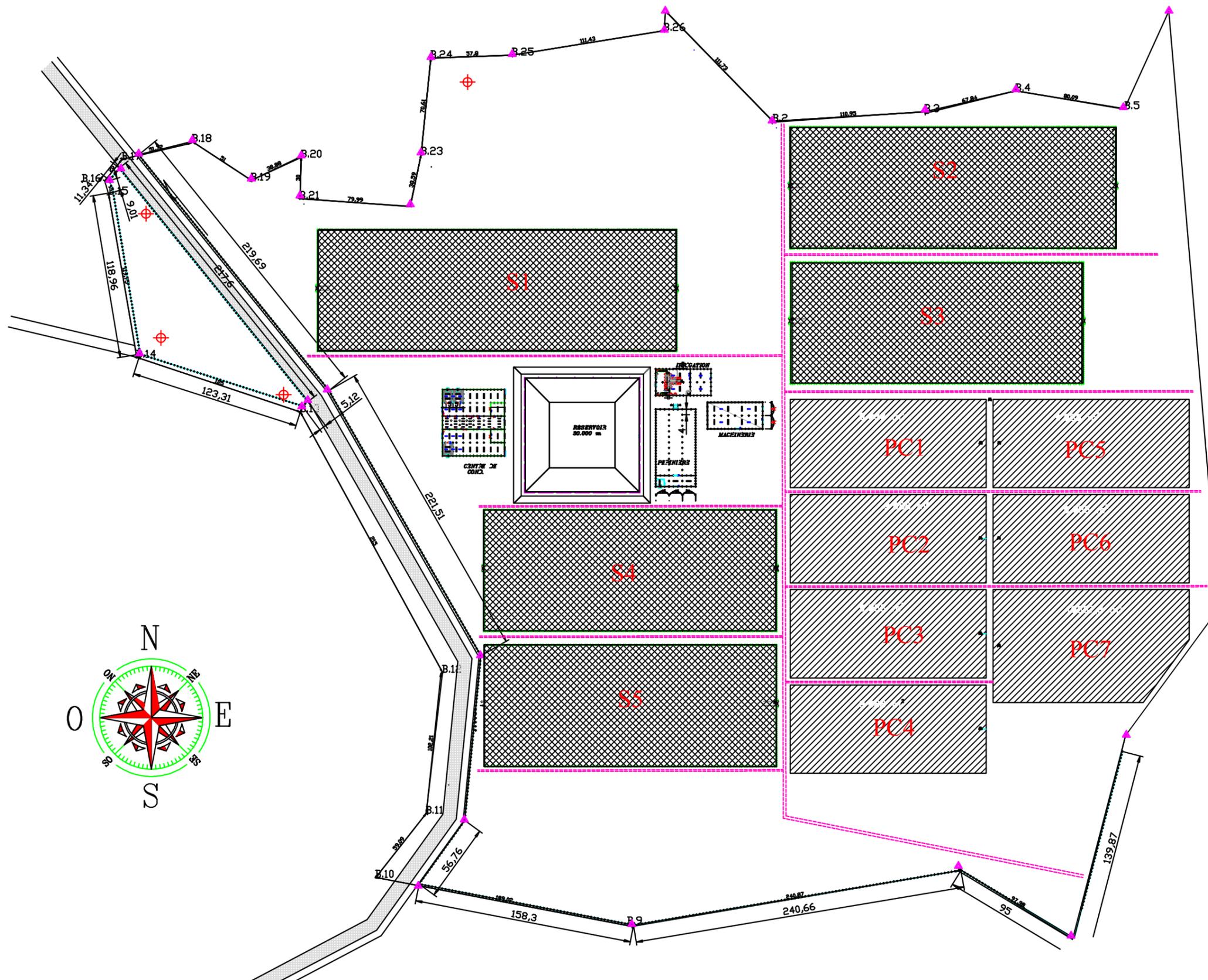


XIII. Annexe 13 : Dimensionnement des drains et de la colature principale

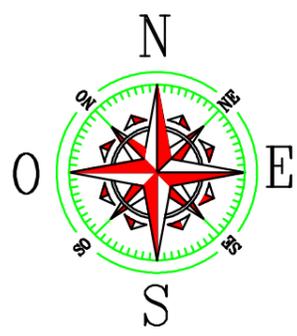
Drain	k1	k2	d (m)	h (m)	L (m)	q (mm/j)			
D1	0,0086806	0,0040509	5	0,5	110	2,93656E-05			
D2	0,0086806	0,0040509	5	0,5	110	2,93656E-05			
D3	0,0086806	0,0040509	5	0,5	110	2,93656E-05			
D4	0,0086806	0,0040509	5	0,5	110	2,93656E-05			
D5	0,0086806	0,0040509	5	0,5	110	2,93656E-05			
D6	0,0086806	0,0040509	5	0,5	100	3,55324E-05			
D7	0,0086806	0,0040509	5	0,5	100	3,55324E-05			
D8	0,0086806	0,0040509	5	0,5	100	3,55324E-05			
D9	0,0086806	0,0040509	5	0,5	100	3,55324E-05			
Longueur total du drain collecteur (m)			820						
Troncons	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9
L (m)	250	250	210	210	210	220	220	220	110
l (m)	110	110	110	110	110	100	100	100	100
Cr (%)	30	30	30	30	30	30	30	30	30
t (h)	24	24	24	24	24	24	24	24	24
P10 (mm)	120	120	120	120	120	120	120	120	120
Débit (m3/s)	1,15	2,29	3,25	4,22	5,18	6,10	7,01	7,93	8,39
I (%)	1,00%	1,00%	1,00%	1,00%	1,00%	1,00%	1,00%	1,00%	1,00%
m	1,75	1,75	1,75	1,75	1,75	1,75	1,75	1,75	1,75
Ks	40	40	40	40	40	40	40	40	40
Revanche R (m)	0,9977195	1,136192	1,2134046	1,2738108	1,3238748	1,3649504	1,4012781	1,4339313	1,4491198
y (m) économique	0,55	0,71	0,81	0,89	0,96	1,02	1,08	1,13	1,15
b (m) économique	0,29	0,38	0,43	0,47	0,51	0,54	0,57	0,60	0,61
H total (m)	2,4								
B (m)	0,6								
V(0,6 - 0,9 m/s)	0,10	0,20	0,29	0,38	0,46	0,54	0,62	0,71	0,75

XIV. Annexe 14 : Plan de l'aménagement

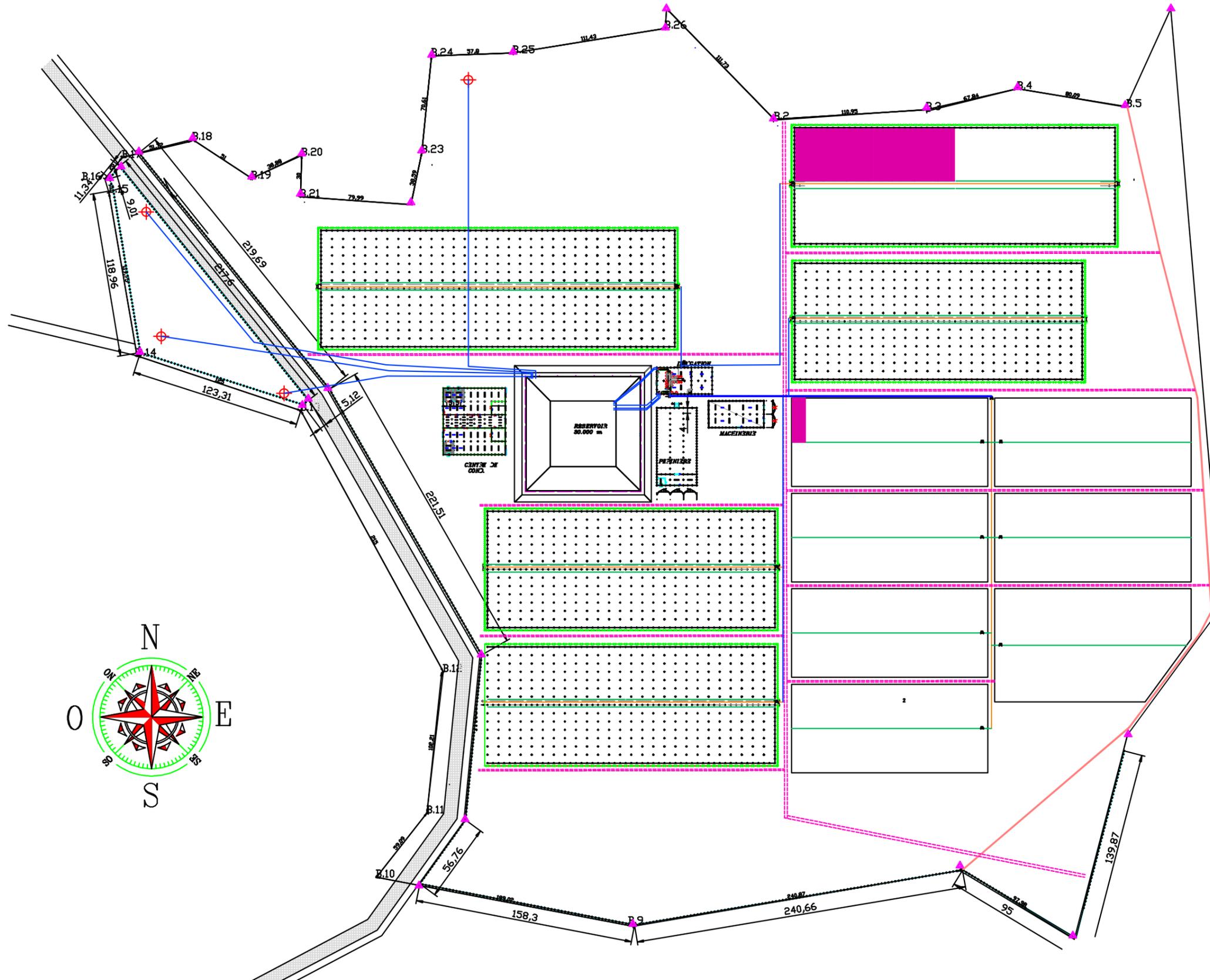
- **Plan de masse du périmètre**
- **Plan des réseaux du périmètre**
- **Plan parcellaire**



LEGENDE	
	Hangar
	Forage
	Borne
	Vanne
	Piste
	limite de parcelle
	Serre
	Drains
	Plein champ

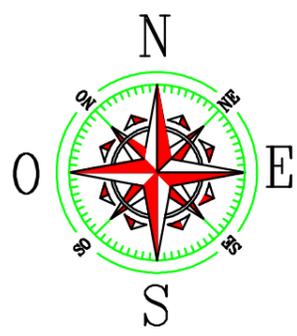


SENEGAL	
Un Peuple-Un But-Une Foi	
AMENAGEMENT DE DAT A THIES	
PLAN DE MASSE	
PLAN N° 1	MEMOIRE DE FIN D'ETUDES
ECHELLE : 1/200	
DATE	OCTOBRE 2016
PROMOTEUR	DOMAINE AGRICOLE D THIES
DESSINATEUR	TOGUYENI Ernest Joel

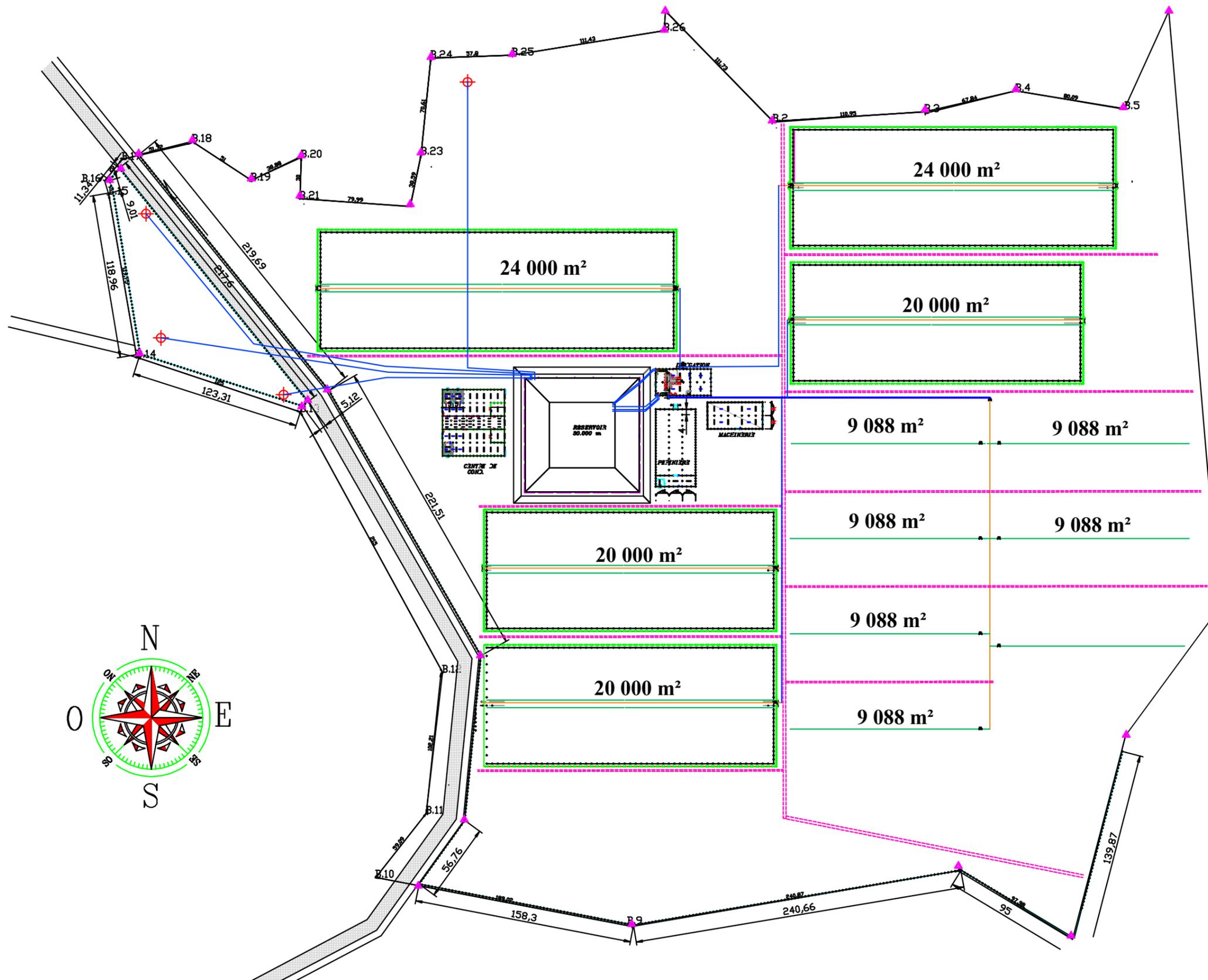


LEGENDE

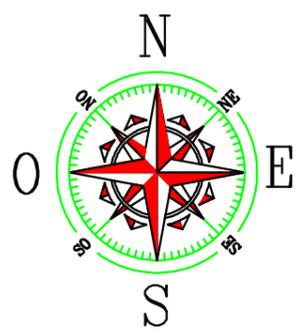
	Hangar
	Forage
	Borne
	Vanne
	Piste
	limite de parcelle
	Serre
	Drains
	Conduite principale
	Conduite secondaire
	Porte-rampe
	Rampe



BURKINA FASO	
Unité-Progrès-Justice	
AMENAGEMENT DE DAT A THIES	
PLAN DU RESEAU	
PLAN N° 2	MEMOIRE DE FIN D'ETUDES
ECHELLE : 1/200	
DATE	OCTOBRE 2016
PROMOTEUR	DOMAINE AGRICOLE D' THIES
DESSINATEUR	TOGUYENI Ernest Joel



LEGENDE	
	Hangar
	Forage
	Borne
	Vanne
	Piste
	limite de parcelle
	Serre
	Drains
	Conduite principale
	Conduite secondaire
	Porte-rampe
	Rampe



BURKINA FASO	
Unité-Progrès-Justice	
AMENAGEMENT DE DAT A THIES	
PLAN PARCELLAIRE	
PLAN N° 3	MEMOIRE DE FIN D'ETUDES
ECHELLE : 1/200	
DATE	OCTOBRE 2016
PROMOTEUR	DOMAINE AGRICOLE D' THIES
DESSINATEUR	TOGUYENI Ernest Joel