



**DIAGNOSTIC ET FORMULATION DE PROPOSITIONS  
D'AMELIORATION DE PETITS PERIMETRES MARAICHERS  
DANS LE BAM**

MEMOIRE POUR L'OBTENTION DU DIPLOME D'INGENIEUR 2iE AVEC GRADE DE  
MASTER EN GENIE CIVIL ET HYDRAULIQUE  
SPECIALITE : INFRASTRUCTURES ET RESEAUX HYDRAULIQUES

-----

Présenté et soutenu publiquement le 24 janvier 2020 par

**Hubert Nandibsom NABALOUM 20160366**

**Encadrant 2iE : Dr Amadou KEITA, Enseignant-Chercheur 2iE**

**Maître de stage : DEMBELE Kalifa,  
Ingénieur Développement rural Self Help Africa**

Jury d'évaluation du stage :

Président : **Dr. Dial NIANG** ; Enseignant-chercheur à 2iE

Membres et correcteurs : **Dr Vivien Chaim DOTO** ; Enseignant-chercheur à 2iE  
**Mr Boubé BASSIROU** ; Enseignant-chercheur à 2iE

**Promotion [2019/2020]**



## DEDICACES

Je dédie ce mémoire à toutes les **mères du milieu rural** qui travaillent la terre pour le bien-être de leurs familles.



*Photo prise le 22 janvier 2019 sur le site maraicher de Piténga dans le Bam*

## REMERCIEMENTS

Ce travail n'aurait pas vu le jour sans les conseils et les différents apports de certaines personnes auxquelles nous adressons ici nos sincères remerciements.

Nous remercions particulièrement :

- ✓ Le corps professoral de 2iE pour la qualité de l'enseignement et la compétitivité de la formation reçue.
- ✓ Mon encadrant interne, Dr Amadou KEITA enseignant-chercheur à 2iE pour sa supervision des travaux de terrains, ses conseils dans le traitement des données et ses recommandations pour la qualité du présent document.
- ✓ M. BOUBE Bassirou pour ses conseils et sa supervision des travaux de terrain.
- ✓ M. Jean Philippe JARRY, Directeur Pays Welthungerhilfe et tous ses collaborateurs, pour m'avoir bien accueilli dans les locaux de l'ONG Welthungerhilfe.
- ✓ Mon encadrant externe M. Kalifa DEMBELE pour ses conseils sur la qualité du document et sa disponibilité pour tous nos besoins logistiques et financiers lors des travaux de terrain.
- ✓ Mme. SONDO Rasmata chargée de programme Welthungerhilfe du Bam ainsi que son équipe pour leur soutien pour la reconnaissance des sites et la prise de contact avec les producteurs.
- ✓ M. Julien Kouka SAWADOGO Président de l'association PER (Projet Ecologique et Reboisement) pour son écoute attentive à nos préoccupations durant nos travaux dans le Bam.
- ✓ A tous les producteurs des sites de Ansouri, Rouni et Raka pour leur écoute favorable aux différentes questions.

A tous ceux qui, de près ou de loin, de n'importe quelle manière que ce soit, ont contribué à l'élaboration de ce document.

## RESUME

Le présent rapport donne les résultats d'un diagnostic sur les périmètres maraichers de Ansouri, de Rouni et de Raka dans le Bam. Le diagnostic fait ressortir un fonctionnement difficile des périmètres. La ressource en eau qui est constituée de puits n'est pas pérenne. Les essais de pompage montrent une faible productivité. De plus, la majorité des puits tarissent courant janvier-février. Pour faciliter le pompage, chaque périmètre est équipé de deux pompes solaires accompagnées d'un panneau photovoltaïque de 315W. Si la puissance du panneau est satisfaisante, il est fragile du fait qu'il est mobile et n'est pas toujours bien orienté à la bonne direction. Quant aux pompes, un problème technique se pose. Elles sont de la catégorie des pompes de surface et ne sont pas adaptées aux puits à grande profondeur, puisque la hauteur maximale d'aspiration desdites pompes est de 6m.

Les réservoirs prismatiques réalisés pour le stockage et la réduction de la pénibilité de l'arrosage présentent aussi quelques défaillances. En plus des fuites durant le stockage, le muret d'environ 1m constitue un obstacle durant le puisage.

Toutes ces difficultés conjuguées avec la faible surface à exploiter (1ha pour 50 exploitants) entraînent des revenus faibles par exploitant. Seuls les producteurs du site de Raka peuvent envisager des revenus nets moyens excédents 50 000 FCFA.

Face à ce fonctionnement difficile, les producteurs restent déterminés à atteindre la résilience et sont très réceptifs aux propositions d'amélioration des périmètres. Ainsi, la mobilisation des eaux de forages est une excellente alternative pour résoudre le manque d'eau. Avec un forage (10m<sup>3</sup>/h) équipé d'un pompage solaire, il est possible d'envisager le développement de 10 ha pour 40 producteurs et par site avec un système d'irrigation par micro-aspersion. Cette proposition coutera 9 809 881FCFA/ha sans la source d'eau et le système de pompage. Comme avantage, elle rapportera des revenus nets de 2 867 250FCFA par producteur pour deux campagnes dans une saison.

---

### **Mots clés :**

**1 - Aspersion**

**2 - Bam**

**3 - Diagnostic**

**4 - Irrigation**

**5 - Tomate**

## **ABSTRACT**

This report gives the results of a diagnosis on market gardening perimeters of Ansouri, Rouni and Raka in Bam. The diagnosis reveals a difficult operation of the perimeters. The water resource that is provided by wells is not sustainable. Pumping tests show low productivity (daily volume  $\leq 7\text{m}^3 / \text{d}$ ). In addition, most of the wells dry up during January-February. To facilitate pumping, each perimeter is equipped with two solar pumps accompanied by a 315W photovoltaic panel. If the power of the panel is satisfied, it is brittle because it is mobile and is not always well oriented in the right direction. With regard to the pumps, a technical problem arises. They are in the category of surface pumps and are not adapted for wells at great depth since the maximum suction height of said pumps is 6m.

The prismatic tanks made for storage and the reduction of the difficulty of watering also have some failures. In addition to leakage during storage, the wall of about 1m is an obstacle during the drawing.

All these difficulties combined with the small area per producer (1 ha per 50 farmers) result in low incomes per farmer. Only producers of Raka site can consider average net income exceeding XOF 50,000.

Faced with this difficult operation, producers remain determined to achieve resilience and are very receptive to proposals for improvement of perimeters. Thus, the mobilization of boreholes is an excellent alternative to solve the lack of water. With borehole ( $10\text{m}^3/\text{h}$ ) equipped with solar pumping, it is possible to envisage the development of 10 ha for 40 producers and per site with a micro-sprinkler irrigation system. This proposal will cost 9 809 881XOF / ha without the water source and the pumping system. As an advantage, it will bring net income of 2 867 250 XOF per producer for two seasons in a year.

---

### **Key words:**

**1 - Aspersión**

**2 - Bam**

**3 - Diagnosis**

**4 - Irrigation**

**5 – Tomato**

## LISTE DES ABREVIATIONS

- 2iE** : Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement
- BRACED** : Programme de Construction de la Résilience et l'Adaptation aux Extrêmes Climatiques et aux Catastrophes
- CIEH** : Comité Interafricain d'Etudes Hydrauliques
- DN** : Diamètre Nominal
- ETo** : Evapotranspiration de référence
- ETM** : Evapotranspiration Maximale
- FAO**: Food and Agriculture Organization
- FCFA** : Franc de la Communauté Financière Africaine
- GPS**: Global Positioning System
- HMT** : Hauteur Manométrique Totale
- IST** : Infection Sexuellement Transmissible
- K<sub>c</sub>** : Coefficient cultural
- MST** : Maladie Sexuellement Transmissible
- ONG** : Organisation Non Gouvernementale
- PE** : Polyéthylène
- PEDD** : Plan d'Environnement pour le Développement Durable
- PEHD** : Polyéthylène haute densité
- PNE** : Politique Nationale d'Environnement
- PER** : Projet Ecologique et Reboisement
- PRP** : Projet Riz Pluvial
- PIB** : Produit Intérieur Brut
- TN** : Terrain Naturel
- SPAW**: SOILS PLANTS AND WATER
- WHH**: Welthungerhilfe
- XOF** : code ISO 4217 du FCFA

## SOMMAIRE

Dédicaces.....	ii
Remerciements .....	iii
Résumé.....	iv
ABSTRACT.....	v
liste des abréviations .....	vi
Sommaire.....	1
LISTE DES TABLEAUX.....	3
LISTE DES FIGURES .....	5
I. Introduction.....	6
II. Présentation de la structure d'accueil et de la zone d'étude .....	7
II. 1. Présentation de la structure d'accueil .....	7
II. 2. Présentation de la zone d'étude .....	7
II. 3. Présentation de l'étude et justification.....	10
III. Matériels, méthodes et hypothèse de calcul .....	13
III. 1. Matériels.....	13
III. 2. Méthodologie et hypothèses de calcul.....	14
IV. Résultats et discussions .....	28
IV. 1. La disponibilité de la ressource en eau .....	28
IV. 2. Inventaire des équipements du réseau d'irrigation et de drainage .....	29
IV. 3. Étude de l'adéquation de l'arrosage .....	31
IV. 4. La fonctionnalité des infrastructures et équipements d'irrigation sur les sites .....	32
IV. 5. Evaluation du rendement.....	34
IV. 6. Compte d'exploitation de quelques producteurs par site .....	35
IV. 7. Le point sur les infrastructures de conservation de la production.....	36
IV. 8. Le statut foncier.....	37
IV. 9. Proposer des thèmes de formation et des spéculations pour les producteurs.....	37
IV. 10. Conception d'un système d'irrigation moderne de 10ha et adapté pour chaque périmètre.....	38
V. Etude d'impact environnemental.....	50
V. 1. Revue du cadre juridique et institutionnel.....	50
V. 2. Description de l'état initial du milieu biophysique et humain .....	51
V. 3. Analyse des impacts du projet .....	51
V. 4. Mesure de gestion des impacts environnementaux et sociaux .....	53

VI. Evaluation de la rentabilité du projet .....	54
VI. 1. Devis quantitatif et estimatif du projet.....	55
VI. 2. Compte d'exploitation et rentabilité de l'aménagement de 2ha.....	56
VII. Conclusion .....	58
VIII. Recommandations .....	59
<b>Bibliographie</b> .....	<b>60</b>
IX. Annexes.....	61

## **LISTE DES TABLEAUX**

Tableau 1 Données climatiques à Kongoussi.....	10
Tableau 2 Paramètres cultureux de la tomate.....	20
Tableau 3 Production journalière des puits .....	28
Tableau 4 Rabattement et remontée des puits après pompage.....	28
Tableau 5 Adéquation entre arrosage et besoin en eau de pointe .....	32
Tableau 6 Grandeurs de base d'irrigation .....	38
Tableau 7 Rampes en fonctionnement simultané à Ansouri et à Rouni.....	40
Tableau 8 Rampes en fonctionnement simultané à Raka.....	41
Tableau 9 Rampes en fonctionnement simultané à Ansouri et à Rouni.....	43
Tableau 10 Rampes en fonctionnement simultané à Raka.....	43
Tableau 11 Conduites Ansouri et Rouni .....	43
Tableau 12 Conduites, Raka.....	44
Tableau 13 Pertes de charges Ansouri; .....	44
Tableau 14 Pertes de charges, Rouni .....	45
Tableau 15 Pertes de charges, Raka .....	46
Tableau 16 matrice numérique d'évaluation des impacts.....	51
Tableau 17 Matrice de Fecteau pour l'évaluation de l'importance des impacts .....	52
Tableau 18 Compte d'exploitation du périmètre par hectare.....	56
Tableau 19 Coordonnées des équipements et infrastructures sur les sites .....	62
Tableau 20 Quantité d'eau utilisée pour l'arrosage.....	64
Tableau 21 Rendement de l'oignon .....	65
Tableau 22 Rendement du chou .....	65
Tableau 23 Données d'infiltration du point 6 à Raka.....	68
Tableau 24 Etude du sol des sites du projet .....	70
Tableau 25 Les valeurs de la disposition carré.....	71
Tableau 26 Les valeurs de la disposition rectangle.....	71
Tableau 27 Besoins estimés sur pour le site de Rouni .....	71
Tableau 28 Besoins estimés pour le site de Ansouri.....	72
Tableau 29 Besoins estimés sur le site de Raka .....	72
Tableau 30 Calendrier d'arrosage à Ansouri et à Rouni.....	73
Tableau 31 Calendrier d'arrosage à Raka .....	73
Tableau 32 Volume du réservoir sur le site de Ansouri et Rouni .....	77

Tableau 33 Nombre batteries à Ansouri et à Rouni .....	78
Tableau 34 Nombre de panneaux solaires à Ansouri et à Rouni.....	79
Tableau 35 Devis estimatif travaux de réalisation de l'aménagement .....	81

## LISTE DES FIGURES

Figure 1 Localisation des sites d'étude .....	8
Figure 2 Localisation de 10 sites du programme BRACED dans les zones climatiques du Burkina Faso .....	9
Figure 3 Graphes extraits de la méthode CIEH des essais de puits, KEITA, A. (2005). Les petits systèmes d'irrigation à faible coût en Afrique Soudano Sahélienne.....	17
Figure 4 Flux entrant, Flux sortant et détermination du stock d'une grandeur extensive S .....	24
Figure 5 Processus de stockage/déstockage et détermination du stock S .....	24
Figure 6 Schémas synoptique des flux de puissance.....	25
Figure 7 Carte du périmètre de Raka.....	30
Figure 8 Arziki réalisé par le projet BRACED pour la conservation d'oignon bulbe .....	36
Figure 9 Silo en paillote pour la conservation d'oignon bulbe .....	37
Figure 10 Configuration du système (10ha).....	40
Figure 11 Configuration du système de Ansouri .....	42
Figure 12 carnets des nœuds .....	55
Figure 13 Détails des pièces de raccordement des nœuds B, C, D, E.....	55
Figure 14 Détails des pièces de raccordements des nœuds F, G, H, I, J, K, L, M.....	56
Figure 15 Carte du périmètre de Ansouri.....	63
Figure 16 Cartes du périmètre de Rouni .....	63
Figure 17 Compte d'exploitation du périmètre de Ansouri .....	66
Figure 18 Compte d'exploitation du périmètre de Rouni .....	66
Figure 19 Compte d'exploitation du périmètre de Raka.....	67
Figure 20 Extrait minitab : résultat régression linéaire .....	69
Figure 21 Extrait SPAW : Caractérisation du type de sol en fonction de Ksat.....	70
Figure 22 Photo asperseur .....	71
Figure 23 Calendrier d'exploitation de l'oignon .....	74
Figure 24 Configuration du système de Rouni.....	74
Figure 25 Configuration du système de Raka .....	75
Figure 26 Rotation des rampes en période de pointe .....	76
Figure 27 Point de fonctionnement de la pompe.....	80

## **I. INTRODUCTION**

L'agriculture est la principale activité génératrice de revenus au Burkina Faso. Elle représente en effet 45 % du PIB et près de 17.2 millions de la population vivent de l'agriculture au Burkina Faso. Néanmoins, elle est confrontée à de nombreuses difficultés telles que les changements climatiques, la faible mécanisation de la production et la faible intégration des nouvelles technologies d'irrigation. Toutes ces difficultés ont pour conséquences : l'insécurité alimentaire et la pauvreté.

Pour pallier ou remédier ce phénomène, le gouvernement se fait aider par des ONGs à travers la création et le financement de programmes axés sur la sécurisation alimentaire et la résilience aux effets négatifs du changement climatique. C'est dans ce cadre que nous avons été retenus par la Welthungerhilfe (WHH) pour une étude d'aménagement hydroagricole dans la province du Bam. Ce travail s'inscrit dans le cadre de notre mémoire de fin de cycle auprès de l'Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement (2iE). Il s'agit concrètement pour nous d'effectuer un diagnostic du fonctionnement technico-économique des périmètres aménagés dans le cadre du programme BRACED. Le programme a aménagé 14 périmètres maraichers repartis dans les 9 communes de la province du Bam. En concertation avec le partenaire local (Projet Ecologique et Reboisement PER) dans le Bam, nous avons retenu les sites de Ansouri, de Rouni et de Raka pour mener notre étude. Chaque site a une superficie de 1ha pour 50 exploitants en moyenne. Les femmes représentent 95% des exploitants.

Dans la suite de ce document, nous présenterons d'abord les généralités et les objectifs du programme. Ensuite, nous présenterons les méthodes et les matériels réunis pour accomplir le travail. En outre, nous donnerons les résultats obtenus. Enfin nous formulerons des recommandations pour la pérennisation des acquis du programme.

## **II. PRESENTATION DE LA STRUCTURE D'ACCUEIL ET DE LA ZONE D'ETUDE**

### **II. 1. Présentation de la structure d'accueil**

Ancienne Agro Action Allemande (AAA), la Welthungerhilfe (WHH) est une organisation non gouvernementale. Avec plus de 40 ans d'expérience au Burkina Faso, elle opère dans plusieurs pays d'Afrique, d'Asie, et d'Amérique latine. Son principal champ d'action est le développement rural à travers :

- Le développement de l'agriculture ;
- La création de micro-commerce ;
- La réalisation d'infrastructure sanitaire ;
- La mise en place de stratégie de lutte contre la migration ;
- La mise en place de stratégie de résilience d'adaptation et de résilience aux extrêmes climatiques.

### **II. 2. Présentation de la zone d'étude**

#### **II. 2. 1. Situation géographique**

L'étude porte sur trois périmètres (Raka, Ansouri et Rouni) maraichers situés dans les communes de Rouko et de Tikaré. Ces deux communes sont des 9 qui forment la province du Bam. Notons que la province du Bam est dans la région du Centre-Nord du Burkina Faso. La Figure 1 ci-dessous présente la localisation des sites dans le pays et dans la province du Bam.

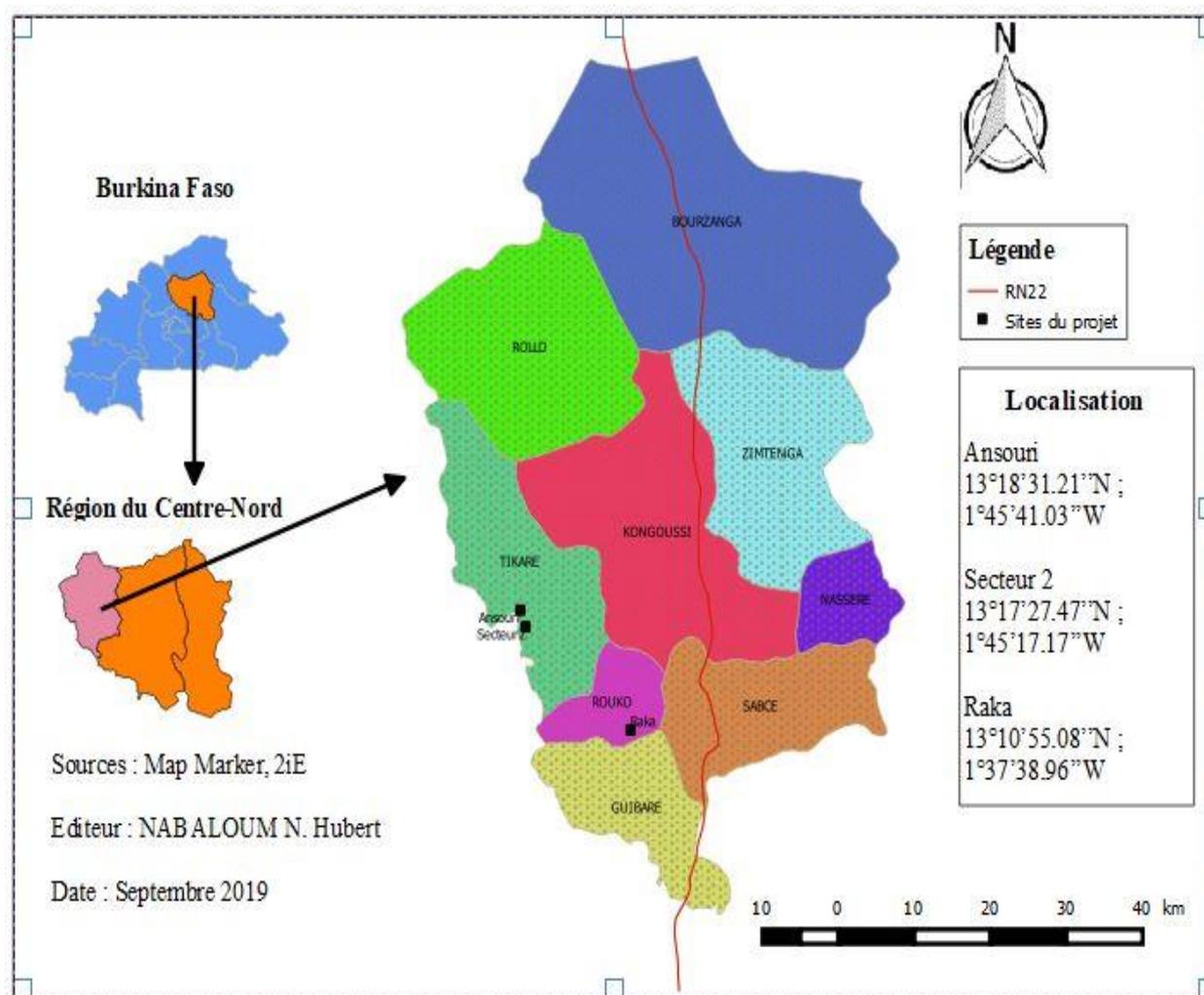


Figure 1 Localisation des sites d'étude

## II. 2. 2. Climat

Le climat du Burkina Faso se caractérise de façon générale par l'alternance d'une saison humide et d'une saison sèche. La saison humide débute de façon progressive entre mai et juin, mais sa fin intervient de façon brutale entre la fin du mois de septembre et la mi-octobre. La pluviométrie est caractérisée par de fortes variabilités interannuelles et spatio-temporelles. Elle présente depuis une quarantaine d'années, une tendance à la baisse avec une diminution des pluies supérieures à 40 mm.

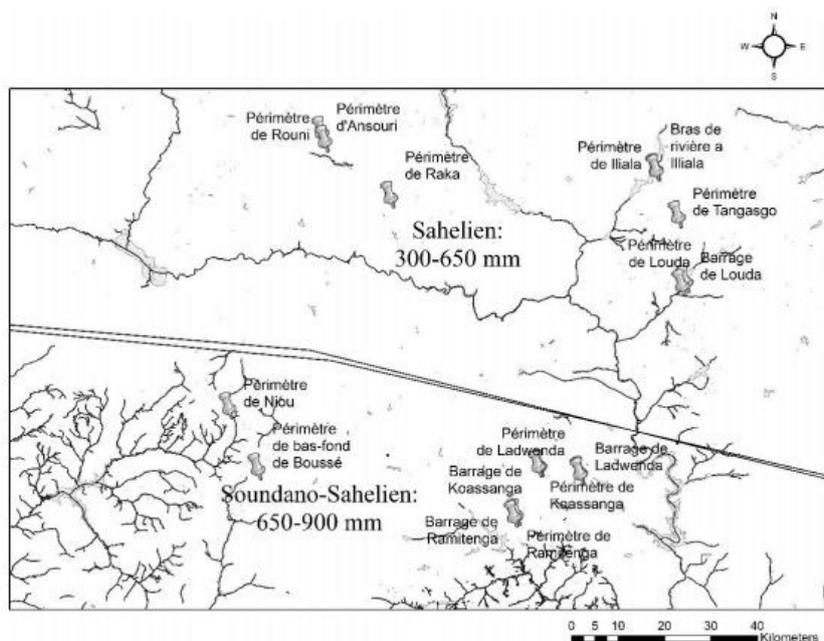
Du Nord au Sud, on distingue globalement trois grandes zones climatiques : le climat sahélien, le climat soudano sahélien et le climat soudanien.

Les communes de Rouko et de Tikaré, zone d'intervention de la présente étude, ont un climat tropical de type sahélien (caractérisé par des variations pluviométriques considérables) avec deux saisons très contrastées :

- La saison des pluies entre juin et septembre (90% de la pluie annuelle) au cours de

laquelle, il est enregistré en moyenne moins de 600 mm par an ;

- La saison sèche entre octobre et mai durant laquelle souffle l'harmattan, un vent chaud et sec, originaire du Sahara.



**Figure 2 Localisation de 10 sites du programme BRACED dans les zones climatiques du Burkina Faso**

### **II. 2. 3. Pluie et ETo**

De façon générale, la pluviométrie au Burkina varie d'à peine 300 mm à 650mm dans le Sahel et plus de 1200 dans l'extrême sud-ouest du pays.

Pour les besoins de l'étude, la station pluviométrique la plus proche du site d'étude et disposant de données fiables sur une longue période est celle de Kongoussi et la station synoptique utilisée est celle de Ouahigouya. Les moyennes enregistrées à ces stations sur 40 ans se présentent comme indiquées dans le tableau1 Ci-dessous. L'approche de Penman-Monteith a servi pour le calcul de l'ETo.

**Tableau 1 Données climatiques à Kongoussi**

	Jan.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept	Oct.	Nov.	Déc.	Moy Total
Pluie mens. (mm)													
Pluie max jour (mm) Kongoussi	0,0	0,1	2,1	11,7	23,1	31,3	41,0	47,7	29,2	11,9	0,4	0,0	
T°C mini (Ouahigouya)	16,8	19,1	23,2	26,5	27,4	25,5	23,6	22,9	23,1	23,4	20,1	17,5	<b>22,5</b>
T°C max. (Ouahigouya)	32,3	35,3	38,4	40,6	39,9	37,1	33,8	32,4	34,0	37,2	36,3	33,0	<b>35,8</b>
H% relative min. (Ouahigouya)	12,2	9,9	10,5	14,5	23,4	34,2	46,4	54,2	47,6	26,3	14,1	13,5	<b>25,3</b>
H% relative max. (Ouahigouya)	38,3	34,1	34,9	45,0	64,5	78,3	89,3	94,5	92,4	75,8	49,5	42,6	<b>61,0</b>
Insolation (h) (Ouahigouya)	9,3	9,4	8,8	8,7	9,1	8,9	8,5	8,2	8,5	9,1	9,6	9,0	<b>9,0</b>
Eva Bac A (mm) (Ouahigouya)	275,6	293,0	356,8	358,8	352,1	300,1	234,4	182,3	180,9	237,2	267,2	265,6	<b>3684,2</b>
ETo Penman (mm) (Ouahigouya)	181,6	184,0	205,1	196,5	198,6	173,8	150,4	139,2	148,7	174,5	172,6	173,5	<b>2088,7</b>
V. moy vent (m/s) (Ouahigouya)	2,1	2,1	2,1	2,1	2,5	2,8	2,4	1,8	1,6	1,4	1,5	1,9	<b>2,1</b>

*Tableau extrait du mémoire technique « Etudes d'aménagement de 450 ha de périmètres agro-sylvo-pastoraux et halieutiques dans le Centre-Nord au Burkina »*

## **II. 2. 4. Végétation**

Les formations végétales rencontrées dans la zone d'étude sont essentiellement :

- La steppe arborée, caractérisée par un peuplement de ligneux avec des espèces de moins de sept mètres de hauteur ;
- La brousse tigrée ou fourré tigré : elle est faiblement représentée et se localise au Nord de la région ;
- La steppe herbacée, présente sur l'ensemble de la zone. Elle constitue un tapis herbeux et est généralement associée à une formation ligneuse constituée de petits arbres et d'arbustes éparpillés.

## **II. 3. Présentation de l'étude et justification**

Les ONGs Welthungerhilfe (WHH) et Self Help Africa (SHA), en collaboration avec d'autres partenaires locaux ont obtenu un financement du « ministère britannique pour le développement international » pour la mise en œuvre du projet « Renforcement de la Résilience aux Extrêmes Climatiques de 620 000 femmes, enfants et hommes du Burkina Faso et amélioration de la sécurité alimentaire et des revenus des ménages dans les Régions du Plateau central et du Centre - Nord » dans le cadre du programme BRACED : « Renforcement de la Résilience et d'Adaptation aux Changements Climatiques et les Catastrophes »

Plusieurs activités sont mises en œuvre sur le terrain parmi lesquelles il y a les sites maraichers.

Ces sites maraîchers existent dans quatre (4) provinces de deux régions. Les quatre (4) provinces sont : le Bam et le Sanmatenga dans la région du Centre Nord, le Kourwéogo et l'Oubritenga dans la région du Plateau Central. Après 4 ans (depuis 2015) de fonctionnement, il est primordial de faire l'état des lieux du fonctionnement de ces périmètres.

Dans cette optique, l'ONG WHH a souhaité recevoir en son sein des Etudiants/stagiaires pour suivre, appuyer, évaluer toutes les activités au sein desdits sites maraîchers. Les Etudiants/Stagiaires devront superviser les activités des bénéficiaires, les installations des équipements hydroagricoles, suivre la production, évaluer les revenus générés pour l'élaboration des comptes d'exploitation.

### **II. 3. 1. Objectif global**

L'objectif global des études sur les périmètres maraichers est de faire l'état des lieux du fonctionnement technico-économique de petits périmètres maraîchers aménagés dans le cadre du programme BRACED et proposer des solutions d'amélioration et de résilience.

### **II. 3. 2. Objectifs Spécifiques**

Pour s'assurer de l'atteinte de l'objectif global, des objectifs spécifiques ont été fixés. Les principaux objectifs spécifiques se résument comme suit :

- Etudier la disponibilité de la ressource en eau ;
- Analyser l'état technique des installations et de leur utilisation ;
- Etudier les performances économiques des périmètres à travers les comptes d'exploitations ;
- Proposer des solutions d'amélioration et de résilience.

Les principales activités à mener dans le but d'atteindre les objectifs spécifiques ci-dessus sont les suivantes :

- ✓ Faire un diagnostic complémentaire pour évaluer la disponibilité de la ressource en eau ;
- ✓ Inventorier et géolocaliser les équipements du réseau d'irrigation et de drainage
- ✓ Déterminer les quantités quotidiennes utilisées pour l'arrosage et évaluer leur adéquation par rapport aux besoins en eau d'irrigation des cultures ;
- ✓ Tester la fonctionnalité effective des infrastructures hydrauliques et équipements d'irrigation disponible sur les sites ;
- ✓ Faire des propositions techniques et technologiques pour acquérir au besoin des équipements hydro-agricoles complémentaires afin d'assurer la pérennité des sites de productions

- ✓ Poser 5-7 des carrés de rendements pour les 2 principales spéculations sur chacun des périmètres pour les calculs de rendement
- ✓ Collecter les données et dresser les comptes d'exploitation pour un échantillon de 10-12 producteurs individuels par hectare et un compte d'exploitation de chaque site ;
- ✓ Proposer des thèmes de formation et des spéculations pour les producteurs ;
- ✓ Proposer un design avec système d'irrigation moderne et adapté pour chaque périmètre avec l'étude de sa rentabilité et de son impact sur l'environnement.

### **III. MATERIELS, METHODES ET HYPOTHESE DE CALCUL**

#### **III. 1. Matériels**

Pour la collecte et le traitement des données de manière qualitative, la mobilisation d'un matériel de qualité est impérative. Ainsi pour chaque activité des termes de référence, le matériel adéquat (outils manuels, les logiciels de traitement) a été mobilisé pour garantir de meilleures données (collecte et traitement).

##### **III. 1. 1. La disponibilité de la ressource en eau**

Sur les trois périmètres, les puits (11 puits au total) constituent la ressource en eau. Pour déterminer la capacité de production des puits, l'essai de pompage suivant la méthode CIEH (KEITA, 2005) a été retenu. Le matériel ci-après a été utilisé pour conduire l'essai de pompage

- Deux pompes solaires avec un débit max de 2.7m<sup>3</sup>/h chacune
- Une sonde
- Un chronomètre
- Une fiche de notation

##### **III. 1. 2. Inventaire des équipements du réseau d'irrigation et de drainage**

L'outil par excellence pour la géolocalisation est le GPS. Les logiciels Quantum Gis (QGIS) et Google Earth ont servi pour le traitement des coordonnées et l'établissement des cartes. Un ruban métrique a permis de mesurer les distances sur le terrain.

##### **III. 1. 3. Etude de l'adéquation de l'arrosage**

Cette activité a pour objectif d'assister les producteurs pour un meilleur arrosage de la production. La distribution de l'eau au niveau des casiers se fait de façon manuelle à l'aide d'arrosoirs sur l'ensemble des trois sites. Ainsi un arrosoir de 8 litres a servi d'outil pour la mesure de la quantité d'eau utilisée pour l'arrosage.

##### **III. 1. 4. Etude de la fonctionnalité des infrastructures et équipements d'irrigation sur les sites**

Les infrastructures hydrauliques sur les trois sites maraichers sont :

- Les puits
- Un réseau enterré de conduites PE DN32
- Deux pompes solaires par site
- Des réservoirs prismatiques posés sur le sol

Pour connaître l'efficacité des infrastructures hydrauliques et équipements d'irrigation, le

matériel utilisé est le suivant.

- Les réservoirs prismatiques
- Un chronomètre
- Les pompes solaires
- Un seau de 15l

### **III. 1. 5. Evaluation du rendement**

A la fin d'une production agricole ou maraichère, il est primordial de connaître le rendement de la campagne. A cet effet des carrés de rendement sont un instrument efficace pour l'évaluation du rendement. La pose de ces carrés a nécessité les outils suivants.

- Un ruban métrique pour mesurer les périmètres des carrés ;
- Des piquets pour matérialiser les périmètres ;
- Une balance a permis la pesée de la récolte sur des carrés de rendement.

### **III. 1. 6. Conception d'un système d'irrigation moderne de 10ha et adapté pour chaque périmètre**

Cette activité rentre dans le cadre des solutions d'amélioration des périmètres. Il s'agit de concevoir un système d'irrigation moderne de 10ha pour chaque site. Pour garantir une meilleure conception de l'aménagement de 10ha avec système d'irrigation moderne, le matériel recensé et rassemblé est le suivant :

- Le double anneau de type Muntz pour permettre la détermination du type des sols à travers les mesures d'infiltration ;
- Le logiciel Cropwat pour disposer des paramètres des cultures ;
- Le tableur Minitab pour le traitement des données du double-anneau ;
- Le logiciel Soils Plants and Water (SPAW) pour déterminer les humidités à la capacité au champ  $\theta_{FC}$  et au point de flétrissement  $\theta_{WP}$  ;
- Le logiciel Global Mapper pour l'extraction des courbes de niveau et les différents bassins versants ;
- Le logiciel AutoCad pour les dessins ;
- QGIS et Google Earth pour le traitement des coordonnées et l'établissement des cartes.

### **III. 2. Méthodologie et hypothèses de calcul**

Cette partie explique dans les détails le déroulement, les techniques et les méthodes utilisées pour chaque activité sur le terrain.

### **III. 2. 1. La disponibilité de la ressource en eau**

Comme précédemment mentionné, l'essai de pompage des puits suivant la méthode CIEH a servi pour la connaissance des capacités productives des puits. La méthode est applicable à tous les puits, qu'ils soient en pompage ou au repos. Tous les modes de puisage (à la pompe à air, le puisage traditionnel à l'aide d'un seau) peuvent être utilisés pour cet essai. Pour le cas présent, les pompes solaires disponibles sur les sites ont servi pour la phase de pompage. L'essai a concerné au total 5 puits.

L'essai des puits suivant la méthode CIEH comporte 3 phases et nécessite au moins 6h d'arrêt du pompage ou du puisage des producteurs. Les trois phases sont :

#### **– Phase 1 : récupération**

Dans cette phase, il faut stopper le puisage s'il est en cours. Ensuite suivre la remontée à l'aide d'une sonde pendant au moins 2h. Si la valeur de la remontée après 1h est inférieure à 1cm, il suffit de prendre simplement pour niveau statique (NS), la valeur du niveau d'eau sous le repère. Dans le cas contraire, il faut poursuivre l'opération jusqu'à 2h.

#### **– Phase 2 : pompage**

Suivre la descente d'eau en cours de pompage à l'aide de la sonde à des pas de temps précis. Le temps de pompage maximal est de 3h et le puits doit se vider et ne garder qu'un mètre de colonne d'eau (1mCE). Pour le cas présent, des pompes solaires de débit moyen  $2.34\text{m}^3/\text{h}$  ont été utilisées. Les pompes, étant solaires, il a été judicieux de débiter la récupération à 9h pour effectuer le pompage entre 11h et 14h. Ce qui garantit une régularité des débits au cours du pompage.

#### **– Phase : remontée**

Après l'arrêt du pompage, il faut mesurer soigneusement la remontée pendant 2h à des pas de temps donné. Après, l'exploitation normale du puits peut reprendre.

#### **Principe de l'interprétation des résultats de l'essai.**

##### **– Calcul du niveau statique**

En partant de la fiche des données de l'essai, calculer les vitesses  $R_1$  et  $R_2$ . Par la même occasion, il faut noter les niveaux statiques moyens. Construire un graphique simple des couples ( $R_1$ ,  $NS_{m1}$ ) et ( $R_2$ ,  $NS_{m2}$ ) qui coupe l'axe des profondeurs permet de déterminer le niveau statique (NS) probable de l'eau au moment de l'essai.

$R_i$  = vitesse de récupération m/h

$$R_1 = N_{e_{60}} - N_{e_{120}} \quad (\text{EQ 1})$$

, avec  $N_{e_{60}}$  =niveau d'eau à 60min et  $N_{e_{120}}$  =niveau d'eau à 120min

$$N_{sm1} = \frac{N_{e_{60}} + N_{e_{120}}}{2} \quad (\text{EQ 2})$$

$R_2$  =vitesse de remontée m/h après le pompage

$$R_2 = N_{e_{10}} - N_{e_{70}} \quad (\text{EQ 3})$$

Avec  $N_{e_{10}}$  =niveau d'eau 10min et  $N_{e_{70}}$  =niveau d'eau à 70min

$$N_{sm2} = \frac{N_{e_{10}} + N_{e_{70}}}{2} \quad (\text{EQ 4})$$

– Calcul du coefficient L

Apprécier la durée de la saison sèche habituelle ( $D_s$ ) et le délai écoulé entre la fin des pluies et l'essai ( $D_e$ ), déterminer par enquête (sur un puits inutilisé par exemple) la fluctuation piézométrique totale pendant la saison sèche ( $dH$ ). La hauteur d'eau probable maximum en début de saison sèche  $H_0$  est égale à la hauteur  $H_m$  lors de l'essai ( $P-N_s$ ) augmentée de la

quantité  $dH \times \frac{D_e}{D_s}$

$$H_0 = H_m + dH \times \frac{D_e}{D_s} \quad (\text{EQ 5})$$

. Le coefficient **L** est

$$L = \frac{dH}{H_0} \quad (\text{EQ 6})$$

– Calcul du débit spécifique  $C_e$

Calculer le volume spécifique du puits ( $V_s$ ) en  $m^3/m$ .  $V_s = 2.54m^3/m$  pour les puits de diamètre  $D=1.8m$

$$Q_i = V_s \times R_2 \quad (\text{EQ 7}) \text{ donne le débit instantané } Q_i \text{ en fin d'essai.}$$

$$C_e = \frac{Q_i}{S_i} \quad (\text{EQ 8}) \text{ donne } C_e. \text{ ( } S_i \text{ est le rabattement en fin d'essai)}$$

(Niveau d'eau final -Ns).

Enfin, à partir des graphiques ci-dessous, le volume d'eau ( $V_e$ ) journalier est trouvé.

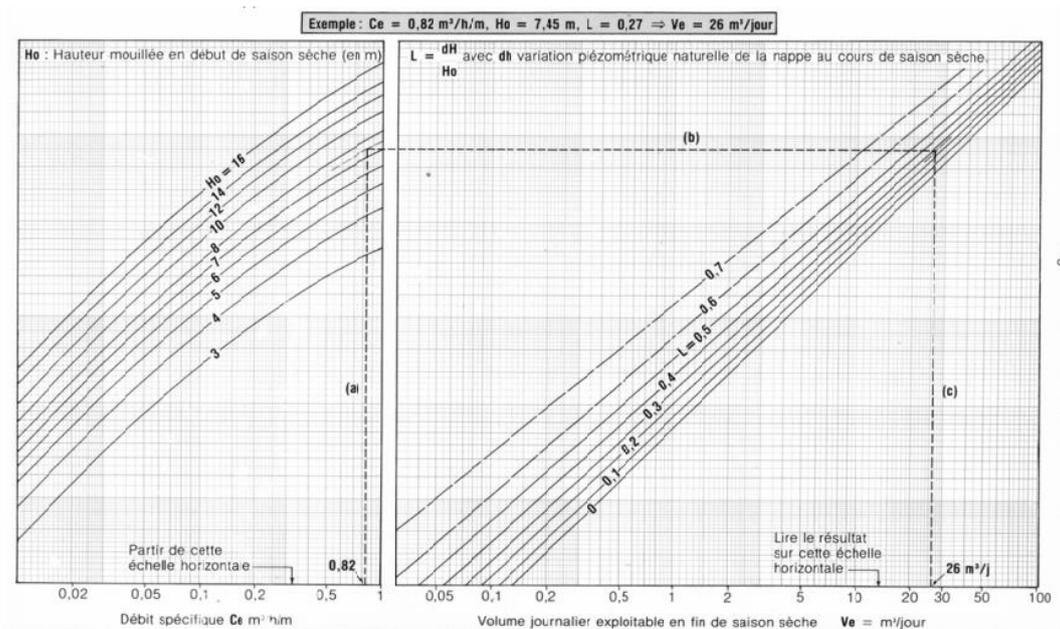


Figure 3 Graphes extraits de la méthode CIEH des essais de puits, KEITA, A. (2005). Les petits systèmes d'irrigation à faible coût en Afrique Soudano Sahélienne

### III. 2. 2. Inventaire des équipements du réseau d'irrigation et de drainage

La méthode pour géolocaliser les équipements des périmètres consiste à prendre les coordonnées de chaque équipement en maintenant le GPS le plus proche possible de l'élément à géolocaliser. Ensuite les coordonnées sont extraites du GPS pour la réalisation des cartes avec Google Earth et QGIS. Google Earth a servi pour visionner les images issues des données du GPS. Cela a permis d'apprécier la fiabilité de notre GPS.

### III. 2. 3. Quantités quotidiennes pour l'arrosage et adéquation aux besoins en eau

La distribution de l'eau au niveau des casiers se fait de façon manuelle. Au moyen de récipients (arrosoirs de 8l), l'on détermine la quantité  $Q_e$  utilisée pour l'arrosage. Il faut compter le nombre de récipients utilisés lors de l'arrosage. Ainsi la quantité d'eau appliquée sur un casier est obtenue par la relation  $Q_e = n \times V$  avec  $Q_e$  = quantité d'eau,  $n$  = nombre de fois que le récipient a été rempli et distribué au casier et  $V$  = volume du récipient.

Cette quantité  $Q_e$  sera convertie en lame d'eau en mm  $\left( \frac{Q_e (l)}{\text{Surface appliquée (m}^2)} \right)$  et sera

comparée à la dose brute  $D_b (mm)$  voir III. 2. 8. 4

### **III. 2. 4. La fonctionnalité des infrastructures et équipements d'irrigation sur les sites**

#### **III. 2. 4. 1 Les puits**

L'essai de pompage des puits avec la méthode CIEH permet de connaître la production journalière des puits. Pour compléter cela, une enquête sous forme de questions est soumise aux exploitants pour déceler d'éventuelles anomalies des puits.

#### **III. 2. 4. 2 Les pompes solaires**

Deux méthodes ont permis de connaître la fonctionnalité des pompes.

- Muni d'un chronomètre et d'un volume connu (seau), le débit de la pompe est mesuré juste au refoulement de la pompe ;
- Les pompes disponibles sur les sites sont munies d'un lien Bluetooth qui permet de lire les paramètres de fonctionnement y compris le débit produit.

#### **III. 2. 4. 3 Le réseau de conduite**

Il s'agit pour le cas présent de déceler des bouchages ou des fuites sur le réseau. De ce fait, le processus suivant est un moyen :

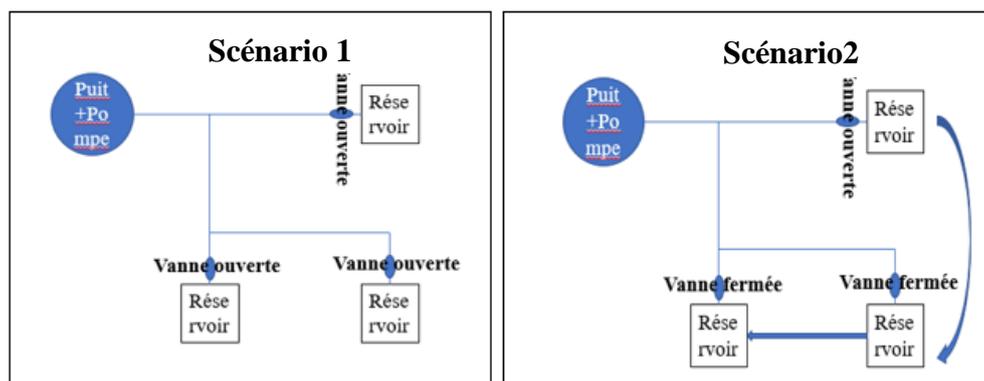
- Mesurer le débit de la pompe au refoulement (à l'entrée de la conduite) ;
- Mesurer le débit à la sortie de la conduite ;
- Le rapport des deux débits précédents permet de détecter d'éventuels bouchage ou fuites dans la conduite.

Egalement, pendant le pompage, l'on parcourt le long des conduites pour déceler d'éventuelles remontées d'eau à la surface du sol.

#### **III. 2. 4. 4 Les réservoirs prismatiques**

La fonctionnalité des réservoirs prismatiques s'observe à trois niveaux : l'efficacité du stockage, le mode de remplissage selon le nombre de bassins connectés à chaque puits, la réduction de la pénibilité d'arrosage.

- L'efficacité du stockage : il s'agit simplement de remplir chaque réservoir et d'observer les contours pour vérifier les fuites à travers les parois.
- Le mode de remplissage : à l'aide d'un chronomètre, le temps de remplissage des bassins (toutes les vannes ouvertes, une seule vanne ouverte) est mesuré. Les temps sont comparés pour connaître le mode de remplissage le plus efficace. Il s'agit concrètement de savoir s'il est plus avantageux de remplir 2 à 3 bassins à la fois (scénario 1) ou de remplir un seul bassin à la fois (scénario 2).



Croquis du procédé

- La réduction de la pénibilité d'arrosage : les bassins sont réalisés pour minimiser les efforts physiques pour l'arrosage au niveau des casiers. Des entretiens avec les producteurs ont permis d'évaluer l'impact des bassins sur le processus d'arrosage.

### III. 2. 5. Evaluation du rendement

Les carrés de rendement permettent de calculer le rendement moyen sur les périmètres. Ainsi, avec un ruban métrique et des piquets, 5 à 7 carrés de rendement sont matérialisés couvrant l'ensemble du périmètre. Cela est fait de sorte qu'un carré entier soit dans la parcelle d'un seul exploitant. Ensuite, lors de la récolte les produits du carré sont pesés avec une balance. Ce qui permettra de calculer le rendement.

### III. 2. 6. Compte d'exploitation de quelques producteurs par site

De la même manière que les carrés de rendement, 10 à 12 exploitants sont sélectionnés en veillant à ce que leur répartition couvre l'ensemble du périmètre. Après les récoltes, leurs produits sont pesés pour estimer les revenus bruts probables. Les charges et subventions de chacun des exploitants sont inventoriées. Ces données permettent ensuite de calculer le revenu net de chaque exploitant en fin de campagne.

### III. 2. 7. Proposer des thèmes de formation et des spéculations pour les producteurs

A l'issue d'un questionnaire et des observations, les principales difficultés des producteurs ont répertoriées. A la suite, des thèmes de formation sont proposés pour pallier ces difficultés, lesquelles influent sur la productivité.

### III. 2. 8. Conception d'un système d'irrigation moderne de 10ha et adapté pour chaque périmètre

Les revenus nets d'un producteur maraicher sont fonction du rendement et surtout de la surface nette exploitée. Les trois périmètres de nos travaux ont une superficie moyenne d'un hectare.

Chaque hectare est exploité par 50 producteurs en moyenne. Même si le rendement est élevé, la superficie par exploitant reste faible pour générer de revenus conséquents. Cela sera détaillé dans la partie des résultats et discussions des comptes d'exploitation.

Pour permettre à chaque exploitant de disposer d'une superficie conséquente, après des échanges entre les producteurs et les partenaires, il a été suggéré de proposer un design de 10ha par site pour 40 producteurs. Cela résulterait d'une superficie de 0.25Ha par exploitant.

Pour avoir un meilleur aménagement d'un périmètre agricole quelconque, il est impératif de prendre en compte les paramètres suivants : le choix des cultures et de leurs paramètres, le choix de la technologie d'irrigation, les paramètres du sol et les paramètres climatiques de la zone. Tous ces paramètres conjugués avec une source d'eau performante et pérenne auront pour impact, un aménagement durable et très rentable pour les producteurs.

### III. 2. 8. 1 Les cultures et leurs paramètres

L'oignon, le chou et la tomate sont les principales cultures rencontrées sur les différents périmètres. L'oignon occupe environ 70% de la production, la tomate 20% et le chou 10%. Ainsi avec le concours de toutes les parties prenantes (producteurs, stagiaires, encadreurs de Welthungerhilfe et de 2IE), il a été retenu de garder la tomate, l'oignon et le chou pour la conception de l'aménagement des 10ha par site. Le principe est de choisir la spéculation ayant la grande profondeur d'enracinement ( $Z_r$ ). « *Si plusieurs types de cultures sont envisagés pour se succéder sur le périmètre, on prend en compte dans le dimensionnement la valeur  $Z_r$  la plus élevée d'entre toutes les cultures. Cela permet de calculer une RFU plus grande, et par la suite un débit plus important à faire transiter par le réseau* »

Après avoir déterré quelques pieds des spéculations sur les sites, les profondeurs d'enracinement moyennes mesurées sont :

- $Z_r=0.2$  pour l'oignon et le chou,
- $Z_r=0.6$  pour la tomate.

Au regard des profondeurs d'enracinement, la tomate sera retenue pour le dimensionnement du réseau. Le logiciel Cropwat 8.0 de la FAO fournit les paramètres culturaux ( $K_c$ ) de la tomate.

**Tableau 2 Paramètres culturaux de la tomate**

	Phase	Initiale	Croissance	Mi- saison	Arrière-saison	Cycle
<b>Tomate</b>	Durée (j)	30	40	45	30	145
	$K_c$	0.45	0.75	1.15	0.8	

### III. 2. 8. 2 Les paramètres climatiques

Les paramètres climatiques ont été obtenus à partir de la Direction Régionale de l'Agriculture

du Centre Nord. Il faut noter que les données météorologiques sont issues de la station de Ouahigouya, laquelle est plus proche de la zone d'étude. Le Tableau 1 à la page 10 présente les paramètres climatiques de la zone.

### III. 2. 8. 3 Le sol

Les paramètres du sol à considérer sont sa composition (au moins dans le rayon de profondeur des racines des cultures) ainsi que son humidité à la capacité au champ et au point de flétrissement afin de déterminer la réserve utilisable ( $RU$ ) et par suite la réserve facilement utilisable ( $RFU$ ). Les mesures d'infiltration par méthode du double anneau de Muntz permettent de disposer des paramètres du sol.

### III. 2. 8. 4 Calculs des besoins de la culture (tomate)

Disposant des données sur la culture, des données du sol et des données climatiques, il devient possible d'évaluer les besoins en eau de la culture. Le calcul du besoin maximal de pointe (en considérant le mois dans lequel les cultures ont un besoin maximal d'eau) et de la  $RFU$  permet d'obtenir la dose brute ainsi que le tour d'eau (intervalle de temps entre deux arrosages successifs) pour satisfaire le développement des plantes. Les étapes de calcul se résument comme suit :

$$ETM \text{ (mm)} = K_c \times ET_0 \text{ (mm)} \quad (\text{EQ 9})$$

$$BMP \text{ (mm)} = ETM \text{ (mm)} - P_e \text{ (mm)} \quad (\text{EQ 10})$$

Avec  $P_e = 0 \text{ mm/j}$  pour ce cas.

$$RFU \text{ (mm)} = p \times Z_r \text{ (m)} \times RU \text{ (mm/m)} \quad (\text{EQ 11})$$

$$\text{Avec } RU \text{ (mm/m)} = 10 \times (\theta_{fc} - \theta_{wp})$$

$$F \text{ (j)} = \frac{RFU \text{ (mm)}}{BMP \text{ (mm)}} \quad (\text{EQ 12})$$

$$D_r \text{ (mm)} = BMP \text{ (mm)} \times T \text{ (j)} \quad (\text{EQ 13})$$

$$\text{Avec } T \text{ (j)} < F \text{ (j)}$$

$$D_b \text{ (mm)} = \frac{D_r \text{ (mm)}}{E_a \text{ (\%)}} \quad (\text{EQ 14})$$

$$q_e \text{ (l/s/ha)} = \frac{1000 \times D_b}{T \text{ (j)} \times T_s \text{ (h)} \times N_s} \quad (\text{EQ 15})$$

$ETM$  : L'évapotranspiration spécifique à la culture choisie en mm/j

$P_e$  : Pluie efficace ici considérée nulle en mm/j

$RU$  : Réserve utile dans le sol en mm/m

$BMP$  : Besoin Maximal de pointe en mm/j

$Z_r$  : Profondeur d'enracinement en m

$T_s$  : Temps par poste d'arrosage ( $N_s$ ) en h/jour

$RFU$  : Réserve facilement utilisable par la plante en mm

$D_r$  : La dose réelle en mm

$E_a$  : L'efficacité d'arrosage

$D_b$  : La dose brute considérant l'efficacité d'arrosage en mm

$q_e$  : Le débit d'équipement en l/s/ha

$F$  : La fréquence d'arrosage en jours

$T$  : Le tour d'eau devant être inférieur à la fréquence d'arrosage en jours

### III. 2. 8. 1 Dimensionnement du réseau d'irrigation

#### Le choix de la technologie

La pérennité d'un périmètre irrigué réside aussi dans le choix de la technique d'irrigation. Les systèmes d'irrigation couramment rencontrés au Burkina Faso sont : l'irrigation gravitaire, l'irrigation par le système semi-californien, l'irrigation localisée et l'irrigation par aspersion.

Pour notre cas, le choix du système d'irrigation se fera en rapport avec la disponibilité de l'eau, la facilité d'adaptation de la technique par les producteurs, les avantages économiques du système.

#### Les conduites

La détermination des diamètres des conduites dépend du débit véhiculé et de la nature même de la conduite. Ainsi, les diamètres théoriques des conduites ont été calculés en utilisant la formule

$$D(\text{mm}) = 18.811 \sqrt{\frac{Q(\text{m}^3/\text{h})}{V(\text{m}/\text{s})}} \quad (\text{EQ 16})$$

Avec  $V = 1.7\text{m/s}$  pour les conduites en matériaux plastiques.

Par ailleurs, il faut considérer les pertes de charge dans chaque conduite. Elles sont déterminées par la formule de Colebrook, Calmon et Lechapt en appliquant les coefficients  $a, n, m$  en fonction de la nature du matériau constituant la conduite (ici le PEHD et le PE).

$$\Delta H(\text{m}) = a \times \frac{[Q(\text{m}^3/\text{s})]^n}{[D(\text{m})]^m} \times L(\text{m}) \quad (\text{EQ 17})$$

Les pertes de charge dues à la topographie du terrain et dues aux singularités (estimées à 10%

de celles linéaires) du réseau sont également considérées. Notons que le calcul des pertes de charge dans les rampes et portes-rampes sont soumises à un facteur F exprimant les services en route, service au niveau des asperseurs pour les rampes et service au niveau des rampes pour les portes-rampes.

### **III. 2. 8. 2 La ressource en eau**

En fonction de l'emplacement des sites et des besoins en eau, la ressource en eau la plus avantageuse sera retenue. Les principales ressources en eau possibles restent les eaux souterraines issues des puits ou des forages et les eaux de surface issues de barrages ou d'autres ouvrages de rétention des eaux de ruissellement tels que les boulis ou les barrages.

### **III. 2. 8. 3 Calcul du château d'eau et du champ solaire pour le pompage**

Il y a quatre cas de configuration possible pour le système de pompage.

- Un pompage avec un château d'eau et des batteries pour le pompage hors ensoleillement
- Un pompage avec des batteries, le réservoir est supprimé
- Un pompage avec un château et sans des batteries
- Un pompage sans un château d'eau et sans des batteries. Ce dernier cas est celui rencontré sur les sites. C'est un système minimum et qui est très limité. Le pompage dépend exclusivement de l'ensoleillement. De ce fait, les trois premiers cas ci-dessus seront considérés.

Le calcul du château, les batteries et les panneaux solaires se décrit comme suit.

#### **Le château d'eau**

Le volume du château d'eau se détermine avec la variation du stock (volume d'eau) au cours du temps de pompage et de distribution ou d'arrosage.

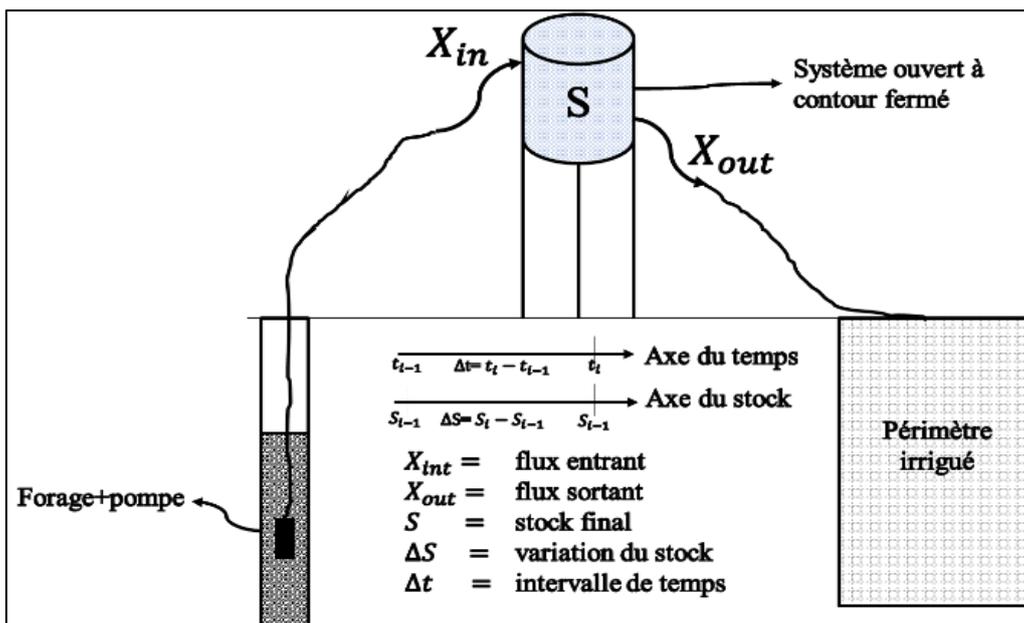


Figure 4 Flux entrant, Flux sortant et détermination du stock d'une grandeur extensive S

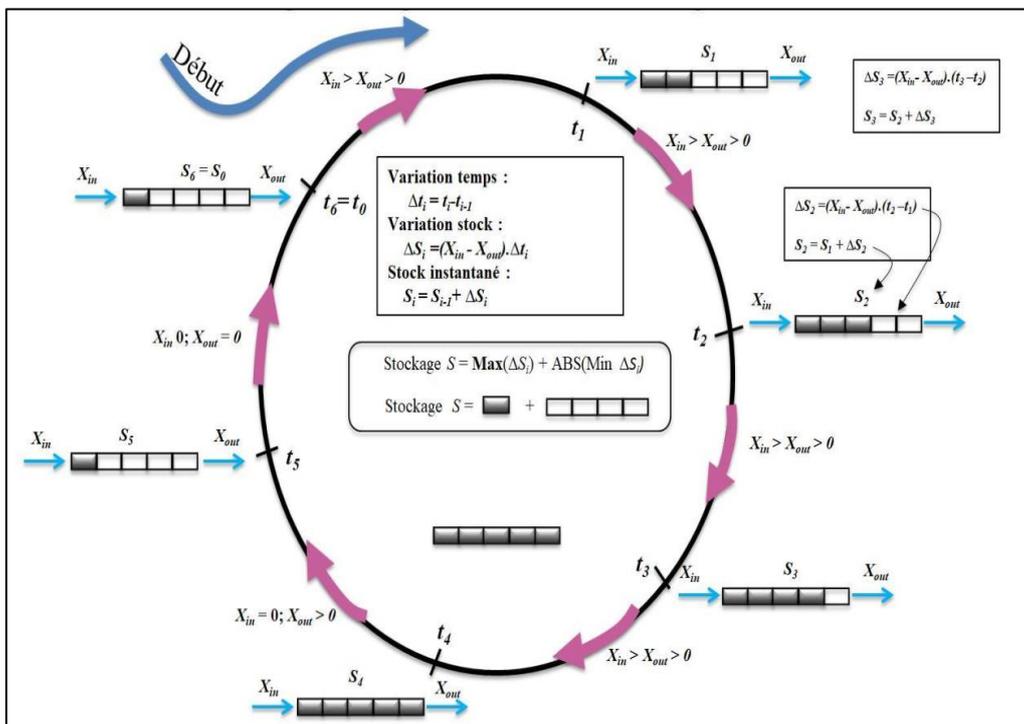


Figure 5 Processus de stockage/déstockage et détermination du stock S

A la suite de ces figures ci-dessus, les formules suivantes permettent de trouver le volume (S) du château d'eau.

$X_{in}$  = Flux entrant

$X_{out}$  = Flux sortant

Pour  $i=1$  à  $N$

Variation du temps :  $\Delta t_i = t_i - t_{i-1}$

Variation du stock :  $\Delta S_i = (X_{int} - X_{out}) \times \Delta t_i$

Stock instantané :  $S_i = S_{i-1} + \Delta S_i$

$$\text{Le stockage } S (\text{m}^3) = \text{Max} \{ \Delta S_i \} + \text{ABS} (\text{Min} \{ \Delta S_i \}) \quad (\text{EQ 18})$$

### Le champ solaire (panneaux solaires + batteries)

Le choix de l'énergie de pompage s'est porté sur l'énergie solaire. Ce choix est motivé par les multiples avantages de l'énergie solaire qui sont :

- La population rurale est favorable à l'énergie solaire
- Les frais de maintenance et de fonctionnement sont relativement faibles
- L'énergie solaire nécessite peu d'entretien
- Elle est inépuisable et non polluante
- Il s'agit d'une source d'énergie électrique totalement silencieuse
- Le rendement énergétique est positif, un panneau solaire produit en moyenne entre 9 à 14 fois l'énergie qu'il a consommée pour sa fabrication (<http://unblogsurlaterre.com>)

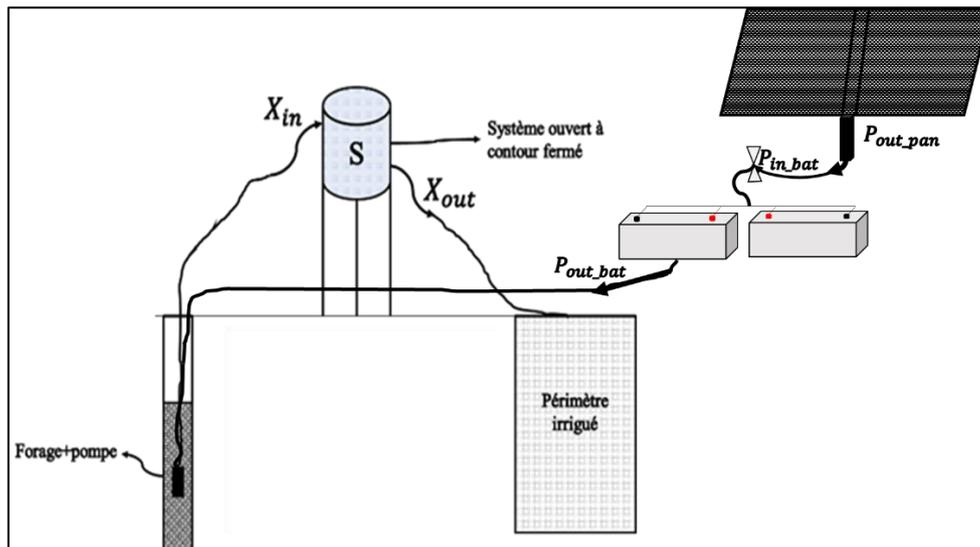


Figure 6 Schémas synoptique des flux de puissance

$$P_{out\_bat} \text{ (KW)} = \frac{Q_{pmp} \text{ (m}^3\text{/h)} \times HMT \text{ (m)}}{360 \times \eta} \quad (\text{EQ 19})$$

$P_{out\_bat}$  (KW) = Puissance sortante des batteries vers la pompe

$$Q_{pmp} \text{ (m}^3\text{/h)} = Q_{syst} \text{ (m}^3\text{/h)} \times \frac{t_{wmax} \text{ (h)}}{t_{pmp} \text{ (h)}}$$

$Q_{syst}$  (m<sup>3</sup>/h) = débit de fonctionnement du système

$t_{wmax}$  = temps de distribution par jour en période

$HMT$ (m) = Hauteur manométrique totale

$\eta = e_1 \times e_2$  avec  $e_1$  = efficacité de la pompe  $\in [0.5, 0.8]$

$e_2$  = efficacité du moteur électrique  $\in [0.7, 0.9]$

$$P_{in\_bat} \text{ (KW)} = P_{out\_bat} \text{ (KW)} \times \frac{T_{pmp} \text{ (h)}}{T_{ens} \text{ (h)}} \quad (\text{EQ 20})$$

Avec pour le système irrigué

$T_{pmp}$  (h) = temps de pompage

$T_{ens}$  (h) = durée d'ensoleillement par jour

$P_{in\_bat}$  (W) = puissance fournie par les panneaux solaires aux batteries

Pour  $i=1$  à  $N$

Variation du temps :  $\Delta t_i = t_i - t_{i-1}$

Variation de l'énergie :  $\Delta E_i = (P_{in\_bat} - P_{out\_bat}) \times \Delta t_i$

Energie instantanée :  $S_i = E_{i-1} + \Delta E_i$

Le stockage :  $E_{bat\_pmp} \text{ (KW.h)} = \text{Max} \{ \Delta E_i \} + \text{ABS}(\text{Min} \{ \Delta E_i \})$  (EQ 21)

**Le nombre de batterie est :**

$$N_{bat} = \frac{E_{bat\_pmp} \text{ (KW.h)}}{\mu \times (1 - \theta) \times (1 - \delta) \times U_{bat} \text{ (V)} \times I_{bat} \text{ (A.h)} \times 0.001} \quad (\text{EQ 22})$$

Avec

$U_{bat}$  = Voltage unité batterie

$I_{bat}$  = Ampérage unité batterie

$\mu$  = Profondeur de décharge 30 à 80%

$\theta$  = pertes dues au convertisseur 3%

$\delta$  = pertes dues aux batteries 10%

**Le nombre de panneau solaire est :**

$$N_{pan} = \frac{P_{out\_pan} (KW)}{P_{nom\_pan} (KW)} \quad (EQ 23)$$

$$\text{Avec } P_{out\_pan} (KW) = \frac{P_{in\_bat} (KW)}{\rho \times (1 - \theta) \times (1 - \delta)}$$

$P_{nom\_pan}$  = puissance nominale du panneau choisi

$\rho$  = rendement du panneau solaire 7 à 22%

### III. 2. 8. 4 Etude d'impact environnemental

L'étude d'impact d'un projet sur l'environnement a pour objet de trouver et proposer au décideur une solution du moindre impact sur l'environnement pour sa réalisation (FECTEAU, 1997). Le présent projet visant la construction d'un périmètre irrigué de moins de 200ha peut être classé comme un projet de catégorie B ; ce, conformément à l'annexe 1 du Guide général de réalisation des études et notices d'impact sur l'environnement au Burkina Faso. Les projets de ce genre ont généralement de minimes conséquences sur l'environnement. La loi exige néanmoins une réalisation d'une notice d'impact environnemental. Nous utiliserons pour cette étude la matrice de Fecteau comme outils d'évaluation et la matrice dite Numérique comme outils d'identification des impacts.

## IV. RESULTATS ET DISCUSSIONS

### IV. 1. La disponibilité de la ressource en eau

Il est important après la réalisation d'infrastructures hydrauliques telles que les puits, de connaître la capacité productive de ces derniers. Cela devient plus important s'il s'agit d'infrastructures hydrauliques destinées à la culture de contre-saison. Il n'y a pas d'apport de pluies, les besoins en eau sont importants. A cet effet, l'essai des puits suivant la méthode CIEH a permis de connaître la production journalière de la ressource en eau sur les sites (Raka, Rouni). Quant aux puits sur le site de Ansouri, ils ont commencé à tarir en début février. Une heure de pompage avec un débit moyen de  $2\text{m}^3/\text{h}$  suffit pour que la colonne d'eau se vide.

L'essai de pompage a concerné 5 puits sur 7 des sites de Raka et Rouni. A Raka, sur 4 puits, les 2 puits les productifs ont été retenus pour l'essai de pompage. Il s'agit des puits qui pouvaient supporter 2h de pompage avec un débit moyen de  $2\text{m}^3/\text{h}$  sans que l'eau ne se vide complètement.

L'interprétation des résultats de l'essai donne les productions suivantes :

**Tableau 3 Production journalière des puits**

Sites	Débit journalier ( $\text{m}^3/\text{j}$ )
<b>Raka</b>	Puits 1 (13,181747 ; -1,627695) : $2\text{m}^3/\text{j}$
	Puits 2 (13,181985 ; -1,627237) : $2.5\text{m}^3/\text{j}$
<b>Rouni</b>	Puits1 (13,290596 ; -1,754812) : $2\text{m}^3/\text{j}$
	Puits 2 (13,290922 ; -1,754763) : $7\text{m}^3/\text{j}$
	Puits 3 (13,290861, -1,755049) : $1.7\text{m}^3/\text{j}$

D'après le tableau ci-dessus, les puits sur les deux sites ont une capacité de 1.7 à  $7\text{m}^3/\text{j}$ . Cependant, la production des puits est beaucoup plus importante que les résultats d'interprétation des essais de pompage. En réalité, les 5 puits ont pu supporter 2 h de pompage avec un débit moyen de  $2.44\text{m}^3/\text{h}$ . Le rabattement et la remontée en 2h sont donnés dans le tableau suivant. Et une interprétation suivant le rabattement et la remontée permet d'apprécier la capacité réelle des puits au moment du pompage.

**Tableau 4 Rabattement et remontée des puits après pompage**

Sites	Puits	Rabattement(m) en 2h de pompage avec $Q_{pm}=2.44\text{m}^3/\text{h}$	Remontée(m) en 2h
Raka	Puits 1	<b>0.8</b>	<b>0.65</b>
	Puits 2	<b>0.69</b>	<b>0.61</b>
Rouni	Puits1	1.47	0.42
	Puits 2	<b>1.08</b>	<b>0.46</b>
	Puits 3	1.4	0.32

- En 4h de remontée, le puits<sup>2</sup> de Rouni retrouvera son niveau avant pompage (remontée=rabatement). Cela signifie que l'opération pompage-remontée peut être reproduite 4 fois en une journée (24h). De ce fait, un volume de  $2.44 \times 2 \times 4 = 19.5\text{m}^3/\text{j}$  pourrait être extrait de ce puits par jour. Ce débit  $19.5\text{m}^3/\text{j}$  est largement supérieur au débit de  $7\text{m}^3/\text{j}$  donné par l'essai de pompage.
- En 2h, la remontée est presque égale au rabatement sur le site de Raka. Ce qui signifie que l'opération pompage-remontée peut être reproduite 6 fois en une journée (24h). De ce fait, un volume de  $2.44 \times 2 \times 6 = 29.5\text{m}^3/\text{j}$  pourrait être extrait de ce puits par jour. Ce débit  $29.5\text{m}^3/\text{j}$  est largement supérieur aux débits de 2 et  $2.5\text{m}^3/\text{j}$  donné par l'essai de pompage.

La durée moyenne d'ensoleillement est de 9h par jour dans la zone de Kongoussi (Tableau 1 à la page 10). Par conséquent, les producteurs de Rouni ne pourront disposer qu'un volume  $10\text{m}^3/\text{j}$  sur le volume de  $19.5\text{m}^3/\text{j}$  possible. Ce volume est le même pour ceux de Raka sur  $29.5\text{m}^3/\text{j}$  possible.

De ces résultats ( $19.5$  et  $29.5\text{m}^3/\text{j}$ ), une défaillance est constatée dans l'application de la méthode CIEH sur les puits de Raka, et de Rouni. En effet, la méthode préconise une vidange du puits (en essai) et n'avoir qu'un mètre de colonne (1mCE) pour observer la remontée. Pourtant, au moment de l'essai, les puits disposaient d'une colonne d'eau inférieure à 2m sur tous les sites. Ce qui a conduit à effectuer simplement un pompage de 2h avec un débit contrôlé. La déduction à la suite de cela est que l'essai de pompage des puits suivant la méthode CIEH reste mitigé sur des puits dont la colonne d'eau (avant essai) est inférieure à 2 ou 3m.

#### **IV. 2. Inventaire des équipements du réseau d'irrigation et de drainage**

Sur les trois sites de nos travaux, les équipements du réseau d'irrigation sont de la même nature et du même mode de fonctionnement. Des puits servent de mobilisation et de captage de la ressource en eau. Des pompes solaires fournissent l'énergie pour le pompage et le transport de l'eau jusqu'aux bassins de stockage. Un réseau souterrain de conduite (PE-DN32) assure l'acheminement de l'eau des puits vers les bassins. La distribution de l'eau dans les casiers se fait de façon manuelle des bassins de stockage vers les casiers.

Les puits sont de grands diamètres (1.8m). Les sites de Raka et de Ansouri comptent 4 puits chacun, le site de Rouni en compte 3. Les puits de Raka et de Rouni ont été réalisés par le projet BRACED. Sur le site de Ansouri, le projet a approfondi les 4 puits qui existaient dans le cadre d'un projet de SOS Sahel.

A la suite des puits, chaque site dispose de deux pompes solaires (Ennos) mobiles pour le

pompage de l'eau. Chaque pompe est alimentée par un panneau solaire de 315W. La pompe a un débit maximal de  $2.7\text{m}^3/\text{h}$  et une hauteur manométrique totale (HMT) de 40m. La hauteur d'aspiration maximale est de 6m. Ses pompes acheminent à travers un réseau de conduites PE-DN32 enterré vers des réservoirs prismatiques d'environ  $0.8\text{m}^3$  ( $1.1 \times 0.9 \times 0.8$ ). Ces réservoirs sont posés sur le sol et sont réalisés en agglos creux de  $15 \times 20 \times 40$ . Les têtes sont coiffées d'un chaînage en béton armé de 5 cm d'épaisseur.

Il existe 8 réservoirs à Raka et à Rouni et 9 réservoirs à Ansouri. Chaque puits sur tous les trois sites approvisionne au moins 2 et au plus 3 réservoirs. Une fois l'eau dans les réservoirs, les producteurs munis de matériels d'arrosage (seau et arrosoirs) puisent l'eau pour irriguer les casiers. La figure ci-dessous montre la localisation des infrastructures et équipements du périmètre de Raka. Les autres figures peuvent être trouvées en Annexe 1.

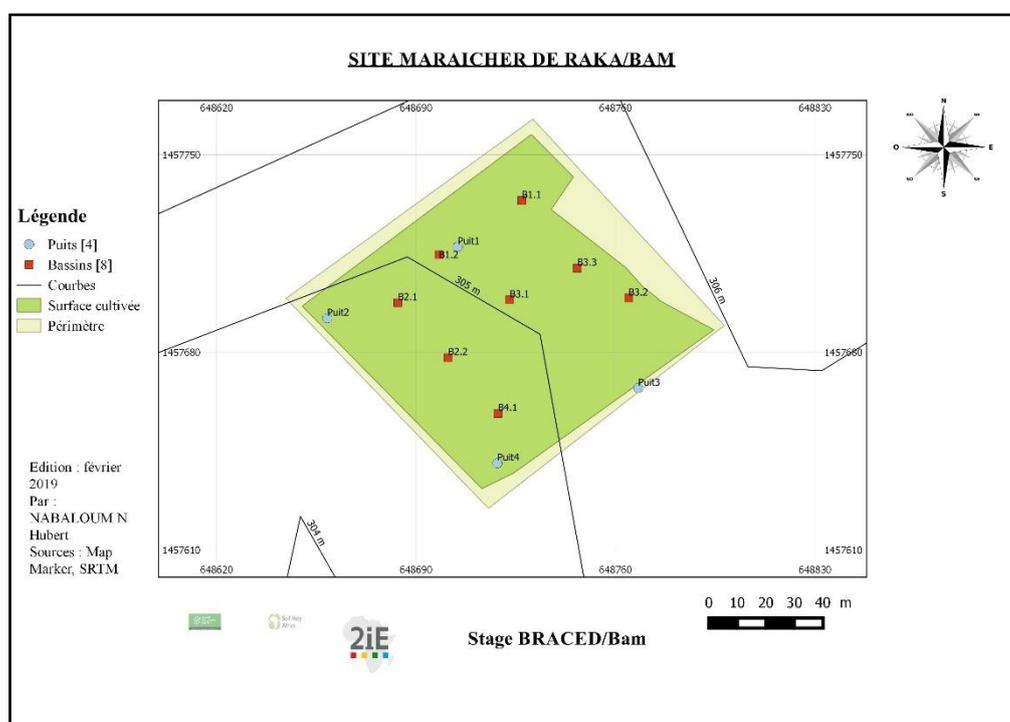


Figure 7 Carte du périmètre de Raka

### **IV. 3. Étude de l'adéquation de l'arrosage**

Les producteurs n'ont pas bénéficié d'une note de calcul qui indique le tour d'eau et la dose à observer pour les différentes spéculations. Ce qui les conduit à arroser avec l'expérience de la production d'ailleurs et aussi du stress constaté au niveau des cultures après un certain temps sans arrosage.

De ce qui est constaté sur le terrain, le tour d'eau n'excède pas deux jours sur tous les trois sites. De préférence l'arrosage se fait tous les jours de la phase initiale à la phase de mi-saison.

#### **IV. 3. 1. Quantités quotidiennes utilisées pour l'arrosage.**

Après des enquêtes avec les producteurs, les quantités utilisées pour l'arrosage d'une planche de 9m<sup>2</sup> se décrivent comme suit. En période de pointe, il ressort entre 48l/j et 80l/j pour l'oignon, 40l/j pour le chou et 40l/j pour la tomate.

Le Tableau 20 de Annexe 2 de la page 64 donne les quantités quotidiennes utilisées pour l'arrosage.

#### **IV. 3. 2. Adéquation par rapport aux besoins en eau d'irrigation des cultures**

L'adéquation de l'arrosage se détermine par la connaissance du type de sol, des paramètres du bilan hydrique de la zone. Il faut également prendre en compte l'efficacité ( $E_a$ ) d'application du système d'irrigation en place. Pour le dernier paramètre ( $E_a$ ), 90% est considéré. Cela se justifie par le fait que l'arrosage se fait au pied de la plante.

Pour le type du sol, la mesure d'infiltration par le double anneau a permis de connaître la nature du sol. Pour les paramètres climatiques ou du bilan hydrique, la direction régionale des aménagements hydrauliques du Centre-Nord a permis de disposer des données climatiques voir Tableau 1.

La comparaison de la lame d'eau au niveau des casiers de 9m<sup>2</sup> et de la dose brute en période de pointe permet de vérifier l'adéquation de l'arrosage des producteurs. Le Tableau 5 ci-dessous donne les résultats de comparaison.

**Tableau 5 Adéquation entre arrosage et besoin en eau de pointe**

Sites	Spéculation	Arrosage de pointe (l/j)	Lame d'eau (mm/j)	D <sub>b</sub> (mm/j)
<b>Raka</b>	Oignon	48	5,33	8.13
	Choux	40	4,44	8.13
<b>Rouni</b>	Oignon	80	<b>8,89</b>	<b>8.13</b>
<b>Ansouri</b>	Tomate	40	4,44	8.13
	Oignon	56	6,22	8.13

A l'exception de Rouni, l'arrosage n'est pas en adéquation avec les besoins. Cela s'explique par les difficultés à la mobilisation et le transport de l'eau vers les casiers. Comme mentionné plus haut, le tarissement des puits s'observe dès février. L'eau n'est plus disponible dans les puits. A peine une ou deux heures de pompage, les producteurs sont obligés d'attendre 2 ou 3 h pour que la colonne retrouve son niveau avant le pompage.

Pour ce qui est du transport de l'eau, le programme est conscient de la pénibilité du puisage manuel. C'est pour cela, chaque site est équipé de deux pompes solaires. 8 à 9 bassins sont également réalisés sur chaque site pour rapprocher le point de prélèvements aux casiers. Cette initiative a été très saluée au départ par les producteurs, mais elle n'a pas tardé à montrer ses limites. Ces limites peuvent être énumérées comme suit : i) le bassin avec le muret (1m de hauteur) ne rend pas le puisage facile pour les femmes enceintes ou les personnes âgés, ii) la répartition des bassins n'a supprimé la distance entre le point d'eau et les casiers, des producteurs transportent toujours deux arrosoirs pour arroser des casiers à 20 ou 25m. iii) les pompes sont mobiles, ce qui rend les pompes fragiles et le démarrage très fastidieux.

Toutes ces contraintes, indisponibilité de l'eau dans les puits, le pompage difficile entraînent les producteurs à apporter moins d'eau aux plantes.

#### **IV. 4. La fonctionnalité des infrastructures et équipements d'irrigation sur les sites**

Comme mentionné plus haut, tous les trois sites comportent les mêmes équipements pour l'irrigation. Les puits constituent la source d'eau. Des pompes solaires assurent le pompage vers des réservoirs prismatiques de 0.8m<sup>3</sup> par une canalisation souterraine de tubes (PE-DN32).

Par des mesures de débits, le rendement des infrastructures hydrauliques est calculé.

##### **IV. 4. 1. L'efficacité des pompes solaires.**

Dans le but de réduire les efforts le pompage sur les sites, le programme a eu l'initiative d'équiper les sites de pompage solaire. Chaque site a reçu deux pompes modèle JSPB0.3/HF 2.4-

5 du fabricant indien Jain. Chaque pompe a un débit maximal de  $2.7\text{m}^3/\text{h}$ , une HMT de 40m et une hauteur d'aspiration maximale de 6m. Pour le fonctionnement de la pompe, un panneau solaire de 315W accompagne chaque pompe.

L'idée de ce pompage solaire est à saluer, malheureusement, il y a eu un problème technique au niveau du choix des pompes. En effet les pompes sont des pompes de surface. Elles ne sont adaptées pour les puits dont le niveau d'eau est à plus de 6m. De ce fait, ces pompes doivent être remplacées par des pompes immergées afin de permettre un pompage sécurisé et durable d'une nappe phréatique qui se dérobe à plus de 12m de profondeur en saison sèche.

#### **IV. 4. 2. La fonctionnalité des infrastructures hydrauliques**

Les infrastructures hydrauliques sont : les puits, la canalisation enterrée de tubes PE DN32, les reervoirs prismatiques de  $0.8\text{m}^3$ .

##### **IV. 4. 2. 1 Les puits**

Les puits sont au nombre de 3 ou 4 par site. Les puits captent directement les eaux de pluies. Or les sites (Ansouri, Rouni et Raka) sont situés dans la zone de climat sahélien dont la pluviométrie est comprise entre 300 et 650mm. Cela conduit à un manque d'eau dans les puits en période de pointe. Le manque se ressent autour de janvier à mars. Pour cette campagne (2019), les puits ont commencé à tarir en fin de campagne notamment en mars. Après 1h30 à 2 h de pompage, la colonne d'eau se vide complètement. Les producteurs sont contraints d'attendre la remontée autour de 2h à 3h pour un nouveau pompage. Une exception est observée sur un puits à Raka qui pouvait supporter un pompage solaire ( $2.44\text{m}^3/\text{h}$ ) durant le temps d'ensoleillement. Au regard de cela, il ressort que les puits ne pourront pas assurer de façon optimale les besoins en eau et en période de pointe (mars  $D_b=8.13\text{mm}/\text{j}$ ).

Pour ce qui est de l'entretien, une inondation des puits sur le site de Raka en saison pluvieuse est constatée. Ce qui entraîne la diminution de la profondeur et de la colonne d'eau des puits. Il y a également le bouchage des venues d'eau par les argiles et autres dépôts solides entraînés par l'inondation des puits. Il est ainsi recommandé d'augmenter la hauteur des margelles en réalisant des escaliers pour faciliter le pompage manuel. Egalement sur le site de Raka, au fond du puits<sup>4</sup>, du béton a été perdu lors de la réalisation du cuvelage. Ce qui a occasionné un bouchage important des venues d'eau. Outre cela, il y a la stagnation des eaux perdues autour des puits de Raka et de Rouni. Ce problème se résoudrait avec un pompage exclusivement automatique à l'aide d'une pompe avec moins de fuites possibles au refoulement.

##### **IV. 4. 2. 2 Le réseau de canalisation**

Le fonctionnement du réseau de canalisation est satisfaisant sur tous les trois sites. Les mesures

de débit à l'entrée et à la sortie montrent que les pertes sont moins de 10%. Ce qui est un ratio admissible dans le cadre des installations de conduites d'eau. Seulement, sur le site de Rouni, une conduite semble boucher. Un appel, a été lancé auprès du plombier pour la réparation.

#### **IV. 4. 2. 3 Les réservoirs prismatiques**

Toujours dans l'optique de réduire la pénibilité de l'arrosage, des réservoirs prismatiques ont été réalisés par le projet. Chaque site compte 8 à 9 réservoirs qui servent de tampon pour l'irrigation des plantes. Par les pompes solaires, l'eau est acheminée aux réservoirs. Les producteurs puisent ensuite l'eau à l'aide de seaux et d'arrosoirs pour l'irrigation de leurs casiers. Tout comme l'initiative des pompes solaires, cette initiative de réservoirs tampons a été appréciée au début par les producteurs. Par la suite, ces réservoirs ont montré leurs faiblesses montrant la nécessité de suggérer des solutions d'amélioration.

Le réservoir type est un ouvrage construit en briques et mortier de ciment, avec une surface de 1 m<sup>2</sup> délimitée par des murets émergeant au-dessus du sol d'environ 1. Ces murets de 1m ne conviennent pas aux femmes enceintes et les personnes âgées. L'idée de supprimer les efforts physiques pour l'arrosage n'est pas satisfaite. Des producteurs chargent toujours et à la fois deux arrosoirs à bout de bras et se plaignent régulièrement de douleurs musculaires et articulaires.

En termes d'améliorations, des échanges avec des producteurs d'autres sites (dans le Sanmatenga, l'Oubritenga et le Kourwéogo) qui pratiquaient déjà l'irrigation avec des bassins rustiques ont révélé une solution d'amélioration. Ainsi le réservoir convenable sera un bassin de forme cylindrique avec une différence notable que le muret sera à moitié enterré. C'est-à-dire qu'il y aura 50cm dans le sol et 50cm hors sol. Et pour finir complètement avec la pénibilité pour l'arrosage, il faut réaliser un système d'irrigation moderne notamment l'irrigation par aspersion.

#### **IV. 5. Evaluation du rendement**

Afin de connaître le rendement sur chaque site, des carrés de rendement sont posés. Sur tous les trois sites la principale spéculation reste l'oignon qui occupe plus 90% de la surface cultivée. Les carrés de rendement ont été posés de sorte à couvrir tout le périmètre sur chaque site de production. Les rendements de l'oignon sont de 25.64t/ha à Raka, 18.25t/ha à Rouni et de 19t/ha à Ansouri. Les détails peuvent être vus en annexe.

En dépit de sa faible portion par rapport à l'oignon ; le rendement du chou a été aussi évalué. Le chou n'a été produit que sur le site de Raka. (Tableau 22 ; Annexe 3 de la page 65 pour les

détails du calcul).

#### **IV. 6. Compte d'exploitation de quelques producteurs par site**

Pour évaluer l'impact économique sur les producteurs, des comptes d'exploitation de 10 à 12 producteurs par site ont été dressés. La production est en stockage après la récolte pour être vendue en période de forte demande (aout-septembre). Néanmoins, les comptes d'exploitation ont été dressés avec des prix des spéculations sur le marché pour la période d'aout à septembre. C'est la période à laquelle le prix du sac de 54Kg peut atteindre 12500 à 15000FCFA.

Les Figure 17, Figure 18, et Figure 19 (Annexe 4 page 66) donnent le récapitulatif des revenus par producteur sur chaque site.

- En prévoyant que le système de conservation soit efficace, les producteurs sur le site de Raka pourront avoir des revenus nets compris entre 6330 à 119 386FCFA.
- En écoulant leur production durant juillet à aout, les exploitants de Rouni pourront enregistrer des revenus nets allant de 5 789 à 19 678FCFA. Ce qui est faible par rapport à l'exploitation d'une campagne. Le véritable souci reste les surfaces cultivées qui sont assez faibles sur ce site. Les producteurs n'ont pu exploiter que la moitié de la surface prévue (1Ha brut).
- Les revenus nets à Ansouri varient entre 10 789 et 44 733 FCFA. Les problèmes du site de Ansouri sont similaires aux problèmes du site de Rouni. La surface exploitée par un producteur est faible. Une fine amélioration s'observe pour les exploitants de Ansouri. Cela peut être expliqué par le fait que le leader à Ansouri est un producteur semencier. Ses capacités de production agricole sont au service de tous.

En dehors du site de Raka, les producteurs sur les deux autres sites n'ont pas des revenus nets moyens qui excèdent 50 000FCFA pour cette campagne 2018-2019. Le facteur principal ici est la superficie par exploitant. Elle reste très faible sur les trois sites, et encore plus faible sur les sites de Ansouri et de Rouni. Les superficies moyennes par exploitant sont de 44.88m<sup>2</sup>, 42.28m<sup>2</sup> et 111.43m<sup>2</sup> respectivement à Ansouri, Rouni et à Raka.

Cette situation est très problématique et risque d'entraîner l'abandon des périmètres si des améliorations ne sont pas faites. En effet, la zone des trois sites est une zone aurifère à exploitation traditionnelle (orpaillage). Des producteurs conjuguent la production maraichère avec la recherche de l'or. Tôt dans la matinée, ils arrosent leur parcelle maraichère puis prennent la direction des sites d'orpaillage. Nos enquêtes ont permis de savoir que les revenus cumulés de l'orpaillage avoisineraient 100 000FCFA par exploitant. Sans tenir compte des dangers issus des sites d'orpaillage, les producteurs seront tentés d'abandonner les périmètres maraichers

pour la recherche de l'or.

Au vu de ce risque d'abandon des périmètres, et dans le souci d'augmenter de façon significative, il est proposé l'agrandissement des périmètres maraichers sur chaque site. Avec le concours de la mission d'encadrement, les responsables de l'ONG Welthungerhilfe, il a été retenu de proposer en Avant-Projet Détaillé (APD) par site, un aménagement nouveau de 10 ha en micro aspersion, en mobilisant l'eau de forages. Les forages seront équipés de pompes immergées alimentées par un champ solaire. Cette proposition est dans l'optique des projets à venir et vise à permettre à chaque exploitant de disposer de 2 500m<sup>2</sup> comme surface d'exploitation.

En se basant sur les comptes d'exploitation et les rendements de la présente campagne, les revenus nets par exploitant pourraient atteindre un intervalle compris entre 800 000FCFA et 1 700 000FCFA par campagne. Mieux encore, avec une amélioration des techniques agricoles, l'application des intrants, les rendements connaîtront une hausse.

#### **IV. 7. Le point sur les infrastructures de conservation de la production**

Afin de permettre aux producteurs d'écouler la production de l'oignon bulbe à des périodes de fortes demandes, le projet BRACED a réalisé dans un premier temps des silos « Arziki » pour la conservation de l'oignon bulbe.



**Figure 8 Arziki réalisé par le projet BRACED pour la conservation d'oignon bulbe**

Cependant ces infrastructures ont vite montré leurs limites. En effet, les producteurs perdent une bonne partie (+50%) de leur production avant la période souhaitée (Aout à septembre) pour la vente. A partir de la campagne 2019 le projet a donc remplacé les silos « Arziki » par des silos « paillotes. »



**Figure 9 Silo en paille pour la conservation d'oignon bulbe**

#### **IV. 8. Le statut foncier**

Après des entretiens avec les producteurs, il ressort que tous les sites (Raka, Ansouri et Rouni) sont en situation d'emprunt. Pendant la saison hivernale, le propriétaire exploite le terrain pour la production céréalière (maïs ou sorgho). Le terrain est cédé pendant la saison sèche pour la production maraichère.

Cette situation n'est pas très adéquate pour les perspectives de la résilience proposées dans la suite de ce document. En effet, avec le développement des aménagements et des systèmes d'irrigation moderne, il deviendra crucial que le terrain appartienne exclusivement aux exploitants du projet. A cet effet, les propriétaires sont favorables pour de nouvelles discussions sur le statut foncier. Il appartient aux responsables du projet d'engager ces discussions pour acquérir définitivement le terrain pour les producteurs.

#### **IV. 9. Proposer des thèmes de formation et des spéculations pour les producteurs**

L'augmentation de la superficie par exploitant à elle seule ne garantit la hausse des revenus par exploitant. En effet, à la suite de nos discussions avec les producteurs et de nos observations, des thèmes de formation sont utiles pour améliorer la productivité sur les sites. Même si ces thèmes sont pour l'amélioration des périmètres actuels, ils restent importants pour une éventuelle extension des périmètres maraichers. Ci-dessous les thèmes proposés :

- Formation sur l'utilisation efficace des pompes auprès de tous les producteurs ou d'un nombre conséquent de producteurs. En effet, il est observé que la

manipulation des pompes reste la tâche d'une infime partie sur les sites. Leur absence entraîne le non fonctionnement des pompes.

- Formation sur la gestion optimale de l'eau sur un site maraicher.
- Animation régulière de la clinique de la plante sur tous les sites et en présence de tous les producteurs.
- Formation sur la technique de mise en marché des produits maraichers.
- Formation sur l'entrepreneuriat agricole en milieu rural.
- Formation sur les notions de l'analyse financière d'une production agricole.

#### **IV. 10. Conception d'un système d'irrigation moderne de 10ha et adapté pour chaque périmètre**

Pour rappel, cette optique est pour une faisabilité des extensions des périmètres assurer une superficie de 2 500m<sup>2</sup> par exploitant. Dans ce sens, chaque exploitant pourrait enregistrer des revenus nets allant de 800 000 à 1 700 000FCFA par campagne. Les résultats du dimensionnement du réseau d'irrigation par micro aspersion de 10ha par site se déclinent comme suit.

##### **IV. 10. 1. Détermination des besoins des cultures**

La spéculation retenue pour le dimensionnement du réseau est la tomate du fait de sa profondeur d'enracinement plus grande que les autres. La campagne débute en mi-novembre et le cycle de la tomate choisi est de 145 jours.

**Tableau 6 Grandeurs de base d'irrigation**

Sites	K <sub>sat</sub> (mm/h)	RU	Zr	p	RFU	BMP	F(j)	T(j)
<b>Raka</b>	3,3	142	0,6	0,309	<b>26,33</b>	<b>7,32</b>	3,60	<b>3</b>
<b>Ansouri</b>	12,03	141	0,6	0,309	<b>26,14</b>	<b>7,32</b>	3,57	<b>3</b>
<b>Rouni</b>	10	144	0,6	0,309	<b>26,70</b>	<b>7,32</b>	3,65	<b>3</b>

Les détails sont à Annexe 5 (0 page 71)

##### **IV. 10. 2. Configuration du système d'irrigation**

Le design parcellaire passe avant tout par la détermination des superficies de chaque parcelle. Une superficie nette d'environ 0.25ha est préconisée pour chaque producteur. Ainsi, une surface brute de 11ha pour l'aménagement est mobilisée. Après avoir réservé 10% de la superficie pour des usages diverses (routes, infrastructures et équipements, des espaces de repos et de stockage), chaque producteur peut bénéficier d'une superficie de  $79 \times 31 \approx 0.25$ ha.

A la suite des échanges entre les parties prenantes (producteurs, responsables du projet, les

encadreurs et les stagiaires), il a été retenu le système d'irrigation par micro-aspiration.

– **Les asperseurs choisis :**

Le choix des asperseurs prend en compte, la vitesse d'infiltration  $K_{sat}$  du sol et les paramètres climatiques notamment la vitesse du vent. Ainsi après vérification des conditions d'espacement, de la pluviométrie en rapport avec  $K_{sat}$ , l'asperseur « Arroseur papillon Tête » est retenu pour le système d'irrigation. Il est du fournisseur KMB RESSOURCES SDN. BHD. Le fournisseur peut être contacté par le site de vente Alibaba ou [www.kmb.net.my](http://www.kmb.net.my). Les caractéristiques de l'asperseur sont :

- Débit (l/h) =45
- Pression nominale  $P_n$  (bar)=1
- Diamètre mouillé  $D_m$ (m)=8m

La disposition des asperseurs est le suivant :

- 2.5X2.5 pour les sites de Ansouri et du Rouni. Ce qui donne une pluviométrie de 7.2mm/h qui est inférieure aux  $K_{sat}$  (12.02 et 10mm/h).
- 3.2 × 4.5 pour le site de Raka. Ce qui donne une pluviométrie de 3.13mm/h qui est inférieur au  $K_{sat}$  de 3.28mm/h.

– **Dispositions des conduites**

Le réseau de conduites sera disposé de manière à exploiter le maximum des pentes. Ainsi, une conduite primaire (transport) passera par le milieu du périmètre. Les conduites secondaires serviront de bornes pour les conduites tertiaires (portes-rampes). Chaque conduite tertiaire servira de bornes pour 10 parcelles individuelles. Chaque porte-rampe approvisionnera deux parcelles individuelles. Il y a 30 positions de rampes par parcelle individuelle à Ansouri et à Rouni. A Raka chaque parcelle individuelle compte 17 rampes. La Figure 10 ci-dessous donne la configuration du système de 10Ha.

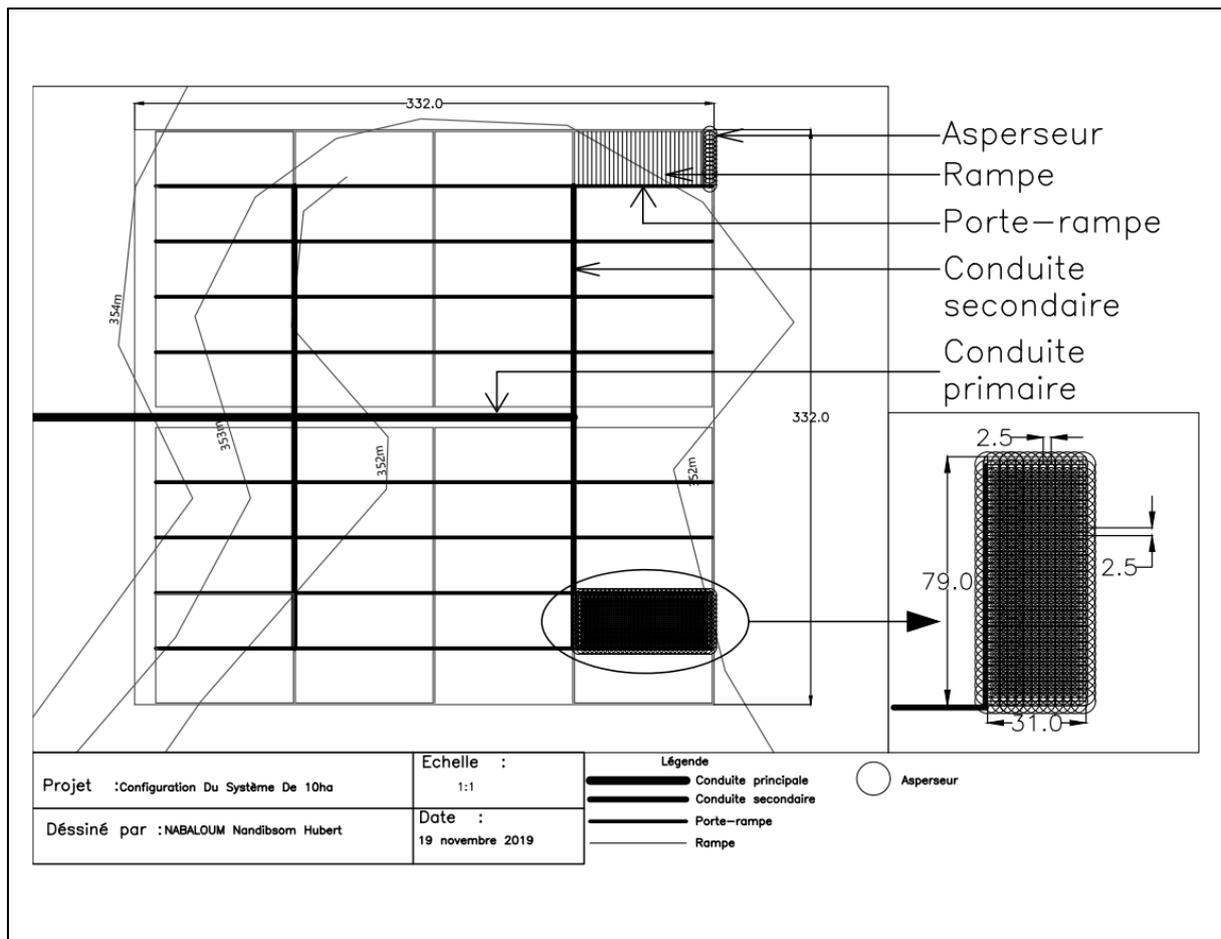


Figure 10 Configuration du système (10ha)

- Le nombre de rampes en fonctionnement simultané

$$N_{rampe, sim} = \frac{N_{rampe}}{T(j) \times N_s}$$

T(j) : tour d'eau

N(s) : nombre de poste d'arrosage par jour qui est fonction Ts(h) et du temps maximal de travail par jour qui peut aller à 22h avec le système d'irrigation par aspersion.

$$T_s(h) = \frac{D_b}{P_{asp}}$$

: Il s'agit du temps d'arrosage par poste d'arrosage.

Tableau 7 Rampes en fonctionnement simultané à Ansouri et à Rouni

Ansouri et Rouni		
Nasp/rampe		13
Nrampe		30
Ts(h)	D <sub>b</sub> /Pas (mm/h)	4
Ns		5
Nrampe, sim	Nrampe/T(j)*Ns	2
Débit de fonctionnement (m <sup>3</sup> /h)	Nram_simple*Qrampe	43.2

**Tableau 8 Rampes en fonctionnement simultané à Raka**

<b>Nasp/rampe</b>		<b>9</b>
<b>Nrampe</b>		17
<b>Ts(h)</b>	Db/Pas (mm/h)	10
<b>Ns</b>		2
Nrampe, sim	<b>Nrampe/T(j)*Ns</b>	<b>3</b>
Débit de fonctionnement (m <sup>3</sup> /h)	<b>Nram_simple*Qrampe</b>	<b>45.9</b>

### **IV. 10. 3. La ressource en eau**

La pérennité de la ressource en eau est le premier facteur pour la réussite d'un projet d'aménagement agricole. Ainsi, il est crucial de trouver la source d'eau idéale pour parvenir à la réalisation de la proposition d'aménagement ci-dessus. Sur l'ensemble des sites, les puits constituent la ressource en eau. L'essai de pompage sur les puits a révélé des capacités n'excédant pas 30m<sup>3</sup>/j. Cela est largement en dessous des besoins en eau pour les sites de Raka (45.9m<sup>3</sup>/h), Ansouri et Rouni (43.2m<sup>3</sup>/h).

Avec le concours de tous les acteurs du projet, il a été recommandé de retenir les forages comme source d'eau. Une analyse est faite sur l'ensemble des forages autour des sites pour connaître les débits potentiels d'éventuels nouveaux forages. Des bases de données de 2iE et de la DEIE ont permis d'effectuer cette analyse.

Après une analyse de ces bases de données, les potentialités des forages par site se décrivent comme suit.

Dans un rayon de 5km, le maximum des débits est de 3.5m<sup>3</sup>/h pour les sites de Ansouri et de Rouni. Il faut aller à des rayons de 15 à 20km pour retrouver des débits de 9 à 13.5m<sup>3</sup>/h. Pour notre aménagement de 20 Ha (10 à Ansouri et 10 à Rouni), en prenant des forages avec des débits de 5m<sup>3</sup>/h, il faudrait 20 forages pour assurer les besoins de pointe. Pour des forages de 10m<sup>3</sup>/h, il en faudrait 10 pour assurer les besoins. Une telle réalisation sera fastidieuse et est improbable. Au vu de cette difficulté, il est suggéré de répartir les 10 Ha sur plusieurs sites pour avoir des aménagements de 1 à 2 ha par site.

Les forages autour du site de Raka ont des débits intéressants. Dans un rayon de 5km, il est trouvé des débits de 2 à 6.7m<sup>3</sup>/h. Entre 5 et 10 km de rayon, des forages ont des débits de 9 à 16.20m<sup>3</sup>/h. Ces données permettent d'affirmer qu'il est très probable d'avoir des forages avec des débits de 10m<sup>3</sup>/h voir plus pour le site de Raka. Avec les besoins de pointes qui sont de 45.9m<sup>3</sup>/h, 6 forages seront nécessaires. Le site de Raka est logé dans un aménagement PRP d'environ 30ha. Toujours dans l'optique de réduire le débit de fonctionnement, il est

recommandé de diviser les 10 Ha sur plusieurs aménagements de 1 à 2 Ha. Un aménagement de 2ha est retenu pour avoir 5 périmètres maraichers par site.

#### IV. 10. 4. Note de calcul de l'aménagement de 2 ha

##### IV. 10. 4. 1 Configuration du système

Les besoins en eau et les asperseurs restent les mêmes. Par contre la configuration du système change. Chaque producteur dispose d'une superficie de 0.25ha (69x36). Une conduite principale passe par le milieu. Chaque parcelle individuelle dispose d'une borne qui sert de porte-rampe. Il y a au total 3024 positions d'asperseurs et 216 positions de rampes (27 par parcelle individuelle) pour les sites de Ansouri et du Rouni. Le site de Raka compte 1080 positions d'asperseurs et 120 positions de rampes (15 par parcelle individuelle).

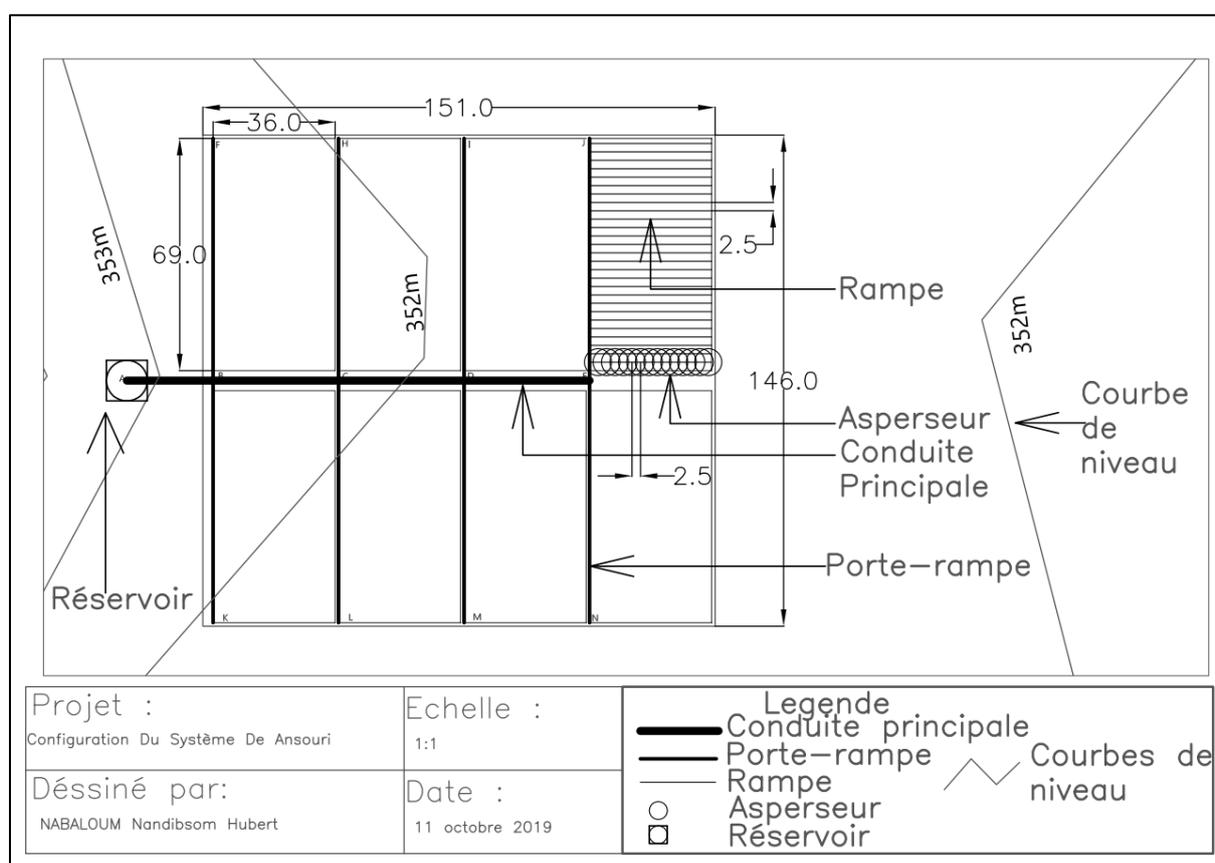


Figure 11 Configuration du système de Ansouri

Il est retenu comme asperseur, « **Arroseur papillon Tête** » pour système d'irrigation du fournisseur KMB RESSOURCES SDN. BHD. Le fournisseur peut être contacté par le site de vente Alibaba ou [www.kmb.net.my](http://www.kmb.net.my). Les caractéristiques de l'asperseur sont :

- Débit (l/h) =45
- Pression nominale Pn (bar)=1
- Diamètre mouillé Dm(m)=8m

La disposition des asperseurs est le suivant :

- 2.5X2.5 pour les sites de Ansouri et de Rouni. Ce qui donne une pluviométrie de 7.2mm/h qui est inférieure aux K<sub>sat</sub> (12.02 et 10mm/h).
- 3.2 × 4.5 pour le site de Raka. Ce qui donne une pluviométrie de 3.13mm/h qui est inférieur au K<sub>sat</sub> de 3.28mm/h.

Les rampes en fonctionnement simultanée sont à l'échelle de la parcelle individuelle.

- 2 rampes sont en fonctionnement simultanée à Ansouri et à Rouni
- 3 rampes sont en fonctionnement simultanée à Raka

**Tableau 9 Rampes en fonctionnement simultanée à Ansouri et à Rouni**

Ansouri et Rouni		
<b>Nasp/rampe</b>		14
<b>Nrampe/pi</b>		27
<b>Ts(h)</b>	D <sub>b</sub> /Pas (mm/h)	4.4
<b>Ns</b>		4
<b>Qe (l/s/ha)</b>		<b>1.67</b>
<b>Nrampe, sim/pi</b>	<b>Nrampe/T(j)*Ns</b>	<b>2</b>
Débit de fonctionnement (m <sup>3</sup> /h)	<b>Nram_simple*Qrampe</b>	<b>10.08</b>

**Tableau 10 Rampes en fonctionnement simultanée à Raka**

<b>Nasp/rampe</b>		<b>9</b>
<b>Nrampe</b>		15
<b>Ts(h)</b>	D <sub>b</sub> /Pas (mm/h)	8.4
<b>Ns</b>		2
<b>Qe (l/s/ha)</b>		<b>1.45</b>
<b>Nrampe, sim/pi</b>	<b>Nrampe/T(j)*Ns</b>	<b>3</b>
Débit de fonctionnement (m <sup>3</sup> /h)	<b>Nram_simple*Qrampe</b>	<b>9.72</b>

Avec la proposition de 2 × 5Ha, le débit de fonctionnement revient à 10.08m<sup>3</sup>/h pour les sites de Ansouri et de Rouni. Le débit de fonctionnement du site de Raka est 9.72m<sup>3</sup>/h.

#### IV. 10. 4. 2 Dimensionnement des conduites

Les diamètres des conduites sont choisis en fonction du débit et des pertes de charges. Les formules de calcul et de choix des diamètres sont mentionnées dans la « partie matériels et méthodes ».

**Tableau 11 Conduites Ansouri et Rouni**

Diamètre des conduites								
Tronçon	Matériaux	V <sub>max</sub> (m <sup>3</sup> /s)	Q (m <sup>3</sup> /h)	D <sub>th</sub> (mm)	D <sub>int</sub> (mm)	DN	PN	V <sub>réel</sub> (m/s)
Conduite Principale	PVC	1,7	10,08	45,81	59,2	63	6	1,02

Porte-rampe	PVC	1,7	1.26	16.19	22.7	25	6	0,87
Rampe	PE	1,7	0.63	11.45	22.7	25	6	0.43

**Tableau 12 Conduites, Raka**

Diamètre des conduites								
Tronçon	Matériaux	Vmax (m <sup>3</sup> /s)	Q (m <sup>3</sup> /h)	Dth (mm)	Dint (mm)	DN	PN	Vréel (m/s)
Conduite Principale	PVC	1,7	9.72	44.98	59,2	63	6	0.98
Porte-rampe	PVC	1,7	1.22	15.90	22.7	25	6	0.83
Rampe	PE	1,7	0,41	9.18	22.7	25	6	0.28

Les pertes de charges par friction et singulières calculées par la formule de Colebrook, Calmon et Lechapt sont énumérées à titre indicatif dans les tableaux suivants :

**Tableau 13 Pertes de charges Ansouri;**

Pertes de charge par type conduite/Ansouri			
Conduite	Rampes	Porte-rampes	Conduite principale
Nature	PE	PEHD	PEHD
Vmax (m/s)	1,7	1,7	1,7
Q (m <sup>3</sup> /h)	0,63	1,26	10,08
Dint (mm)	22,7	46,4	59,2
a	0,001	0,001	0,001
n	1,84	1,84	1,84
m	4,88	4,88	4,88
DH (m/m)	0,013	0,001	0,020
L(m)	36	72	136,4
DH(m)	0,46	0,10	2,68
F	0,387	0,37	0,415
DH*F	0,18	0,04	1,11
Eamt-Eav (m)	0	0	1
Dhtot(m)	0,18	0,04	0,11
Pnom(m)=10m			
Hadm(m)=0,2*Pnom=2m			
Htot(m)	0,33	<	2

**Tableau 14 Pertes de charges, Rouni**

<b>Pertes de charge par type conduite/Rouni</b>			
Conduite	Rampes	Porte-rampes	Conduite principale
Nature	PE	PEHD	PEHD
Vmax (m/s)	1,7	1,7	1,7
Q (m <sup>3</sup> /h)	0,63	1,26	10,08
Dint (mm)	22,7	46,4	59,2
a	0,001	0,001	0,001
n	1,84	1,84	1,84
m	4,88	4,88	4,88
DH (m/m)	0,013	0,001	0,020
L(m)	36	72	147,7
DH(m)	0,46	0,10	2,91
F	0,387	0,37	0,415
DH*F	0,18	0,04	1,21
Eamt-Eav (m)	0	0	1
Dhtot(m)	0,18	0,04	0,21
Pnom(m)=10m			
Hadm(m)=0,2*Pnom=2m			
<b>Htot(m)</b>	<b>0,42</b>	<b>&lt;</b>	<b>2</b>

**Tableau 15 Pertes de charges, Raka**

<b>Pertes de charge par type conduite/Raka</b>			
Conduite	Rampes	Porte-rampes	Con principale
Nature	PE	PEHD	PEHD
Vmax (m/s)	1,7	1,7	1,7
Q (m <sup>3</sup> /h)	0,405	1,215	9,72
Dint (mm)	22,7	46,4	59,2
a	0,001	0,001	0,001
n	1,84	1,84	1,84
m	4,88	4,88	4,88
DH (m/m)	0,006	0,001	0,018
L(m)	36	72	142
DH(m)	0,21	0,09	2,61
F	0,387	0,37	0,415
DH*F	0,08	0,04	1,08
Eamt-Eav (m)	0	0	1
Dhtot(m)	0,08	0,04	0,08
Pnom(m)=10m			
Hadm(m)=0,2*Pnom=2m			
<b>Htot(m)</b>	<b>0,20</b>	<b>&lt;</b>	<b>2</b>

#### **IV. 10. 4. 3 Choix et caractéristiques de la pompe**

Bien que l'emplacement exact de la source d'eau (forages) ne soit pas encore défini, il a été choisi une pompe en fixant une HMT maximale de 45m.

Le choix s'est fait dans la gamme des produits du fabricant Grundfos.

En fonction du débit d'exploitation (181.44m<sup>3</sup>/j et 194.4m<sup>3</sup>/j) et de la hauteur manométrique totale (60m), la pompe la mieux adaptée est la **SP 14A-13**. Elle fait partie de la gamme des pompes immergées multicellulaires pour l'arrosage, l'irrigation, l'adduction d'eau. La pompe est entièrement en Acier inoxydable DIN W.-Nr. DIN W.-Nr. 1.4301.

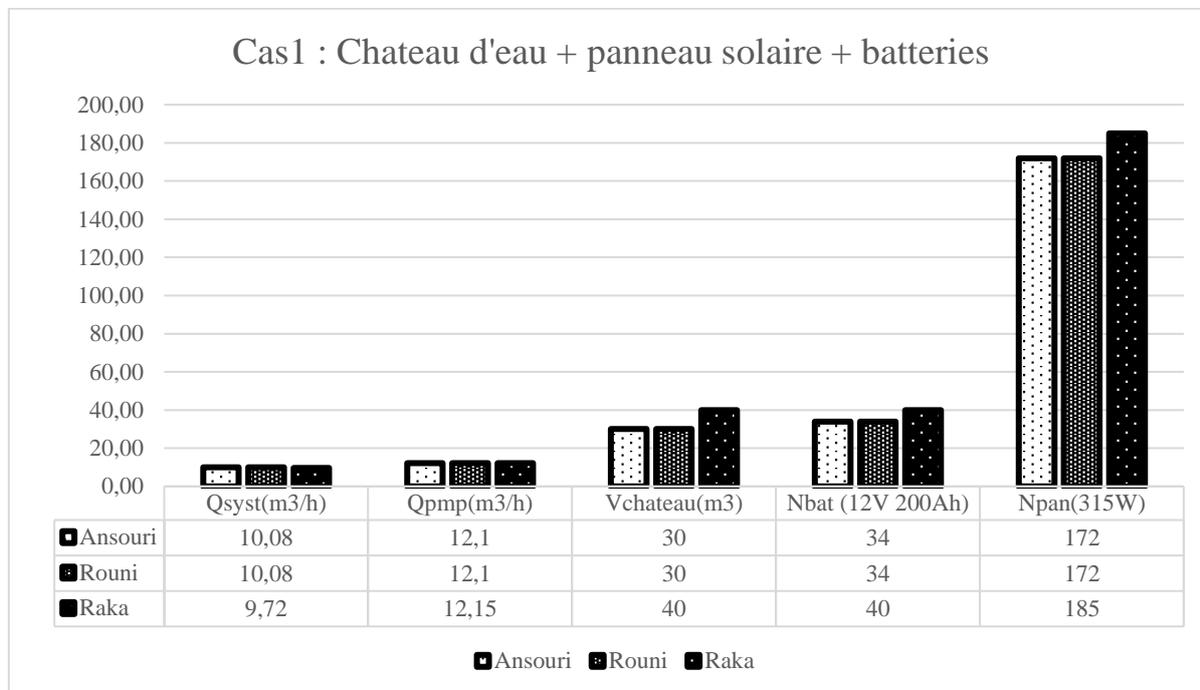
La pompe débite 14.2m<sup>3</sup>/h avec une HMT de 45m. La température maximale du liquide est 40°. La puissance nominale de la pompe est 4.17KW avec un facteur de puissance (cosφ) de 0.8 à 0.77. En considérant une puissance au démarrage égale à 2 fois la puissance nominale, on a

une puissance appelée de 8.34KW. Le point de fonctionnement en Annexe 7 à la page 80

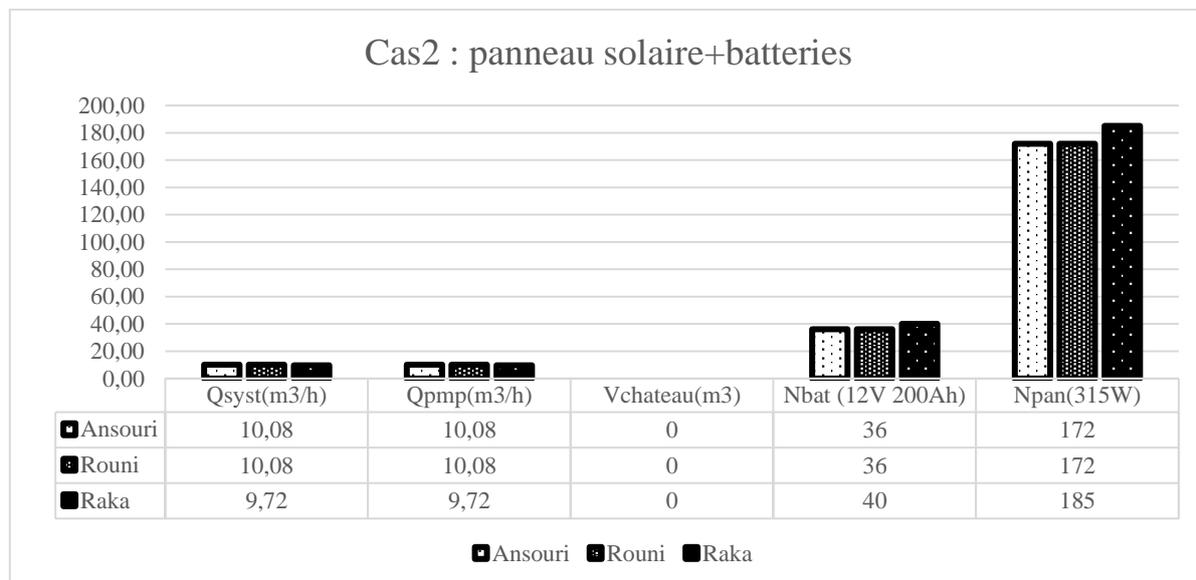
#### IV. 10. 4. 4 Calcul du château d'eau et du champ solaire pour le pompage

Les résultats des différents cas sont donnés par les graphiques ci-dessous.

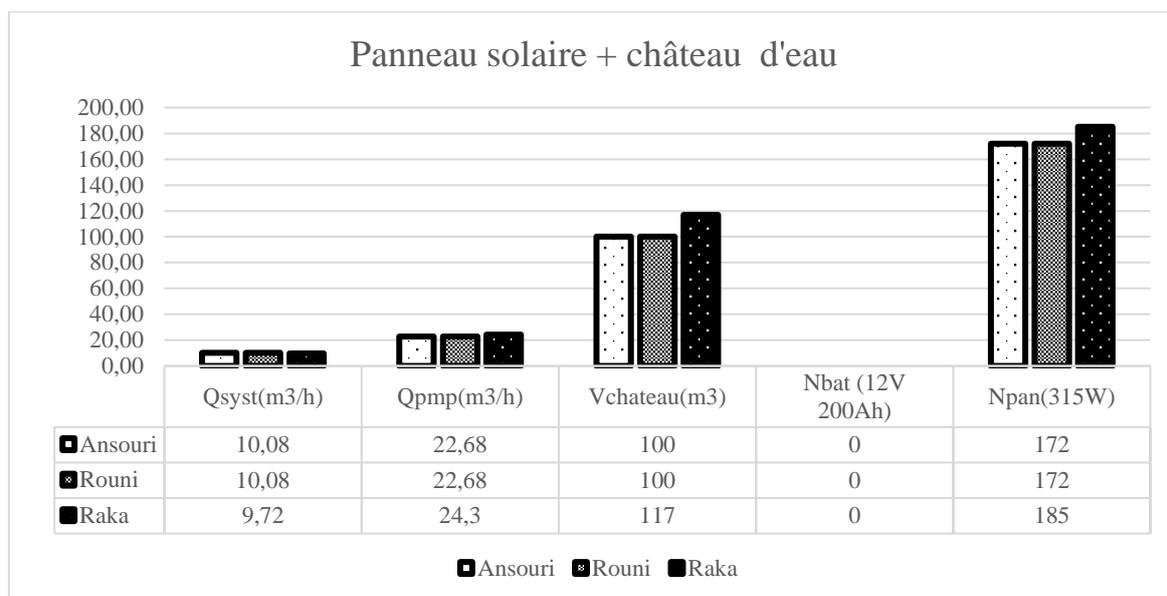
##### Cas 1 : Pompage avec un château d'eau, des panneaux solaires et des batteries



##### Cas 2 : Pompage des panneaux solaires, des batteries et sans un château d'eau



### Cas3 : Pompage avec un château d'eau et sans des batteries



#### Commentaires

- Le cas3 a un débit de pompage très élevé (24.3m<sup>3</sup>/h) et le volume du réservoir est aussi élevé (100m<sup>3</sup>). De ce fait, cette configuration est à écarter.
- Le cas2 est plus avantageux en termes d'équipements (pas de château d'eau, débit de pompage réduit). Mais le fonctionnement sera difficile car le temps de pompage est le même que le temps de travail (20h). Un arrêt de la pompe conduira à un arrêt de l'arrosage.
- Le cas1 reste le plus complet. Son débit de pompage est raisonnable ( $\approx 13\text{m}^3/\text{h}$ ). Il demandera plus d'investissement par rapport au deuxième cas. Mais, avec la facilité qu'il offrira dans le fonctionnement, il sera judicieux de retenir ce cas (Cas1) comme configuration. Les modules seront fixés sur des cadres métalliques à une hauteur de 1.5m du sol. L'inclinaison sera de 13° vers le sud. L'Annexe 6 à la page 77 donne les détails du calcul du champ solaire.

#### IV. 10. 4. 5 Construction de locaux

Pour permettre au personnel chargé de la gestion du système de mieux s'acquitter de ses obligations de gérant, la réalisation d'équipement d'infrastructure technique de gestion et pour ce faire les équipements listés ci-dessous sont à réaliser.

**Local technique**, c'est un local spécialement aménagé pour abriter les équipements tels que l'armoire électrique de commande et d'avertissement du forage, les accessoires, un bureau pour la gestion des équipements.

**Local gardien** Un local gardien sera également construit pour abriter le gardien chargé d'assurer la sécurité des équipements. Il sera collé au local technique. Les infrastructures de l'AEPS (Bâtiments, champs PV) seront clôturées par du grillage et par un portail double battant

muni de cadenas. Le local gardien sera éclairé par deux (02) réglottes fluorescentes. Une réglotte sera installée à l'intérieur du local technique et une autre parfaitement étanche de 18W sera installée sur la façade du local technique. Les luminaires commandés par un interrupteur double allumage.

## **V. ETUDE D'IMPACT ENVIRONNEMENTAL**

Il faut préserver pour les générations futures l'environnement et le cadre de vie dans lequel nous vivons. Ainsi, au Burkina Faso plusieurs lois et règlements obligent les promoteurs privés ou publics à respecter l'environnement lorsqu'ils projettent des travaux et aménagements qui peuvent avoir des impacts sur l'environnement.

### **V. 1. Revue du cadre juridique et institutionnel**

Le cadre juridique et institutionnel des Études environnemental et social est régi par plusieurs clauses, dont les suivantes :

- ✓ Plan d'Environnement pour le Développement Durable (PEDD) fondé en 2006 détermine les moyens (moyens juridiques, institutionnels, opérationnels, financiers) pour atteindre les objectifs et propose les axes prioritaires d'intervention ainsi que les mesures d'accompagnement nécessaires à la réalisation du développement durable au Burkina Faso ;
- ✓ Politique nationale d'Environnement (PNE) en 2007 vise à créer un cadre de référence pour la prise en compte des questions environnementales dans les politiques et stratégies de développement ;
- ✓ Politique forestière nationale en 1998 vise à contribuer à la lutte contre la désertification, à l'atteinte de l'autosuffisance alimentaire ;
- ✓ Plan d'Action pour la Gestion Intégrée des Ressources en Eau (PAGIRE) en 2003
- ✓ Le décret n°20151187/PRESTRANS/ PM/MERH/MATD /MME/MS/MARHASA/ MRA/MICA/MHU/MIDT/MCT du 22 octobre 2015 portant conditions et procédures de réalisation et de validation de l'évaluation environnementale stratégique, de l'étude et de la notice d'impact environnemental et social ; L'article 5 dudit décret classe les projets en trois (03) catégories :
  - Catégorie A : Activités soumises à une étude d'impact environnemental et social ;
  - Catégorie B : Activités soumises à une notice d'impact environnemental et social ;
  - Catégorie C : Activités faisant objet de prescriptions environnementales et sociales.

## V. 2. Description de l'état initial du milieu biophysique et humain

Le site du projet est caractérisé par un climat sahélien. La saison des pluies se situe entre juin et septembre (90% de la pluie annuelle) au cours de laquelle il est enregistré en moyenne 1431 mm en aout. La saison sèche entre octobre et mai durant laquelle souffle l'harmattan, un vent chaud et sec, originaire du Sahara. Le sol est caractérisé par un couvert argileux à Raka et Argilo-limoneux à Ansouri (et Rouni). Les formations végétales rencontrées dans la zone d'étude sont essentiellement :

- La steppe arborée, caractérisée par un peuplement de ligneux avec des espèces de moins de sept mètres de hauteur ;
- La steppe herbacée, présente sur l'ensemble de la zone. Elle constitue un tapis herbeux et est généralement associée à une formation ligneuse constituée de petits arbres et d'arbustes éparpillés

Les puits constituent essentiellement la source d'eau sur les trois sites. La faune est principalement constituée de petits insectes, des reptiles (quelques serpents).

Quant au milieu humain, on peut dire qu'il ne diffère pas en grand-chose aux habitudes du citoyen burkinabé. La population de Tikaré est estimée à 5 878 habitants. Celle de Rouko est de 13 175 habitants (Source Wikipédia). Les Mossés forment l'ethnie majoritaire.

## V. 3. Analyse des impacts du projet

Le tableau ci-haut traduit les interactions des travaux de réalisation et d'exploitation du basfond avec les différentes composantes de la nature (c'est-à-dire le milieu biophysique et le milieu humain). Plus précisément, il a été question de déterminer pour chaque activité les différents milieux avec lesquelles elle peut avoir des impacts (positifs ou négatifs). Après identification, de ceux-ci, la matrice de Fecteau a permis d'évaluer l'importance de ces impacts.

**Tableau 16 matrice numérique d'évaluation des impacts**

Activités sources d'impacts	Milieu Biophysique				Milieu humain		
	Faune	Flore	Air	Sol	Santé	Économie	Mœurs
Présence de la main d'œuvre					X	X	X
Débroussaillage	X	X	X	X	X		
Fouille pour la pose des conduites			X	X		X	
Réalisation du ou des forages	X		X	X		X	
Exploitation du forage	X	X			X		
Exploitation de l'aménagement	X	X				X	
Installation et exploitation du champ solaire			X	X		X	

**Tableau 17 Matrice de Fecteau pour l'évaluation de l'importance des impacts**

Elément du milieu		Activités source d'impact	Impacts	Nature	Interaction directe (D)	Portée	Durée	Intensité	Importance
Milieu Biophysique	Faune	Travaux de terrassement	Éloignement de la faune : destruction habitat	-	D	P	C	F	Mineur
		Exploitation de l'aménagement	Régénération micro climat	+	D	P	M	F	Mineur
	Flore	Travaux de terrassement	Destruction du couvert végétal	-	D	P	L	F	Mineur
		Exploitation de l'aménagement	Reforestation	+	D	P	L	F	Mineur
	Eau	Intrant chimique	Pollution des eaux souterraine	-	D	L	L	F	Modérer
	Air	Réalisation des forages	Pollution de l'air	-	D	P	C	F	Mineur
		Station de pompage	Nuisance sonore	-	D	P	L	F	Mineur
	Sol	Travaux de terrassement	Erosion du sol	-	D	P	C	F	Mineur
Milieu humain	Emplois	Recrutement de main d'œuvre local	Formation et salarisation	+	D	L	L	F	Mineur
	Economie	Travaux de réalisation	Développement micro commerce	+	I	P	C	F	Mineur
		Exploitation de l'aménagement	Développement micro commerce	+	D	L	L	F	Mineur
	Santé	Promiscuité	Risque de propagation IST/MST	-	I	L	L	F	Modérer
		Travaux de réalisation	Risque d'accident	-	D	P	C	F	Mineur

- ✓ D : interaction directe
- ✓ I : interaction indirecte
- ✓ P : portée ponctuelle
- ✓ L : portée locale (rayon de 10km)
- ✓ C : courte durée (1 an)
- ✓ L : longue durée (10 ans)
- ✓ M : durée longue (>10ans)

✓ F : faible intensité

En conclusion, il ressort que le projet est respectueux de l'environnement. Pour la plupart des impacts, l'importance est mineure ; exception faite du risque de contamination des eaux souterraines et du risque de propagation des IST/MST où l'importance est modérée.

## **V. 4. Mesure de gestion des impacts environnementaux et sociaux**

### **V. 4. 1. Les mesures de prévention**

Comme mesures de préventions, il faut :

- ✓ Prioriser la main-d'œuvre locale dans toutes les tâches où cela est possible ;
- ✓ Doter les travailleurs d'équipements individuels de sécurité ;
- ✓ Sensibiliser les travailleurs et les riverains sur le danger des IST/MST et les nombreux dommages que ces maladies engendrent tant au plan sanitaire que social ;
- ✓ Baliser le site des travaux ;
- ✓ Limiter l'accès au site au riverain

### **V. 4. 2. Les mesures d'atténuation**

Les quelques mesures suivantes peuvent aider à atténuer les impacts négatifs identifiés du projet

- ✓ La formation des exploitants sur l'utilisation et la fabrication des intrants biologiques tels que les pesticides biologiques et la fabrication locale du compost ;
- ✓ La sensibilisation de la population sur le dosage à appliquer des intrants chimiques ;
- ✓ L'arrosage à fréquence régulière du site lors des travaux de terrassement pour limiter au mieux la pollution de l'air ;
- ✓ Prévoir un entretien régulier de la station de pompage pour réduire les nuisances sonores.

## **VI. EVALUATION DE LA RENTABILITE DU PROJET**

La réalisation de ce projet suscitera nécessairement des appels à investisseurs. Ainsi, comme tout projet d'aménagement il convient de faire ressortir les couts estimés et surtout d'évaluer la rentabilité globale de l'ensemble de l'aménagement afin d'attirer au mieux les investisseurs. De ce fait, il est établi une étude économique basée sur quelques hypothèses.

- L'oignon considéré comme étant la culture maraichère la plus prisée sera pris comme référence de calcul des recettes attendues. C'est la spéculacion la plus cultivée sur les trois sites.
- La disponibilité et la stabilité des prix des matériaux de construction avant la fin des travaux de construction et de l'installation des équipements
- L'existence d'un marché local soutenu pour la valorisation monétaire des productions agricoles du périmètre.
- Le maraichage est une activité de contre saison qui se pratique en saison sèche, les calculs financiers seront faits sur la base d'exploitation de 2 ha d'oignon en contre saison. Ensuite, cela sera rapporté à 10Ha par site c'est-à-dire 5 aménagements de 2ha.
- Le rendement moyen de l'oignon est de 25 t/ha (SP/CPSA, 2013) et le cout minimal de vente au champ est de 250 FCFA/kg (MARHASA, 2015). Cela est conforme au rendement sur le site de Raka qui est de 25.64t/ha.

## VI. 1. Devis quantitatif et estimatif du projet

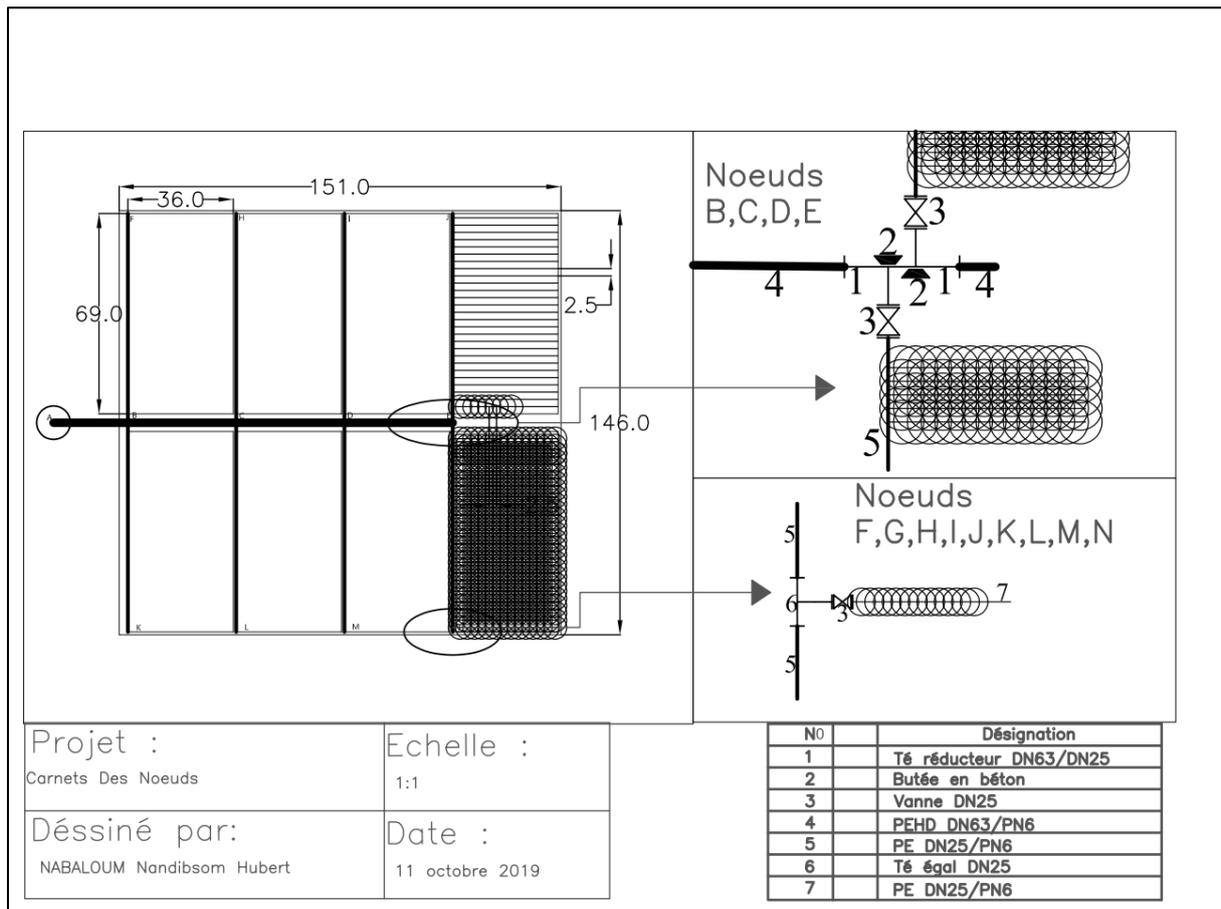


Figure 12 carnets des nœuds

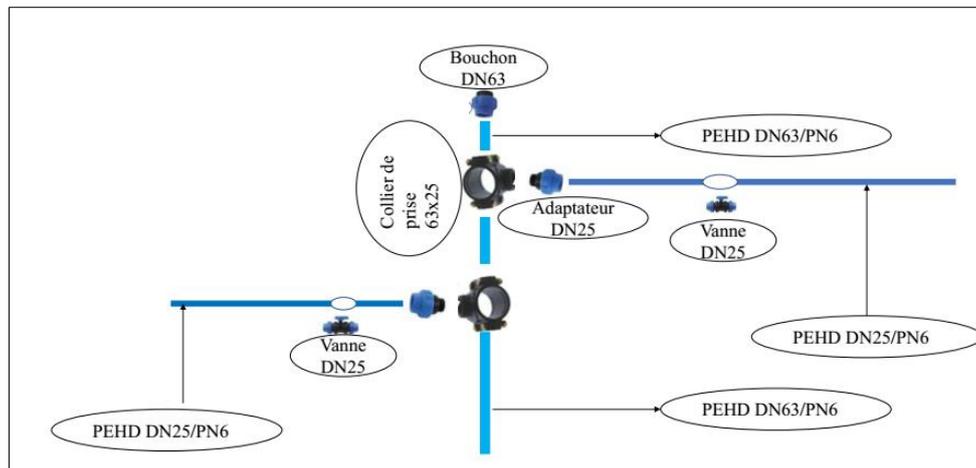


Figure 13 Détails des pièces de raccordement des nœuds B, C, D, E

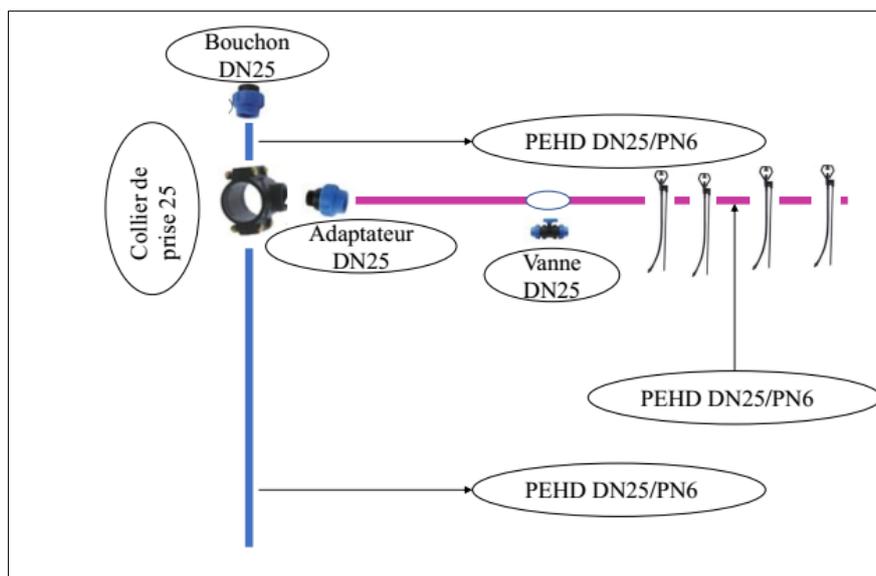


Figure 14 Détails des pièces de raccords des nœuds F, G, H, I, J, K, L, M

A la suite du dimensionnement le cout total d'investissement est évalué à travers un devis quantitatif et estimatif. Il s'élève à **19 619 762 FCFA TTC** sans le forage, le système de pompage et de stockage. Ce qui revient **9 809 881 FCFA TTC** par hectare.

Avec le forage et tous les équipements de pompage, le cout total revient à **30 010 881 FCFA TTC** par hectare.

## VI. 2. Compte d'exploitation et rentabilité de l'aménagement de 2ha

Pour connaître la rentabilité du projet, il faut estimer les charges d'exploitation par campagne. Ensuite, il a été évalué le chiffre d'affaire probable de la production. Le tableau ci-dessous donne les détails d'un compte d'exploitation pour un hectare et pour une campagne.

Tableau 18 Compte d'exploitation du périmètre par hectare

Charges d'exploitation par hectare					
n°	Désignation	Unité	Quantité	Prix unitaire	Prix total
01	Fumure organique	t	20	10 000	200 000
02	NPK	Sac (50kg)	3	16 500	49 500
03	Urée	Sac (50kg)	2	18 000	36 000
04	Pesticide	litre	1	5 000	5 000
05	Semence	Boite (100g)	4	6 250	25 000
06	Redevance eau d'irrigation	ff	4	50 000	200 000
<b>Total charge</b>					<b>515 500</b>
10	Vente	kg	25 000	250	6 250 000
<b>Valeur nette ajoutée/ha</b>					<b>5 734 500</b>

Il ressort de ce compte d'exploitation, un bénéfice de 5 734 500FCFA/ha. Ce qui donne un

revenu net de 1 433 625 FCFA par exploitant et par campagne. Ce qui revient à 2 867 250 FCFA par exploitant pour deux campagnes par saison. Un hectare est exploité par 4 producteurs. Dans ces conditions d'exploitation, chaque aménagement de 2ha génère un bénéfice de 22 938 000 FCFA par saison de deux campagnes. Ce qui fait un retour sur investissement de 3 ans sur une durée d'exploitation minimale de 10.

## **VII. CONCLUSION**

Au terme de cette étude, il est évident que les périmètres maraichers de Ansouri, de Rouni et de Raka sont dans un fonctionnement difficile. La source d'eau n'est pas suffisante et les moyens de pompage restent peu efficaces. Ce qui entraîne des surfaces individuelles très faibles. Les revenus nets sont trop peu par rapport à la production d'une campagne. Seul à Raka que la moyenne dépasse 50 000FCFA.

A ces difficultés, il existe des solutions pour améliorer la production et dans le même sens les revenus. Il s'agit de remplacer les puits par forages équipés de pompes solaires. Ensuite, il faut augmenter les surfaces individuelles d'exploitation et équiper les sites par un système d'irrigation par micro-aspersion. Une surface totale de 10 ha pour 40 exploitants est la proposition que nous avons formulée.

L'étude de la proposition ci-dessus a révélé :

- ✓ Des revenus nets de 1 433 625FCFA par exploitant et par campagne soit 2 867 250 FCFA pour deux campagnes par saison.
- ✓ Un investissement de 60 021 762 FCFA TTC pour 2 ha et un retour sur investissement de 3 ans.
- ✓ Une réalisation respectueuse de l'environnement

## **VIII. RECOMMANDATIONS**

A l'issue des activités, les sites présentent une difficulté majeure laquelle est la disponibilité de la ressource en eau. Cette difficulté est à la base des faibles surfaces d'exploitation, de l'inadéquation de l'arrosage par les producteurs. Ce qui a conditionné la proposition d'aménagements nouveaux. Il s'agit concrètement de réaliser 10ha pour 40 exploitants par site. Avec la contrainte de la disponibilité en eau, il faut répartir les 10 ha en 5 aménagements différents de 2ha avec producteurs par 2ha. Tout au long des travaux, certains aspects techniques se sont révélés importants et méritent d'être explorés pour contribuer à la durabilité des aménagements. Ainsi les recommandations ci-dessous sont formulées à l'endroit des responsables programme BRACED.

- Réaliser une étude de faisabilité pour la réalisation d'un ouvrage de stockage des eaux de ruissèlement sur le site de Raka. En effet, les travaux de terrain ont montré que le site est un réservoir qui stocke temporairement (2 à 3 jours) de l'eau pendant la saison des pluies. Cette étude, si elle est concluante peut permettre de regrouper plusieurs hectares (5 à 10ha ou plus) sur le seul site.
- Réaliser une étude sur les potentialités en eau souterraine du site de Raka. Cette recommandation est du même ordre que la précédente. Il s'agit de savoir si le site regorge suffisamment d'eau souterraine pour plusieurs forages pour l'aménagement de plusieurs hectares (5 à 10ha ou plus).
- Réaliser l'inventaire des bas-fonds proches (5 à 7km de rayon) des sites pour faciliter l'implantation des nouveaux aménagements. Il s'agit par cette étude de disposer d'éventuels barrages ou « boulis » en fonctionnement (normal ou en difficile) susceptibles d'accueillir les nouveaux aménagements.
- Pour la première année de réalisation des nouveaux aménagements, il est recommandé de commencer par 2 ou 4ha par site pour permettre aux producteurs de se familiariser avec les nouveaux équipements d'irrigation.
- Pour assurer l'écoulement facile de la grande production avec les nouveaux aménagements, il est recommandé aux responsables de l'ONG de mettre en place une stratégie pour mettre en contact les producteurs et les gros acheteurs de produits maraichers.

## BIBLIOGRAPHIE

### Ouvrages et articles

- Amir, I. (1991). *Sprinkler and trickle irrigation*. Netherlands: UNESCO-IHE, LN0278/91/1.
- FAO. (1982). *Mechanized Sprinkler Irrigation*. FAO Irrigation and Drainage. Rome: Paper 35, 409 p.
- JIMMY, R. (1998). *Le pompage photovoltaïque*. Édition Multimondes.
- KABORE, W. D. (2015). *Aménagement irrigue de contre saison dans le bas-fond rizicole a campagne hivernale unique de Moussodougou*.
- KAFANDO, A. (2018). *Etude comparative de trois système d'irrigation(californien, goutte à goutte, aspersion)*. Ouagadougou: 2iE.
- KEITA, A. (2005). *Les petits systèmes d'irrigation à faible coût en Afrique Soudano Sahélienne*.
- LABBO, A. M. (2019). *Etude technique d'aménagement de 10ha de périmètre irrigue à Bousse province du Kourwego- Burkina Faso*.
- LIGRING, L. (2012). *Etude pour la mise en place du système de pompage solaire d'un champ de neuf hectare pour une irrigation goutte a goutte a Seheba au Tchad*. 2iE.
- M A A H. (2017). *Mémoire technique d'aménagement du site de Napalgué, Etudes d'aménagement de 450 ha de périmètres agro-sylvo-pastoraux et halieutiques dans le Centre-Nord au Burkina*.
- NETAFIM. (2015). ). *Catalogue général: GOUTTE à GOUTTE - MICRO-ASPERSION*.
- ZOUNGRANA, M. (2006). *Les statiques agricoles au Burkina Faso*.

### Sites internet

- Daniel. (2019, Septembre 22). <http://unblogsurlaterre.com> . Récupéré sur <http://unblogsurlaterre.com> : <http://unblogsurlaterre.com>
- KMB. (2019, Septembre 22). [www.kmb.net.my/product](http://www.kmb.net.my/product). Récupéré sur [www.kmb.net.my](http://www.kmb.net.my) : [www.kmb.net.my](http://www.kmb.net.my)
- POWER, C. (2019, Septembre 22). <http://www.csagmbattery.com/index.php/wap/solardeepcyclegelbattery/334.html>. Récupéré sur [www.csagmbattery.com](http://www.csagmbattery.com) : <http://www.csagmbattery.com>

## **IX. ANNEXES**

### *Sommaire des annexes*

Annexe 1.	Coordonnées et cartes des équipements des périmètres.....	62
Annexe 2.	Quantités d'eau utilisées pour l'arrosage .....	64
Annexe 3.	Evaluation du rendement des principales spéculations sur les sites.....	65
Annexe 4.	Comptes d'exploitations.....	66
Annexe 5.	Note de calcul du réseau d'irrigation .....	68
Annexe 6.	Calcul du réservoir et du champ solaire .....	77
Annexe 7.	Point de fonctionnement de la pompe .....	80
Annexe 8.	Devis quantitatif et estimatif de l'aménagement de 1 ha .....	81

## Annexe 1. Coordonnées et cartes des équipements des périmètres

**Tableau 19** Coordonnées des équipements et infrastructures sur les sites

Sites	Puits			Réservoirs		
	Latitude	Longitude		Latitude	Longitude	
<b>Raka</b>	13,1822143	-1,6282424	Puit2	13,1825874	-1,6276104	B1.1
	13,1817471	-1,6276945	Puit4	13,1822626	-1,6280134	B2.1
	13,1819851	-1,6272369	Puit3	13,1820863	-1,6278518	B2.2
	13,1824405	-1,6278186	Puit1	13,1822698	-1,6276513	B3.1
				13,1824154	-1,6278799	B1.2
				13,1819068	-1,6276918	B4.1
				13,1822734	-1,6272667	B3.2
				13,1823700	-1,6274320	B3.3
<b>Rouni</b>	13,2905956	-1,7548118	Puit1	13,2905433	-1,7549650	B1.1
	13,2909222	-1,7547635	Puit2	13,2907000	-1,7548829	B1.2
	13,2908615	-1,7550492	Puit3	13,2905450	-1,7546750	B1.3
				13,2907505	-1,7545003	B2.1
				13,2910083	-1,7547387	B2.2
				13,2908579	-1,7547910	B2.3
				13,2909316	-1,7550207	B3.1
				13,2906869	-1,7551212	B3.2
<b>Ansouri</b>	13,3087516	-1,7608535	P1	13,3086299	-1,7610503	B1.1
	13,3083487	-1,7610985	P2	13,3084427	-1,7610724	B1.2
	13,3085043	-1,7615103	P3	13,3083490	-1,7612380	B2.1
	13,3079601	-1,7612387	P4	13,3083846	-1,7615304	B2.2
				13,3086309	-1,7615227	B2.3
				13,3086299	-1,7612846	B1.3
				13,3080684	-1,7614982	B4.1
				13,3081157	-1,7612746	B4.2
				13,3080997	-1,7610613	B4.3

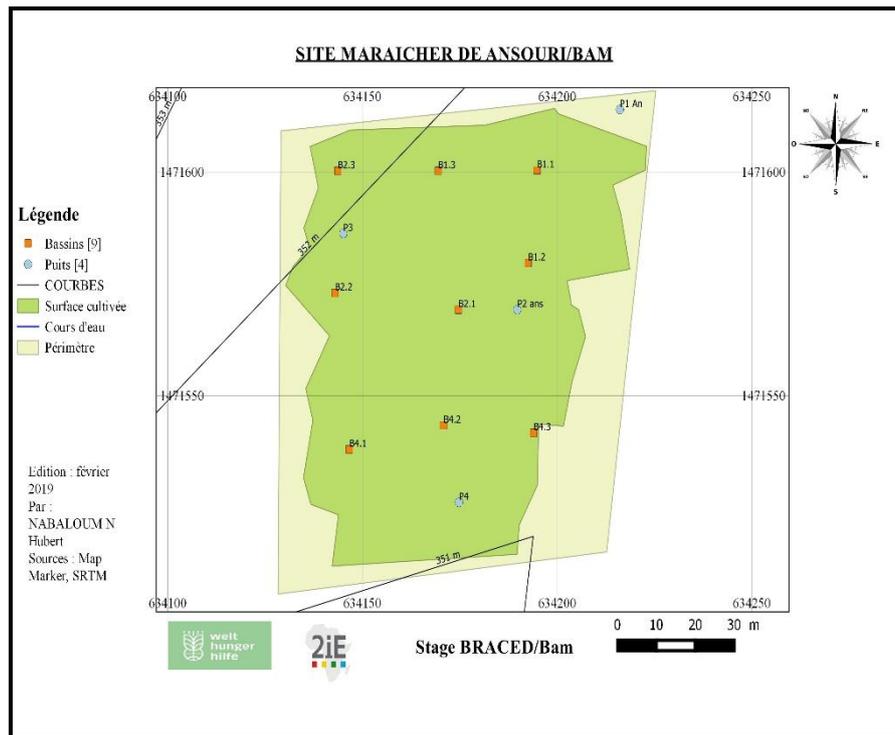


Figure 15 Carte du périmètre de Ansouri

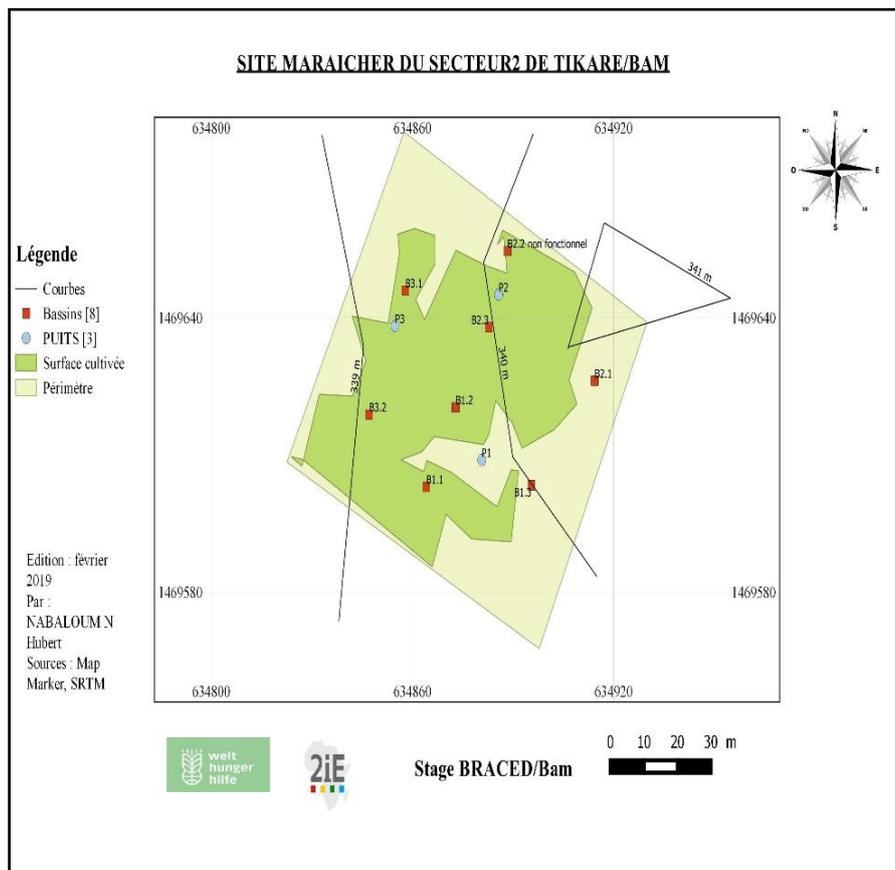


Figure 16 Cartes du périmètre de Rouni

## Annexe 2. Quantités d'eau utilisées pour l'arrosage

**Tableau 20** Quantité d'eau utilisée pour l'arrosage

Sites	Spéculation	Initiale	Croissance et maturité
<b>Raka</b>	Oignon	32l/jour	48l/jour
	Chou	20l/jour	40l/jour
	Aubergine	72l/jour	72l/jour
<b>Rouni</b>	Oignon	48l/jour	80l/jour
	Tomate	24l/jour	40l/jour
<b>Ansouri</b>	Oignon	32l/jour	56l/jour
	Gombo	32l/jour	32l/jour
	Feuilles de haricot et d'oseille	-	-

### Annexe 3. Evaluation du rendement des principales spéculations sur les sites

Tableau 21 Rendement de l'oignon

Rendement de l'oignon					
Site	Producteur	Surface cultivée (m <sup>2</sup> )	Rendement par exploitant (kg/m <sup>2</sup> )	Rendement par exploitant (t/ha)	Rendement moyen du site(t/ha)
<b>Raka</b>	OUEDRAOGO Aguirata	117,6	2,5	25,00	<b>25,64</b>
	OUEDRAOGO Mahamadi	131,6	3,42	34,19	
	OUEDRAOGO Rihanata	105,6	2,18	21,78	
	OUEDRAOGO Sita	85,95	2,44	24,43	
	SORE Zoenabo	109,72	2,28	22,79	
<b>Rouni</b>	BAGNAN Fatimata	49,43	1,21	12,14	<b>18,25</b>
	KOANDA Aguirata	81,6	0,74	7,35	
	OUEDRAOGO Bibata	70,6	1,42	14,16	
	OUEDRAOGO Minata	21,87	3,66	36,58	
	SANA Habibou	30,9	2,10	21,04	
<b>Ansouri</b>	NAGBILA Bibata	54,34	2,04	20,43	<b>19,00</b>
	OUEMI Somnoma	47,71	1,55	15,51	
	SANA Mariam	48,4	1,91	19,11	
	SAWADOGO Abibou	60,5	1,59	15,90	
	SAWADOGO Aminata	38,5	2,40	24,03	

Tableau 22 Rendement du chou

Site	Producteur	Surface cultivée (m <sup>2</sup> )	Quantité (kg)	Rendement par exploitant (kg/m <sup>2</sup> )	Rendement par exploitant (t/ha)	Rendement moyen du site(t/ha)
<b>Raka</b>	OUEDRAOGO Aguirata	36	163,2	4,53	45,33	<b>43,33</b>
	OUEDRAOGO Mahamadi	103,4	351,56	3,40	34,00	
	OUEDRAOGO Rihanata	19,2	89,6	4,67	46,67	
	OUEDRAOGO Sita	28,65	137,52	4,80	48,00	
	SORE Zoenabo	16,88	72,02	4,27	42,67	

### Annexe 4. Comptes d'exploitations

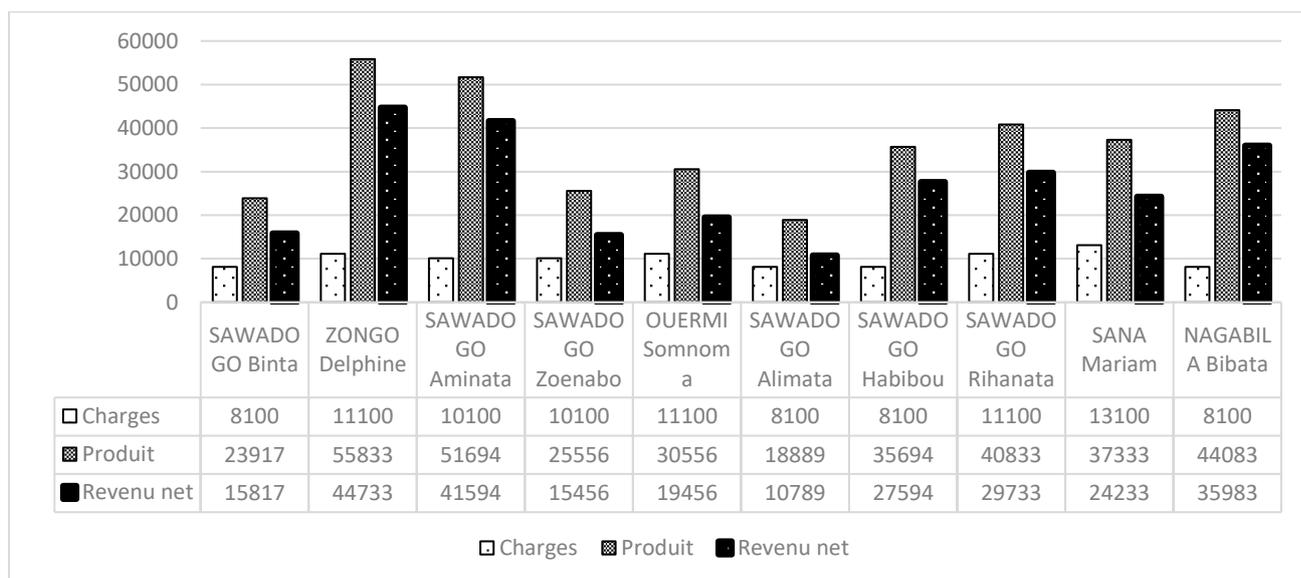


Figure 17 Compte d'exploitation du périmètre de Ansouri

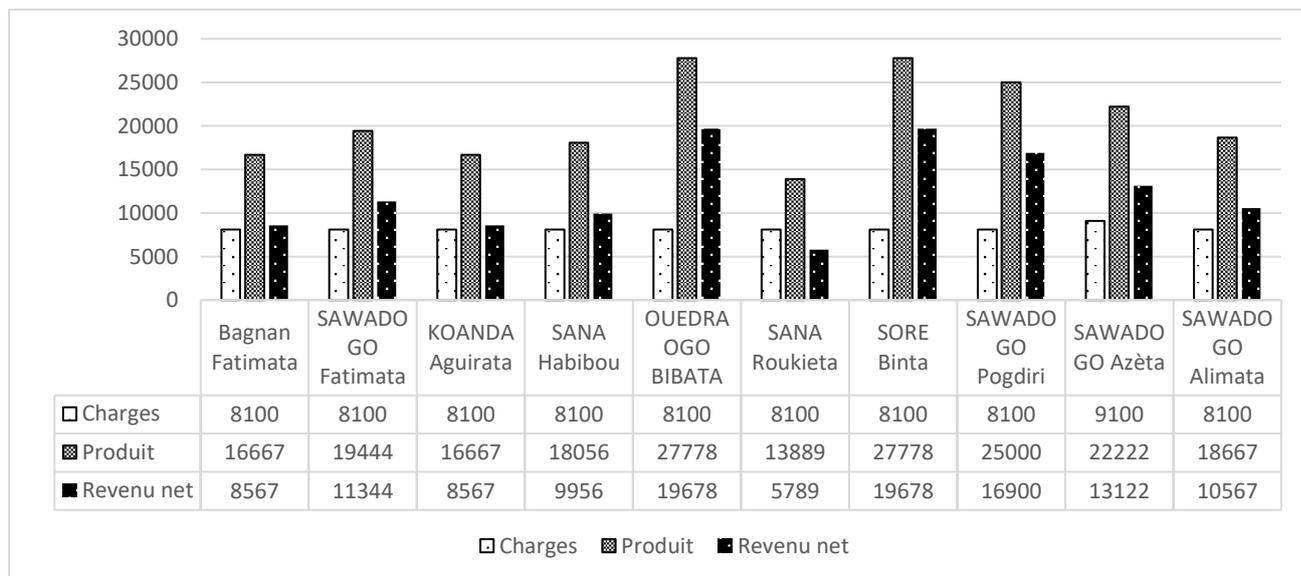
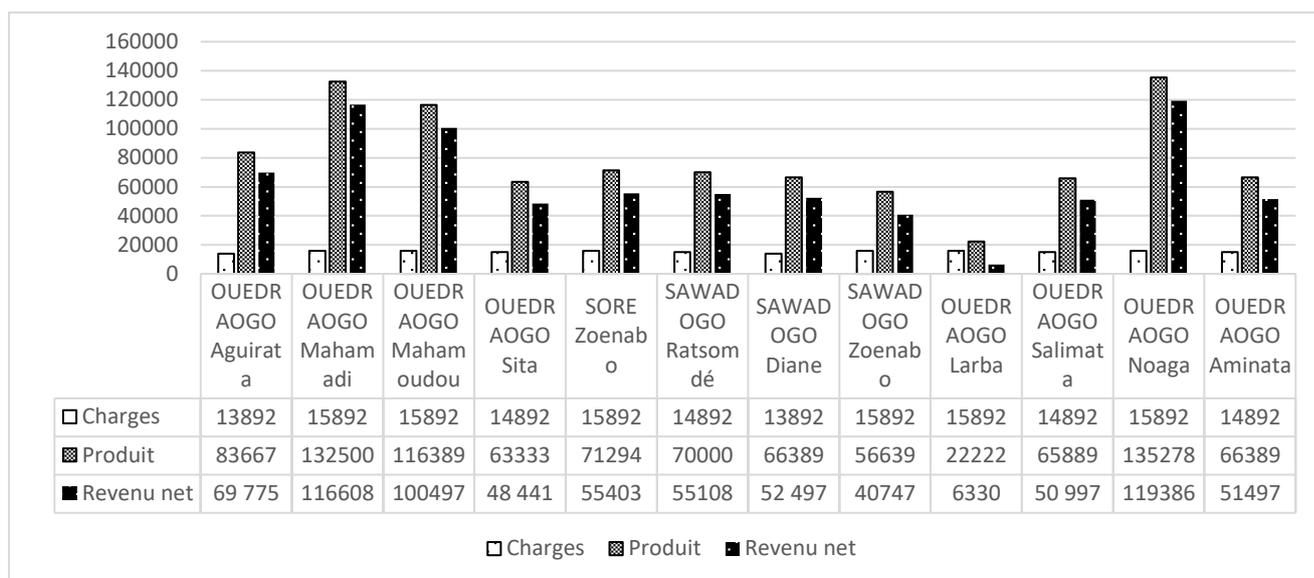


Figure 18 Compte d'exploitation du périmètre de Rouni



**Figure 19** Compte d'exploitation du périmètre de Raka

## **Annexe 5. Note de calcul du réseau d'irrigation**

### **Etude du sol**

L'étude du sol consiste à la détermination de la nature du sol. Cette dernière découle de l'interprétation des mesures d'infiltration du double-anneau de Muntz. L'interprétation a pour but de trouver la vitesse maximale d'infiltration  $K_{sat}$  (mm/h). Le Tableau 23 présente les mesures d'infiltration du point 6 de Raka.

**Tableau 23 Données d'infiltration du point 6 à Raka**

<b>Temps(h)</b>	<b>Temps (min)</b>	<b>Dt (min)</b>	<b>Dt(h)</b>	<b>Infiltration (mm)</b>	<b>Infiltration cumulée (mm)</b>
<b>0,00</b>	0	0	0,00	0,00	0
<b>0,17</b>	10	10	0,17	4,00	4
<b>0,33</b>	20	10	0,17	4,00	8
<b>0,50</b>	30	10	0,17	3,50	11,5
<b>0,83</b>	50	20	0,33	4,50	16
<b>1,17</b>	70	20	0,33	4,00	20
<b>1,50</b>	90	20	0,33	3,00	23
<b>2,00</b>	120	30	0,50	4,00	27
<b>2,50</b>	150	30	0,50	3,00	30
<b>3,00</b>	180	30	0,50	3,00	33
<b>3,67</b>	220	40	0,67	3,50	36,5
<b>4,33</b>	260	40	0,67	2,50	39
<b>5,00</b>	300	40	0,67	2,00	41
<b>5,83</b>	350	50	0,83	2,50	43,5
<b>6,67</b>	400	50	0,83	2,00	45,5
<b>7,50</b>	450	50	0,83	1,50	47

Pour un périmètre donné, il est nécessaire d'effectuer les mesures sur plusieurs points à travers le périmètre pour minimiser les erreurs. Pour le cas présent, 9 points par périmètre ont été effectués.

Ensuite ces données sont insérées sur le logiciel Minitab pour avoir le  $K_{sat}$ .

**La démarche d'insertion des résultats des mesures d'infiltration sur le logiciel Minitab**

La vitesse moyenne d'infiltration s'écrit :

$$I_t(t) = \frac{dI}{dt} = K_{sat} + (i_0 - K_{sat}) \times e^{-bt} \rightarrow$$

$$dI = K_{sat} \times dt + (i_0 - K_{sat}) \times e^{-bt} \times dt \rightarrow$$

$$\int_{I_0}^{I_t} dI = \int_{t_0}^t K_{sat} \times dt + \int_{t_0}^t (i_0 - K_{sat}) \times e^{-bt} \quad \text{comme } I_0 = 0 \text{ et } t_0 = 0, \text{ alors}$$

$$I_t = K_{sat} \times t + \frac{1}{b} (i_0 - K_{sat}) \times (1 - e^{-bt})$$

- ✓ t : temps écoulé depuis l'instant  $t_0$  en heure ;
- ✓ b : paramètre d'ajustement de l'équation de la courbe de régression ;
- ✓  $K_{sat}$  : paramètre d'ajustement de l'équation de la courbe ici il s'agit de la ; conductivité hydraulique en mm /h ;
- ✓  $i_0$  : vitesse initiale, mm/h,
- ✓  $i_t(t) = \frac{I_t - I_0}{t - t_0} =$  vitesse d'infiltration à l'instant , mm/h
- ✓  $I_t$ : la hauteur d'eau infiltrée depuis l'instant initial  $t_0$  en mm/h ;
- ✓  $I_0$  : la hauteur d'eau initiale ( $I_0 = 0$ , le plus souvent) en mm

Les paramètres à déterminer sont donc le  $K_{sat}$ , le  $i_0$  et le b. des valeurs initiales sont cependant introduits pour déclencher les itérations qui serviront à déterminer les paramètres de la courbe de régression.

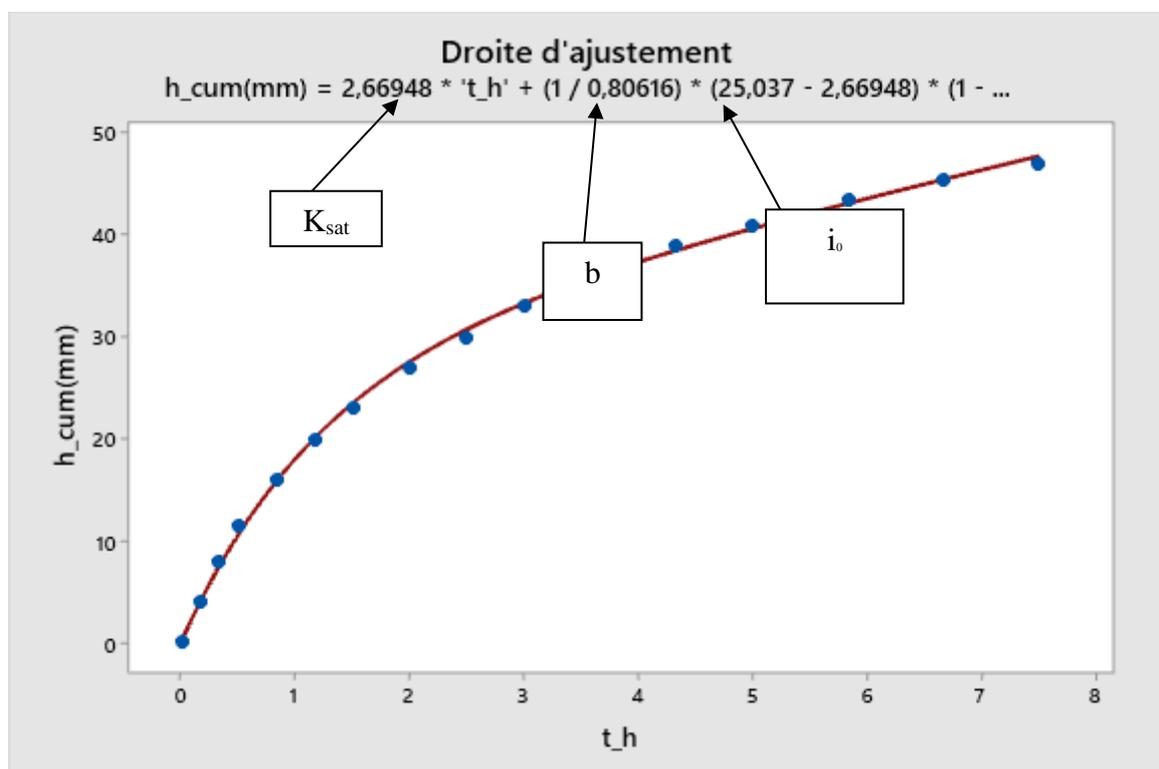


Figure 20 Extrait minitab : résultat régression linéaire

La valeur de  $K_{sat}$  obtenue sera intégrée dans le logiciel SPAW renseignera à son tour sur les caractéristiques du sol.

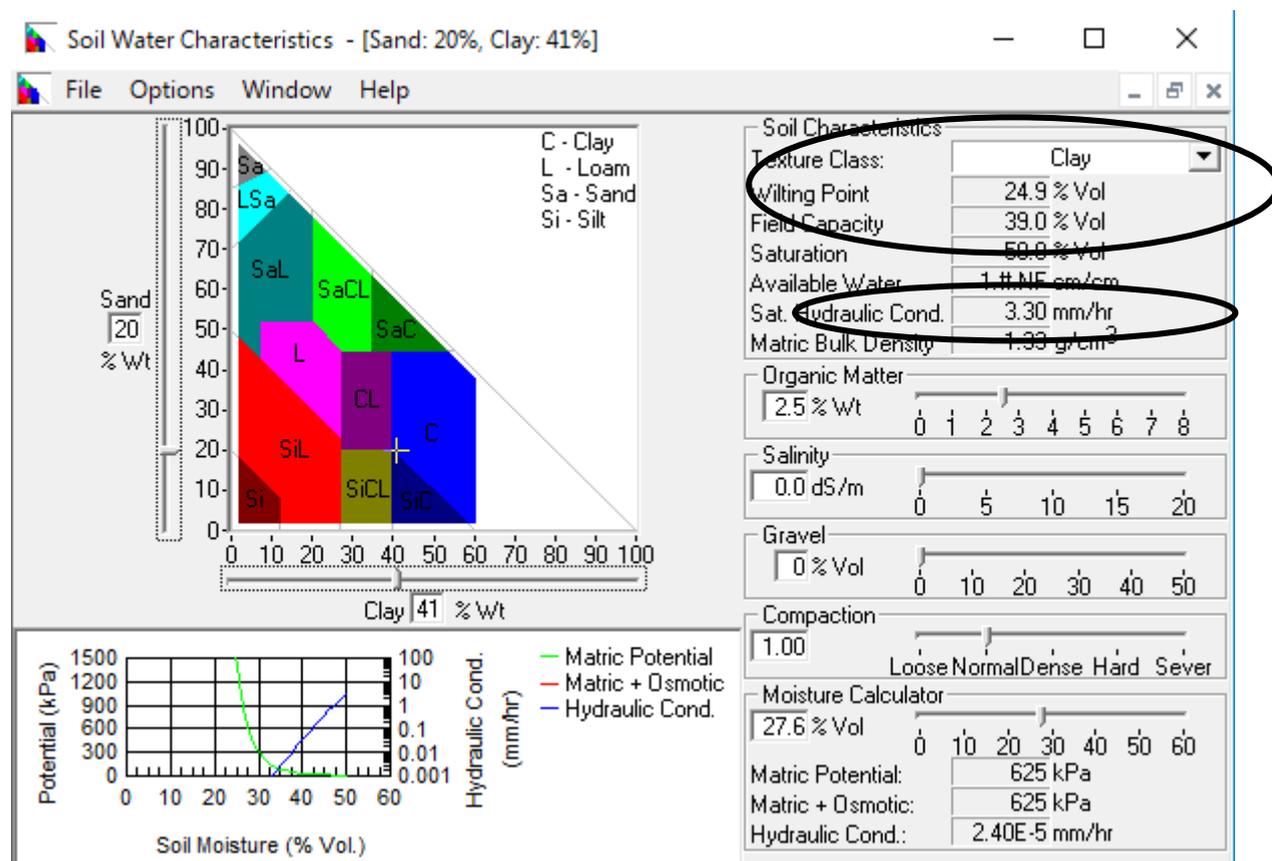


Figure 21 Extrait SPAW : Caractérisation du type de sol en fonction de  $K_{sat}$

Le logiciel renseigne sur le type de sol (argile limoneuse) et les différentes humidités relatives du sol tel que :

- Humidité au point de flétrissement permanent
- Humidité à la capacité au champ

De cette humidité on détermine la réserve facilement utilisable

Tableau 24 Etude du sol des sites du projet

Sites	$K_{sat}$ (mm/h)	$\theta_{fc}$	$\theta_{wp}$	RU (mm/m)	Type du sol
Raka	3,3	40	25,8	142	Argile
Ansouri	12,03	29,4	15,3	141	Argilo-limoneux
Rouni	10	30,8	16,4	144	Argilo-limoneux

## Choix des asperseurs



Figure 22 Photo asperseur

Tableau 25 Les valeurs de la disposition carré

Ksat (mm/h)		<b>10</b>			
Type		Débit (l/h)	Dm(m)	Pnom (bar)	Hsol(m)
<b>1198 Arroseur à papillon</b>		45	8	1	0,2
V vent (km/h)	K	Esp max	Esp	Pasp (mm/h)	Pasp<Ksat
10.08	0,45	<b>3,6</b>	2,5	<b>7,20</b>	<b>OK</b>

Tableau 26 Les valeurs de la disposition rectangle

<b>Ksat</b>		<b>3,3</b>						
Type		Débit (l/h)	Dm(m)	Pnom (bar)	Hsol(m)			
1198 Arroseur à papillon		45	8	1	0,2			
V vent (km/h)	K1	K2	Esp max1	Esp max2	Esp1	Esp2	Pasp (mm/h)	Pasp<Ksat
10,08	0,4	0,6	3,2	4,8	3,2	4,5	<b>3,13</b>	OK

## Calcul du besoin d'eau

Tableau 27 Besoins estimés sur pour le site de Rouni

		Rouni					
Mois		Novembre	Décembre	Janvier	Février	Mars	Avril
<b>Eto (mm/j)</b>		5,74	5,78	6,05	6,13	6,84	6,55
<b>Kc</b>		0,6	0,77	1,15	1,15	1,07	0,83
<b>ETM (mm/j)</b>	Eto*Kc	3,44	4,45	6,96	7,05	7,32	5,44
<b>Pe (mm/j)</b>		0	0	0	0	0	0
<b>BMP (mm/j)</b>	ETM-Pe	3,44	4,45	6,96	7,05	7,32	5,44
<b>ofc (%)</b>		30,8					
<b>owp (%)</b>		16,4					
<b>RU (mm/m)</b>	10*(ofc-owp)	144					
<b>p</b>		0,309					
<b>Zr</b>		0,6					

<b>RFU (mm)</b>	$p*Zr*Ru$	26,70					
<b>F(j)</b>	RFU/BMP	3,65					
<b>T(j)</b>	<b>T(j) &lt;F(j)</b>	<b>3</b>					
<b>Dr (mm)</b>	BMP*T(j)	10,33	13,36	20,88	21,16	<b>21,95</b>	16,31
	<b>Ea</b>	0,70	0,70	0,70	0,70	<b>0,70</b>	0,70
<b>Db (mm)</b>	Dr/Ea	14,76	19,09	29,83	30,23	<b>31,35</b>	23,30
<b>Qe (l/s/ha)</b>		0,68	0,88	1,37	1,39	<b>1,44</b>	1,07
	<b>A (ha)</b>	10					
<b>Vr (m3/ha)</b>	$10*A (ha)*Dr$	1033,20	1335,95	2088,40	2116,00	2194,57	1630,95

**Tableau 28 Besoins estimés pour le site de Ansouri**

		Ansouri					
<b>Mois</b>		Novembre	Décembre	Janvier	Février	Mars	Avril
<b>Eto (mm/j)</b>		5,74	5,78	6,05	6,13	6,84	6,55
<b>Kc</b>		0,6	0,77	1,15	1,15	1,07	0,83
<b>ETM (mm/j)</b>	Eto*Kc	3,44	4,45	6,96	7,05	7,32	5,44
<b>Pe (mm/j)</b>		0	0	0	0	0	0
<b>BMP (mm/j)</b>	ETM-Pe	3,44	4,45	6,96	7,05	7,32	5,44
	<b>ofc (%)</b>	29,4					
	<b>owp (%)</b>	15,3					
<b>RU (mm/m)</b>	$10*(ofc-owp)$	141					
	<b>p</b>	0,309					
	<b>Zr</b>	0,6					
<b>RFU (mm)</b>	$p*Zr*Ru$	26,14					
<b>F(j)</b>	RFU/BMP	3,57					
<b>T(j)</b>	<b>T(j) &lt;F(j)</b>	<b>3</b>					
<b>Dr (mm)</b>	BMP*T(j)	10,33	13,36	20,88	21,16	<b>21,95</b>	16,31
	<b>Ea</b>	0,70	0,70	0,70	0,70	<b>0,70</b>	0,70
<b>Db (mm)</b>	Dr/Ea	14,76	19,09	29,83	30,23	<b>31,35</b>	23,30
<b>Qe (l/s/ha)</b>		0,68	0,88	1,37	1,39	<b>1,44</b>	1,07
	<b>A (ha)</b>	10					
<b>Vr (m3/ha)</b>	$10*A (ha)*Dr$	1033,20	1335,95	2088,40	2116,00	2194,57	1630,95

**Tableau 29 Besoins estimés sur le site de Raka**

		Raka					
<b>Mois</b>		Novembre	Décembre	Janvier	Février	Mars	Avril
<b>Eto (mm/j)</b>		5,74	5,78	6,05	6,13	6,84	6,55
<b>Kc</b>		0,6	0,77	1,15	1,15	1,07	0,83
<b>ETM (mm/j)</b>	Eto*Kc	3,44	4,45	6,96	7,05	7,32	5,44
<b>Pe (mm/j)</b>		0	0	0	0	0	0
<b>BMP (mm/j)</b>	ETM-Pe	3,44	4,45	6,96	7,05	7,32	5,44

<b>øfc (%)</b>	40	40					
<b>øwp (%)</b>	25,8	25,8					
<b>RU (mm/m)</b>	$10*(øfc-øwp)$	142					
<b>p</b>		0,309					
<b>Zr</b>		0,6					
<b>RFU (mm)</b>	$p*Zr*Ru$	26,33					
<b>F(j)</b>	RFU/BMP	3,60					
<b>T(j)</b>	<b>T(j) &lt;F(j)</b>	<b>3</b>					
<b>Dr (mm)</b>	BMP*T(j)	10,33	13,36	20,88	21,16	<b>21,95</b>	16,31
<b>Ea</b>		0,70	0,70	0,70	0,70	<b>0,70</b>	0,70
<b>Db (mm)</b>	Dr/Ea	14,76	19,085	29,8342857	30,2285714	<b>31,351</b>	23,2992857
<b>Qe (l/s/ha)</b>		0,73	0,94	1,47	1,49	<b>1,54</b>	1,15
<b>A (ha)</b>		10					
<b>Vr (m3/ha)</b>	$10*A (ha)*Dr$	1033,20	1335,95	2088,40	2116,00	2194,5	1630,95

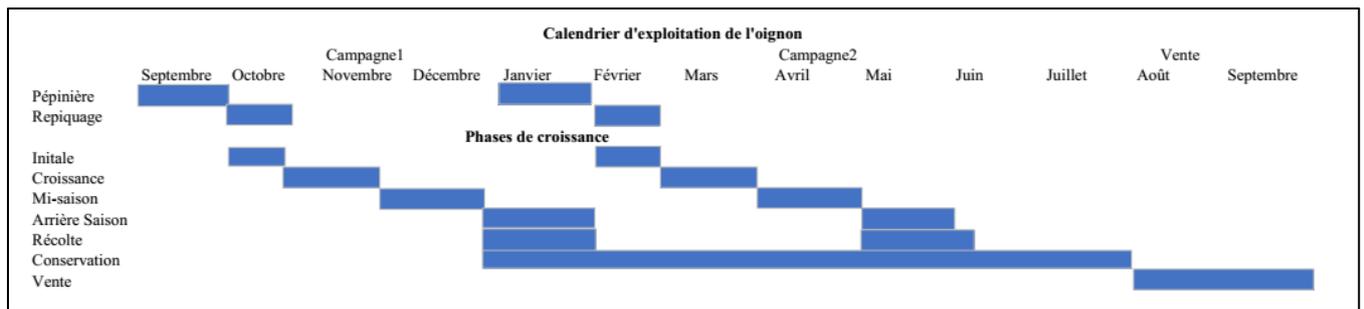
### Calendrier d'arrosage et d'exploitation

Tableau 30 Calendrier d'arrosage à Ansouri et à Rouni

Mois		Novembre	Décembre	Janvier	Février	Mars	Avril
Ts(h)	Db/Pas	2,05	2,65	4,14	4,20	4,35	3,24
Ts (min)		<b>123</b>	<b>159</b>	<b>249</b>	<b>252</b>	<b>261</b>	<b>194</b>
Ns		8	6	4	4	4	6
Tw (h/j)	Ts*Ns	16	16	17	17	17	19
Nrampe	Nr_pi/Tj*N	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>2</b>
-sim	s						

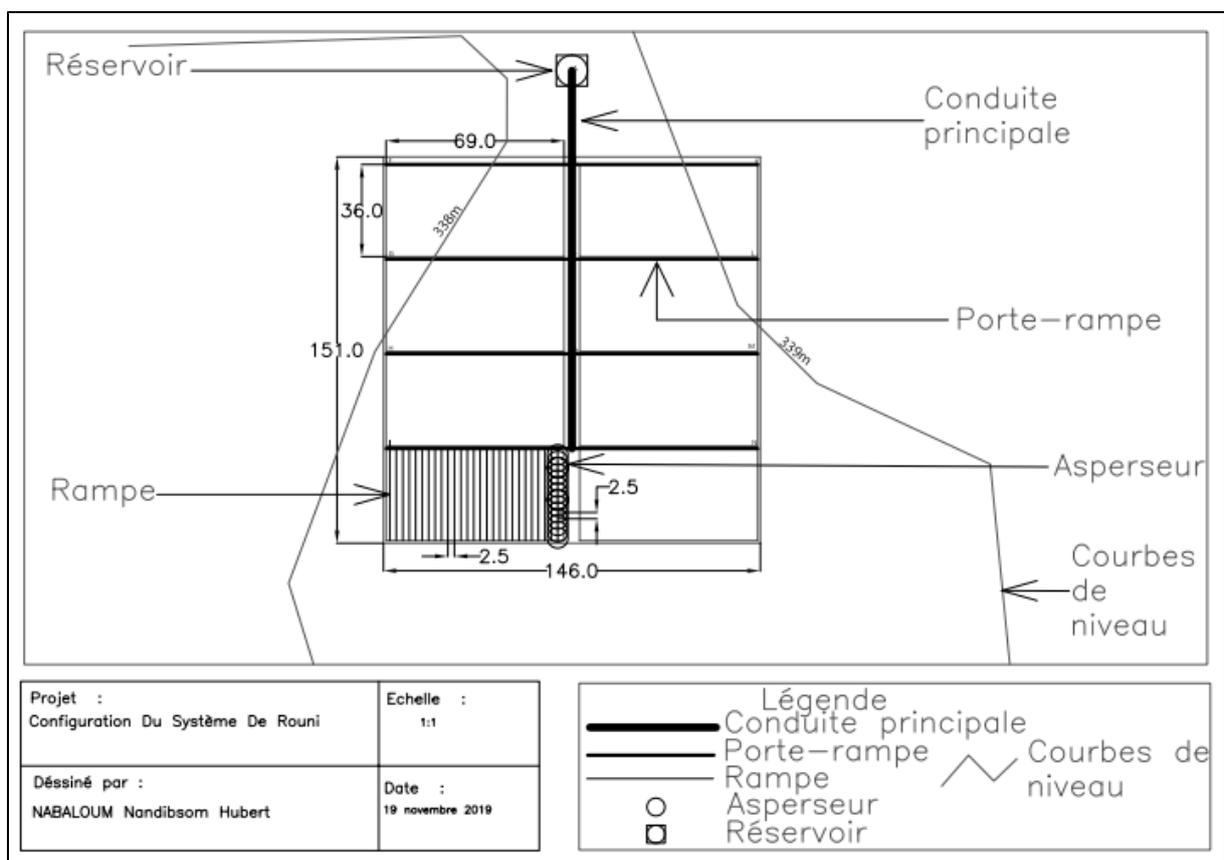
Tableau 31 Calendrier d'arrosage à Raka

Mois		Novembre	Décembr e	Janvier	Février	Mars	Avril
Ts(h)	Db/Pas	5	6	10	10	10,0	7,5
Ts(min)		<b>283</b>	<b>366</b>	<b>573</b>	<b>580</b>	<b>602</b>	<b>447</b>
Ns		3	3	2	2	2	3
Tw (h/j)	Ts*Ns	14	18	19	19	20	22
Nrampe	Nr_pi/Tj*Ns	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>2</b>
-sim							

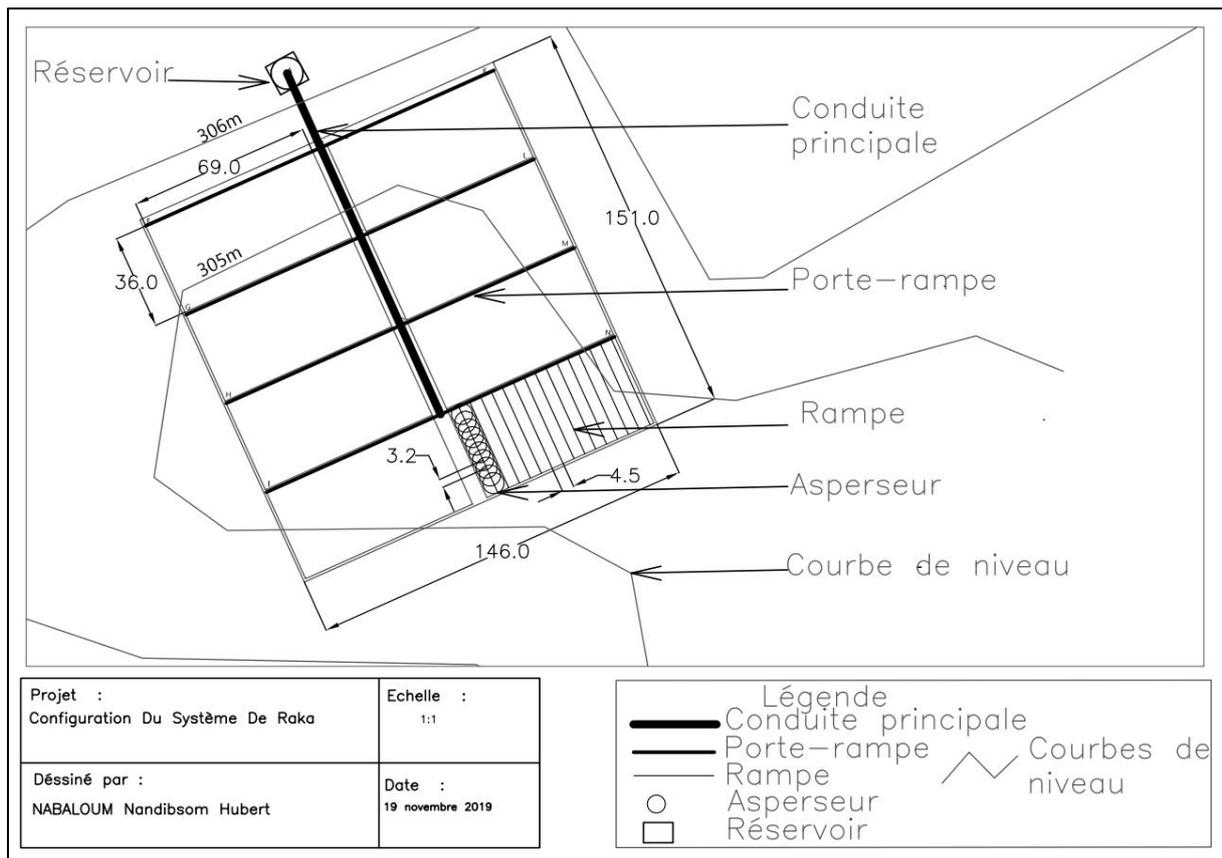


**Figure 23** Calendrier d'exploitation de l'oignon

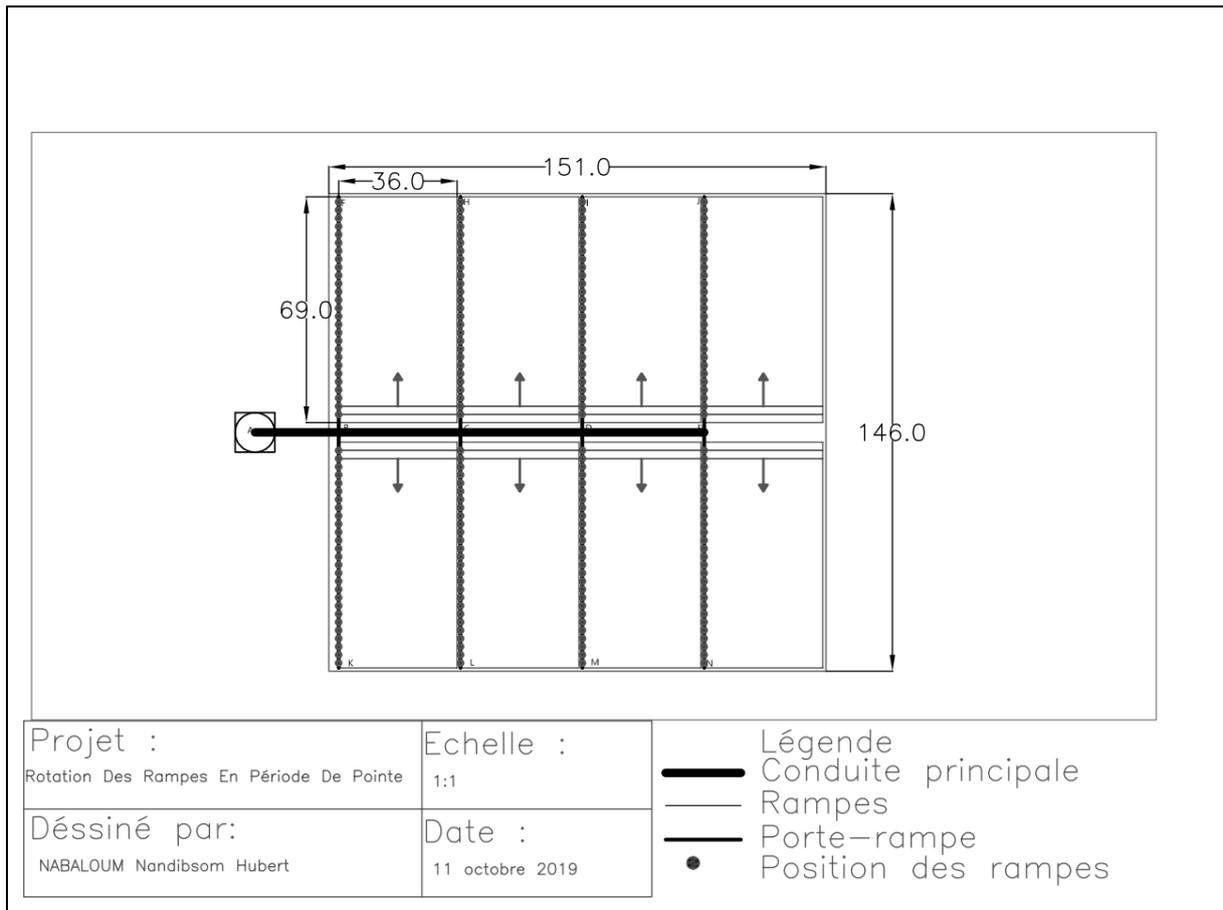
**Les différentes figures**



**Figure 24** Configuration du système de Rouni



**Figure 25 Configuration du système de Raka**



**Figure 26 Rotation des rampes en période de pointe**

## Annexe 6. Calcul du réservoir et du champ solaire

### Volume du réservoir

Tableau 32 Volume du réservoir sur le site de Ansouri et Rouni

Numéro	1	2	3	4	5	6	Temps de fonctionnement
$T_{pmp} = 15h$ (batteries) $T_{wmax} = 18h$	$\Delta t_1$	$\Delta t_2$	$\Delta t_3$	$\Delta t_4$	$\Delta t_5$	$\Delta t_6$	
<b>Frage horaire</b>	4h-8h	8h-12h	12h-16h	16h-19h	19h-22h	22h-4h	
<b>Variation temps <math>\Delta t_i</math> (h)</b>	4,00	4,00	4,00	3,00	3,00	6,00	
<b>Flux sortant <math>Q_{syst}</math> (m<sup>3</sup>/h)</b>	10,08	10,08	10,08	10,08	10,08		<b>18</b>
<b>Flux entrant <math>Q_{pmp}</math> (m<sup>3</sup>/h) <math>= Q_{syst} * T_{wmax} / T_{pmp}</math></b>	12,10	12,10	12,10	12,10			<b>15</b>
<b>Variation volume (m<sup>3</sup>/h) <math>\Delta V_i = (X_{in} - X_{out}) \cdot \Delta t_i</math></b>	8,06	8,06	8,06	6,05	-30,24	0,00	
<b>Volume (m<sup>3</sup>) <math>V_i = V_{i-1} + \Delta V_i</math></b>	8,06	16,13	24,19	30,24	0,00	0,00	
<b>Volume <math>V_{rés} = \text{Max}(V_i) + \text{ABS}(\text{Min}(V_i))</math></b>	<b>30,24</b>						

Le volume du réservoir est de 38.88 m<sup>3</sup> pour le site Raka.

## Dimensionnement du Champ solaire

**Tableau 33** Nombre batteries à Ansouri et à Rouni

<b>Détermination du stock d'énergie nécessaire au pompage</b>						
<b>Données préalables</b>	$T_{ens}(h)$	$T_{pmp}(h)$	<b>Rendement motopompe <math>\eta</math></b>	$Q_{pmp}(m^3/h)$	<b>HMT (m)</b>	
	<b>8</b>	<b>15</b>	<b>40%</b>	<b>12,10</b>	<b>60</b>	
<b>Numéro</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>
<b>Incrément chronologique</b>	$\Delta t_1$	$\Delta t_2$	$\Delta t_3$	$\Delta t_4$	$\Delta t_5$	$\Delta t_6$
<b>Frange horaire</b>	4h-8h	8h-12h	12h-16h	16h-19h	19h-22h	22h-4h
<b>Variation temps <math>\Delta t_i</math> (h)</b>	4,00	4,00	4,00	3,00	3,00	6,00
<b>Puissance sortante</b> $P_{out-bat}(kW) = Q_{syst}(m^3/h) * HMT(m) / (360 * \eta)$	5,04	5,04	5,04	5,04	0,00	0
<b>Puissance rentrante</b> $P_{in-bat}(kW) = P_{out-bat}(kW) * T_{pmp}(h) / (T_{ens}(h))$	0	9,45	9,45	0	0	0
<b>Variation énergie (kWh) <math>\Delta E_i = (P_{in-bat} - P_{out-bat}) * \Delta t_i</math></b>	-20,16	17,64	17,64	-15,12	0,00	0,00
<b>Volume instantané énergie (KWh) <math>E_i = E_{i-1} + \Delta E_i</math></b>	-20,16	-2,52	15,12	0,00	0,00	0,00
<b>Energie stock nécessaire au pompage</b> $E_{bat-pmp}(kWh) = \text{Max}(E_i) + \text{ABS}(\text{Min}(E_i))$	<b>37,80</b>					
<b>Détermination du nombre de batteries</b>						
<b>Données préalables</b>	<b>Voltage unité batterie <math>U_{bat}(V)</math></b>	<b>Ampérage unité batterie <math>IT_{bat}(Ah)</math></b>	<b>Taux décharge batteries <math>\mu</math></b>	<b>Perte batteries <math>\delta</math></b>	<b>Pertes dues au convertisseur <math>\Theta</math></b>	
	<b>12</b>	<b>200</b>	<b>50%</b>	<b>10%</b>	3%	
<b>Energie totale stock batteries</b> $E_{stock-bat}(kWh) = E_{batt-pmp} / [(1-\delta) * (1-\Theta) * \mu]$	<b>84,00</b>					
<b>Energie unité batterie</b> $E_{batt}(kWh) = U_{bat}(V) * IT(Ah) / 1000$	2,4					
<b>Nombre de batteries</b> $N_{bat} = E_{stock-bat}(kWh) / E_{bat}(kWh)$	<b>35,0</b>					
<b>Taux energie stockée utilisée par le pompage</b> $T_{Estock/Epmp} = E_{bat-pmp}(kWh) / E_{stock-bat}(kWh)$	<b>45%</b>					

Pour le site de Raka, il y a 40 batteries (12V 200Ah)

Tableau 34 Nombre de panneaux solaires à Ansouri et à Rouni

Données préalables	Rendement des panneaux solaires $\rho$	Pin-bat(kW)	Module Ppan-mod (W)	Pertes dues aux batteries $\delta$	Pertes dues au convertisseur $\Theta$
	20%	9,45	315	10%	3%
<b>Puissance totale des panneaux :</b> $P_{out-pan} (kW) = Pin-bat(kW) / \rho$	<b>54.12</b>				
Nombre total de panneaux solaires $N_{pan} == P_{pan-tot}(kW) / P_{pan-mod}(W) * 1000$	<b>172</b>				

Pour le site de Raka, il y a 185 panneaux (Pnom=315W).

### Annexe 7. Point de fonctionnement de la pompe

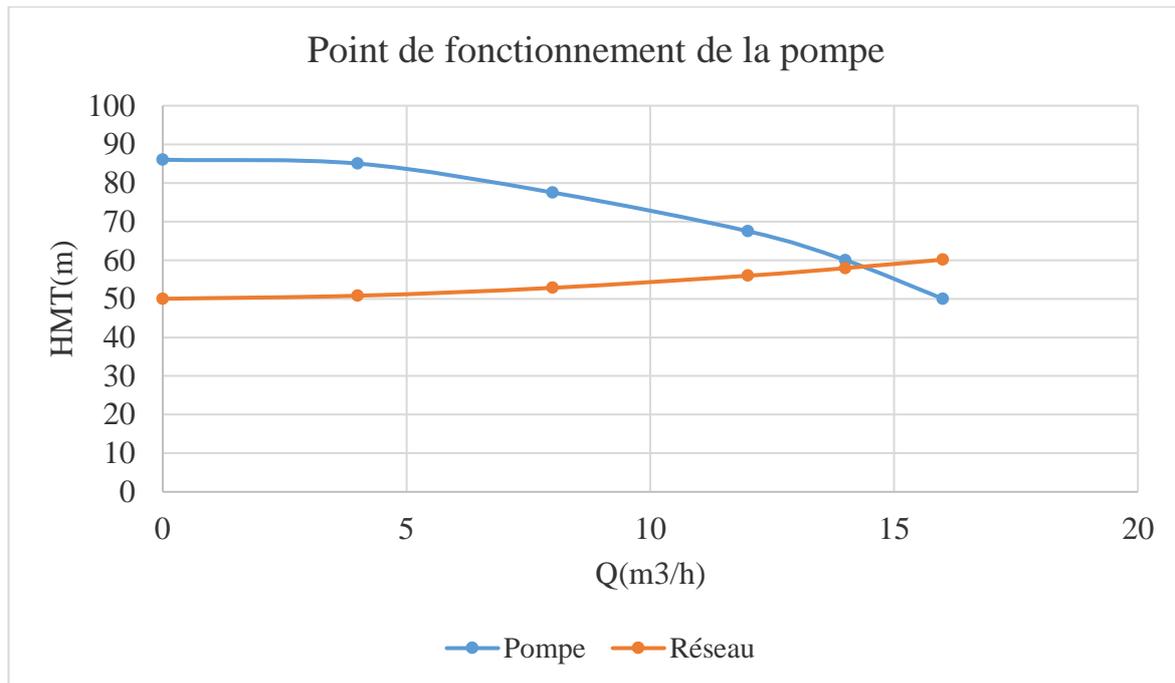


Figure 27 Point de fonctionnement de la pompe

## Annexe 8. Devis quantitatif et estimatif de l'aménagement de 1 ha

**Tableau 35 Devis estimatif travaux de réalisation de l'aménagement**

<b>Devis estimatif travaux de réalisation de l'aménagement.</b>					
N° Prix	Désignation	Unités	PU	Marché	
				Quantités	Montant
<b>000</b>	<b>Phase implantation</b>				
001	Acheminement et repli du matériel	ff	1	1 500 000	1 500 000
002	Installation du chantier	ff	1	250 000	250 000
003	Implantation du réseau	ha	2	50 000	100 000
004	Plaques d'identification du projet	u	2	50 000	100 000
<b>Sous total 000</b>					<b>1 950 000</b>
<b>100</b>	<b>Phase terrassement et clôture</b>				
101	Labour et planage sommaire	ha	2	150 000	300 000
102	Fouilles pour les conduites	m3	150	3 000	450 000
103	Support en perré maçonné pour la grille	ml	594	1 000	594 000
104	Grille de clôture	ml	594	2 500	1 485 000
<b>Sous total 100</b>					<b>2 829 000</b>
<b>200</b>	<b>Conduites, Asperseurs et accessoires</b>				
201	Asperseurs (supernet)	u	3024	500	1 512 000
202	Piquet asperseur	u	3024	250	756 000
203	Tube asperseur	u	3024	150	453 600
205	Conduites PE DN25	100ml	84	27 500	2 296 800
207	Conduite PEHD DN63/PN6	ml	150	2 000	300 000
208	Té DN25	u	216	1 500	324 000
209	Bouchon 25	u	224	1 000	224 000
210	Bouchon 63	u	1	7 500	7 500
211	Té réducteur DN63/25	u	8	3 000	24 000
212	Vanne DN25	u	216	2 000	432 000
213	Manomètre	u	2	50 000	100 000
214	Compteur DN25	u	8	17 500	140 000
215	Compteur DN63	u	1	75 000	75 000
<b>Sous total 200</b>					<b>6 644 900</b>
<b>300</b>	<b>Ouvrages annexes</b>				
301	Regard Béton	u	4	5 000	20 000
302	Buté béton	u	22	1 000	22 000
303	Locaux technique, magasins	ff	1	1 500 000	1 500 000
<b>Sous total 300</b>					<b>1 542 000</b>
<b>400</b>	<b>Réservoirs et supports</b>				
401	Réservoirs polytank 10m3 et accessoires	u	3	800 000	2 400 000

402	Ensemble support et fixation	ff	1	1 500 000	1 500 000
403	Transport réservoirs et support	ff	1	400 000	400 000
<b>Sous total 400</b>					<b>4 300 000</b>
<b>500</b>	<b>Champ solaire</b>				
501	Panneaux solaires 315W	u	150	90 000	13 500 000
502	Batterie de stockage 12V-200Ah	u	36	150 000	5 400 000
503	Onduleur 12KW	u	1	1 200 000	1 200 000
504	Cadres métalliques pour support des PV	ff	1	3 000 000	3 000 000
505	Ensemble câblage et accessoires et dispositif de commande de charge	ff	1	500 000	500 000
<b>Sous total 500</b>					<b>23 600 000</b>
<b>600</b>	<b>Forages et pompe immergée</b>				
601	Forages pouvant débiter 15m3/h	ff	1	7 000 000	7 000 000
602	Pompe SP 14A-13	u	2	1 500 000	3 000 000
<b>Sous total 600</b>					<b>10 000 000</b>
TOTAL HT					50 865 900
TVA 18%					9 155 862
<b>TOTAL TTC</b>					<b>60 021 762</b>