



CONCEPTION DE 12 SERRES POUR LA PRODUCTION DE SEMENCES ET DE PLANTS SOUS MICROASPERSION PHOTOVOLTAIQUE À KAMBOINSE, PROVINCE DU KADIOGO.

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

SPECIALITE : Génie de l'Eau, de l'Assainissement et des Aménagements Hydro-agricoles (GEAAH)

Présenté et soutenu publiquement le 25 janvier 2023 par

Edith Liliane ZIDA (2016 0071)

Encadrement :

Directeur de mémoire : **Dr. KEITA Amadou**, Maître de Conférences (CAMES), Laboratoire Eaux, Hydro-Systèmes et Agriculture (LEHSA), Institut 2iE.

Encadrant 2iE : **Dr. YONABA O. Roland**, Maître Assistant (CAMES), Laboratoire Eaux, Hydro-Systèmes et Agriculture (LEHSA), Institut 2iE.

Structure d'accueil du stage : **Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement (2iE)**

Jury d'évaluation du mémoire :

Président : Dr KONATE Yacouba

Membres et correcteurs : Mr BOUBE Bassirou

Mr BAZONGO Nébilma Jerome

Promotion 2021 / 2022

DEDICACE

Je dédie ce mémoire,

À mes parents,

REMERCIEMENTS

Je tiens à témoigner toute ma reconnaissance à tous ceux qui, de près ou de loin ont contribué à l'aboutissement de ce mémoire de fin d'études.

Je tiens à remercier particulièrement :

- Pr KEITA Amadou, enseignant en hydraulique agricole au 2iE pour ses pertinentes remarques qui ont permis d'améliorer ce travail ;
- Dr YONABA O. Roland, mon encadreur académique, pour son encadrement, ses précieux conseils et sa disponibilité tout au long de la rédaction du présent mémoire ;
- Tout le corps professoral de 2iE, pour la qualité de la formation.

Je ne saurai terminer ces mots de remerciements sans adresser mes sincères remerciements à l'endroit des camarades de classe ! Profonds remerciements pour ces moments avec vous.

RESUME

Le maraichage est une activité très rentable en raison de la demande en légumes toujours présente et non satisfaite sur le marché. Dans le cadre de cette étude, il est prévu la conception parcelle d'un demi (0,5) hectare à vocation maraichère, via 12 serres qui serviront à la production de légumes, alimentées par un système d'irrigation de micro aspersion fonctionnant sous pompage photovoltaïque. En guise de résultats de l'étude, on a noté que la détermination des besoins en eau a révélé un **besoin journalier de 5 mm** pour les plantes choisies pour un **tour d'eau de 2 jours**. Le nombre de postes ainsi retenu par jour est de **6 postes par jour** pour un **temps de poste de 2 h**. Le système d'irrigation, proposé pour assurer l'apport de ce besoin est équipé d'une **conduite transport en PVC PN4 de DN50** s'étendant sur une longueur de **50 m** avec un débit d'équipement $Q_e = 1,60 \text{ l/s/ha}$. La conduite principale est chargée d'alimenter **12 conduites sous primaires de DN50** qui elles aussi, alimentent les portes-rampes en **polyéthylène PE de DN20** situées dans les serres. Les asperseurs retenus pour le système est l'asperseur **GYRONET tête en haut de la marque NETAFIM** délivrant un débit de **60 l/h** pour un diamètre mouillé de **5 m**. Le réseau sera alimenté par un **réservoir** de stockage d'eau de **15 m³** installé à une hauteur de **25 m**. La station de tête est composée d'une **pompe hybride SP 9-A du constructeur Grundfos et doté d'une puissance de 2,2 kW** devant être immergée dans un **forage**, dont le débit de pompage est estimé à **6.82m³/h**. La **Hauteur Manométrique Totale** retenue pour la pompe est de **101.25 mCE** suivant un **niveau dynamique de 60m**. Le champ photovoltaïque est muni de **14 panneaux solaires monocristallins** de puissance **600Wc** suivant la disposition **7S2P** et de **10 batteries LiFePo4 13,2V/280Ah** suivant la disposition **5S2P**. L'énergie est fournie à un onduleur d'une puissance maximale d'entrée de **5kW de la marque Techfine**. Le coût de réalisation de l'aménagement s'élève à **127 832 338 FCFA** soit **11 259 631 FCFA par serre**

Mots Clés :

- 1- FAI
- 2- Kamboinsé
- 3- Serre
- 4- Pompage photovoltaïque
- 5- Micro-aspersion

ABSTRACT

Growing vegetable is a very profitable activity due to the ever present and unsatisfied demand for vegetables on the market. Within the framework of this study, it is planned to design a plot of half (0.5) hectare for market garden, via **12 greenhouses** that will be used for the production of vegetables, supplied by a micro-sprinkler irrigation system operating under photovoltaic pumping. As a result of the study, it was noted that the determination of water requirements showed a **daily** need of **5 mm** for the selected plants for a watering frequency of **2 days**. The number of stations thus retained per day is **6 stations** for a station time of **2 hours**. The irrigation system, proposed to ensure the supply of this need is equipped with a PVC PN4 transport pipe with a nominal diameter of 50mm extending over a length of 50m with an equipment flow rate **Qe =1.60 l/s/ha**. The main line is responsible for feeding **12 sub-primary** lines of **DN 50mm** which also feed the PE boom doors of DN20 mm located in the greenhouses. The sprinklers selected for the system is the **GYRONET head up sprinkler of the NETAFIM brand** delivering a **flow rate of 60l/h** for a **wetted diameter of 5m**. The network will be supplied by a 15m³ water storage tank installed at a height of 20m. The head station is composed of a hybrid **pump SP 9-A** of the manufacturer Grundfos and with a power of **2.2 kw** to be immersed in a borehole, whose pumping rate in assumption is **estimated at 4.32 m³/h**. The Total Manometric Height retained for the pump is **101,25 mCE** following a dynamic level of 60m. The photovoltaic field is equipped with 14 monocrystalline solar panels of **600Wc** power according to the **7S2P** layout and **14 LiFePo4 13.2V/280Ah** batteries according to the **5S2P** layout. The energy is supplied to an inverter with a maximum input power of **5kW** of the Techfine brand. The cost of the project is **127 832 338 FCFA**, i.e. **11 259 631 FCFA per greenhouse**.

1- FAI

2- Kamboinsé

3- Greenhouse

4- Solar pumping

5- Micro-sprinkler irrigation

Sigle et acronymes

2iE	: Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement
APD	: Avant-projet détaillé
Ea	: Efficience d'application
EIER-	: Ecole Inter-Etats des Ingénieurs de l'Equipement Rural
ETM	: Evapotranspiration Maximal
ETo	: Evapotranspiration de référence
ETSHER	: l'Ecole Inter-Etats des Techniciens Supérieurs de l'Hydraulique et de l'Equipement Rural
FAI	: Ferme Agricole Intégrée
FAO	: Fonds des Nations Unies pour l'Agriculture et l'Alimentation
HMT	: Hauteur Manométrique Totale
Kc	: Coefficient cultural
Kp	: Coefficient de transmission de la paroi
LiFePO4	: Lithium Fer Phosphate
ODD	: Objectifs de développement durable
PE	: Polyéthylène
PIB	: Produit Intérieur Brut
PIB	: Produit Intérieur Brut
PVC	: Polychlorure de Vinyle
RFU	: Réserve Facilement Utilisable
RTK	: Real Time Kinematic
RU	: Réserve utile
SWC	: Soil Water Characteristics
Zr	: Profondeur racinaire

SOMMAIRE

<i>Dédicace</i>	<i>i</i>
<i>Remerciements</i>	<i>ii</i>
<i>Résumé</i>	<i>iii</i>
<i>Abstract</i>	<i>iv</i>
<i>Sigle et acronymes</i>	<i>v</i>
<i>Sommaire</i>	<i>vi</i>
<i>Liste des tableaux</i>	<i>viii</i>
<i>Liste des figures</i>	<i>ix</i>
<i>Fiche signalétique de l'étude</i>	<i>x</i>
<i>Introduction</i>	<i>1</i>
<i>I. Présentation de la structure d'accueil et de la zone d'étude</i>	<i>3</i>
I.1 Présentation de la structure d'accueil.....	3
I.2 Présentation de la zone d'étude.....	3
<i>II. Présentation du projet</i>	<i>5</i>
II.1 Contexte et justification.....	5
II.2 Objectifs de l'étude.....	7
<i>III. METHODOLOGIE DE L'ETUDE</i>	<i>7</i>
III.1 L'identification et de la délimitation du site.....	7
III.2 Etude topographique.....	9
III.3 Etude pédologique.....	9
III.4 Conception du schéma d'irrigation.....	11
III.6. Conception du système de pompage.....	19
III.6.1. Choix de la pompe.....	20
III.7. Dimensionnement de la source d'énergie.....	22

III.8. Conception technique des serres	25
IV. CHOIX DES CULTURES ET ESPECES SEMENCIERES	29
V. RESULTATS D'ETUDE TECHNIQUES	33
V.1. Visite de sites et états des lieux	33
V.2. Etudes topographiques	34
V.3. Choix des plants	36
V.3.1. Besoin en eau des cultures.....	37
V.3.2. Estimation des besoins en eau pour l'alimentation des brumisateurs	38
V.4. Dimensionnement préliminaire	38
V.5. Dimensionnement final	39
V.6. Conception du système de pompage	43
V.7. Dimensionnement de la source d'énergie	44
V.8. Conception de la serre	45
VI.9. Etude financière	51
IV.10. Prescription environnementale du projet	53
CONCLUSION	55
Recommandations	56
Bibliographie	57
Annexes.....	VI

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Coefficient de transmission de paroi pour quelques matériaux de couverture	12
Tableau 2: Critères d'évaluation de la qualité d'une semence.....	30
Tableau 3: Résultats de l'étude pédologique	36
Tableau 4: Résultats des différentes humidités du sol	36
<i>Tableau 5: Informations sur les plantes choisies (évolution, kc, zr).....</i>	<i>37</i>
Tableau 6: Résultats des besoins en eau.....	37
Tableau 7: Estimation des besoins en eau pour la brumisations	38
Tableau 8 : valeurs obtenues des paramètres du dimensionnement préliminaire	39
Tableau 9: Composition des parcelles d'irrigation	39
Tableau 10: Résultats du choix des asperseurs	41
Tableau 11: Résultats du calcul des diamètres.....	42
Tableau 12 : Caractéristique de la pompe choisie.....	43
Tableau 13 : Résultats du dimensionnement du champ solaire	44
Tableau 14: Dimension de l'ossature des serres	47
Tableau 15: Fiche technique du matériel de couverture choisi	49

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Localisation de la zone d'étude	4
Figure 2 : Représentation des différents sites du projet FAI.....	8
Figure 3: Réalisation des levées topographiques sur le site de K2 : (a) Mise en station du récepteur ; (b) : Quadrillage du K2 avec le RTK :.....	Erreur ! Signet non défini.
Figure 4 : Réalisation des essais de mesure d'infiltration :(a et b) Implantation des doubles anneaux sur le site ; (c) matériels utilisés lors des essais.	10
Figure 5: Composante d'un système d'irrigation par aspersion.....	11
. Figure 6 : Quelques exemples de cultures pratiquées sous serre : (a) culture hors sol sous serre ; (b) culture hydroponique sous serre ; (c) : culture en plein champ sous serre.....	25
Figure 7: Illustration de l'ossature d'une serre.....	27
Figure 8 : Quelques exemples de matériaux de couverture d'une serre : (a) serre en verre ; (b) serre en polycarbonate ; (c) : serre en polyéthylène.....	28
Figure 9: Délimitation du site.....	34
Figure 10: Résultats de l'étude topographiques.....	35
Figure 11 : Répartition des points de mesure d'infiltration	35
Figure 12: Configuration du système d'arrosage	40
Figure 13 : Organisation des blocs d'arrosage	41
Figure 14: composante du système d'irrigation : (a) : asperseurs et (b) ; disque	41
Figure 15: Illustration de la pompe	43
Figure 16: Répartition des serres sur le site	46
Figure 17	48
Figure 18 : Film polyéthylène diffusant : (a) : diffusion de la lumière sous un film diffusant ;	50
Figure 19 : Les dispositifs de gestion du climat dans la serre : (a) : bache d'ombrage (b) : capteur de température	51
Figure 20; Illustration du pourcentage des différents couts pour chaque section du projetVI. NOTICE D'IMPACT ENVIRONNEMENTAL DU PROJET (NIE)	53

FICHE SIGNALÉTIQUE DE L'ÉTUDE

Localisation	
Communes concernées	Ouagadougou
Provinces	Kadiogo
Région	Centre
Pays	Burkina Faso
Périmètre maraîcher	
Superficie d'un périmètre	0.5 ha
Nombre de serres	12
Tour d'eau	2 jours
Nombre de poste par jour	6
Temps de poste	2 h
Débit asperseur	60l/h
Débit des brumisateurs	8/h
Source d'énergie	Hybride (solaire associés aux batteries)
Caractéristiques des conduites	PVC et PEH
Station de pompage	
Pompe immergée	Pompe hybride SP 9 Grundfos
HMT	101.25 m
Volume du réservoir	15 m ³
Débit de pompage	6,82 m ³ /h
Champ solaire	
Puissance des panneaux solaires	8,4Kw
Nombre de panneau solaire	14
Disposition SP	7S2P
Nombre de batteries	5
Disposition des batteries	5S2P

INTRODUCTION

Le secteur agricole constitue une composante de l'économie du Burkina Faso. Il contribue pour 35 % au produit Intérieur Brut (PIB) du pays et emploie 82 % de la population active. La production agricole est dominée par les céréales (sorgho, mil, maïs et riz), principales cultures vivrières, par le coton, principale culture de rente, et par l'élevage (GIZ, 2021). L'arboriculture et le maraîchage occupent aussi une place non négligeable. Il s'agit d'une agriculture de type pluvial rythmée par l'alternance de la saison sèche et de la saison des pluies. La durée de chacune de ces périodes varie cependant selon les zones, la durée de la saison sèche augmentant lorsqu'on remonte vers la zone sahélienne du nord. Les surfaces irriguées sont faibles avec à peine 46 000 ha de périmètres irrigués et 37 500 ha de bas-fonds, très en deçà des potentialités. Pour l'irrigation, ce pays a, en 2021, 1 100 barrages dont 40% sont en état de dégradation très avancée, 50% sont en état de dégradation moyennement avancés et seulement 10% sont en bon état.

Le secteur agricole burkinabé, malgré les progrès réalisés au cours des dernières années, souffre d'une faible productivité en raison de plusieurs facteurs défavorables : aléas climatiques, faible modernisation, baisse de la fertilité des sols, faiblesse des infrastructures notamment des routes, manque d'organisation des filières (hors celle du coton), faiblesse des investissements, insuffisance de formation des ressources humaines... Le grand défi du secteur agricole, pour les prochaines années, sera d'assurer la sécurité alimentaire et nutritionnelle d'une population de plus en plus croissante dans un contexte de développement durable impliquant particulièrement les jeunes dans un processus de modernisation des exploitations agricoles (PANA, 2007).

Il existe donc un besoin explicite d'augmenter la production alimentaire d'environ 70 % dans les années à venir, et il est également nécessaire de développer des stratégies d'intensification de la production pour apporter des solutions techniques. L'augmentation de la production alimentaire doit également être réalisée avec moins de ressources naturelles, comme l'eau et le sol, c'est pourquoi l'agriculture sous abri ou en serre a été proposée comme l'une des principales alternatives de production.

La production agricole sous structures couvertes est considérée comme une forme de production agricole où les facteurs microclimatiques affectant la croissance et le développement des plantes sont totalement ou partiellement contrôlés. Par conséquent, par rapport à la production agricole en plein champ, certains avantages peuvent être obtenus, tels que de permettre la production agricole dans des régions où les conditions climatiques sont défavorables aux cultures d'intérêt,

d'augmenter la production par unité de surface, d'optimiser la gestion des ressources en eau et la fertilisation des cultures, et d'améliorer la qualité commerciale du produit final. Cependant, il faut noter que pour obtenir ces avantages, il est nécessaire d'avoir une gestion adéquate du microclimat à l'intérieur des différents types de structures d'agriculture protégée utilisées dans les pays où ce type de technologie a été mis en œuvre.

C'est dans ce contexte ; que l'Institut Internationale 2iE, qui est une institution de formation supérieure et de recherches axée sur l'élaboration des solutions innovantes a entrepris des démarches dans le but de créer une ferme agricole intégrée. Il s'agit d'une ferme qui regroupent plusieurs domaines à savoir l'élevage, la production de biogaz, la mise ne place de périmètres irrigués devant servir pour le maraichage ou pour l'arboriculture. En ce qui concerne le maraichage, il est prévu de l'implanter dans des serres pour bénéficier des avantages qu'offrent la culture sous serre. La conception technique des serres sera faite par les étudiants de l'Institut encadrer par le corps professoral.

Ce présent rapport s'inscrit donc dans le cadre de cette étude pour l'obtention du diplôme d'ingénieur 2iE avec grade de master sous le thème « ***Conception de douze serres pour la production de semences et de plants sous micro-aspersion photovoltaïques à Kamboinsé, Province du Kadiogo*** ».

Il sera donc question pour nous de proposer une conception de modèle de serre adaptée aux climats du Burkina, puis de décrire la procédure de production de semences et enfin de dimensionner le système d'irrigation par aspersion devant alimenter le site.

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

I.1 Présentation de la structure d'accueil

L'Institut international d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement (2iE) a été créé le 14 juin 2006 suite à une décision du Conseil des Ministres des 14 Etats membres (cf. décision N°03/CM/EIER-ETSHER/2006). Il remplace ainsi le Groupe EIER-ETSHER, lui-même né de la fusion entre l'Ecole Inter-Etats des Ingénieurs de l'Equipement Rural (EIER) et l'Ecole Inter-Etats des Techniciens Supérieurs de l'Hydraulique et de l'Equipement Rural (ETSHER).

L'institut 2iE forme des ingénieurs-entrepreneurs et des professionnels des secteurs privés et publics dans les domaines du Génie de l'Eau, de l'Assainissement et des Aménagements Hydro-Agricoles, du Génie Electrique et Energétique, du Génie Civil, Bâtiments et Travaux Publics. Avec son Ecole doctorale internationale, 2iE forme au Doctorat en Sciences et Technologies de l'Eau, de l'Energie et de l'Environnement avec des Spécialités : Eau, Energie, Matériaux, Environnement.

Elle dispose en son sein plusieurs laboratoires de recherches que sont les suivantes ;

- Laboratoire Eaux Hydro-Systèmes et Agriculture (LEHSA)
- Laboratoire Eco-Matériaux et Habitat Durable (LEMHaD)
- Laboratoire Energies Renouvelables et Efficacité Energétique (LabEREE).

Nous avons ainsi effectué notre stage au sein du Laboratoire Eaux Hydro-Systèmes et de l'Agriculture (LEHSA). Les activités du laboratoire LEHSA visent à contribuer à l'amélioration des connaissances sur les ressources en eau en Afrique sub-saharienne dans un contexte de changements globaux, étudier les stratégies d'adaptation des populations face à ces changements, améliorer l'accès aux services essentiels de base que sont l'eau et l'assainissement et de proposer des technologies performantes et accessibles pour une agriculture plus résiliente.

I.2 Présentation de la zone d'étude

I.2.1 Situation géographique

L'étude s'effectue dans la zone climatique soudano-sahélienne du Burkina, et est située à Kamboinsé dans la commune de Ouagadougou, Province du Kadiogo, dans la Région du Centre. Le site d'implantation du projet est prévu dans l'enceinte de l'Institut 2iE Kamboinsé au niveau du K4 dans la partie délimitée FAI 2.

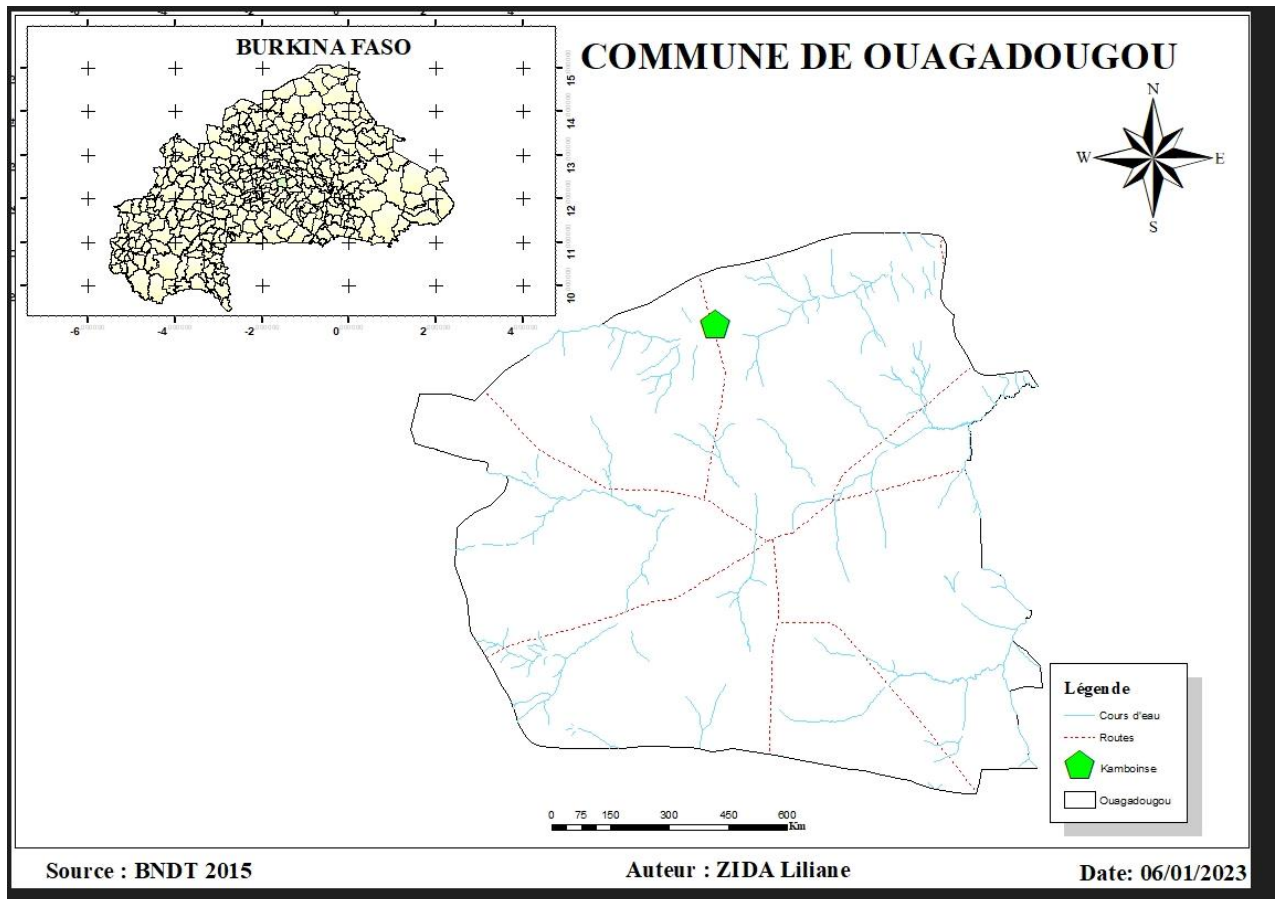


Figure 1 : Localisation de la zone d'étude

1.2.3 Le climat

La zone d'étude bénéficie d'un climat tropical, chaud s'étalant sur toute l'année, avec une saison sèche allant de novembre à mars et une saison des pluies qui s'étend approximativement de mai à début octobre. Les températures moyennes mensuelles sont comprises entre 20 et 35°C.

La saison sèche se caractérise par un vent chaud et sec qui soulève la poussière appelée harmattan. Par contre en saison pluvieuse, on a un vent frais qui souffle pendant l'hivernage et provient du Sud-Ouest. C'est la mousson qui est à la cause des pluies (IRENA, 2021).

1.2.4 Hydrographie

Sur le Campus 2iE de Kamboinsé, le potentiel de mobilisation de cette ressource en eau se décline en deux possibilités : les eaux de surface, présentes en saison pluvieuse, au niveau du barrage qui jouxte le campus K1. Toutefois, ce barrage est fortement envasé, et sujet à une évaporation forte, ce qui entraîne son tarissement et celui du cours d'eau amont quelques mois

après la saison de pluies. La mobilisation d'une telle ressource présenterait des limites conséquentes si l'on souhaite un développement en continu sur l'année des activités.

En ce qui concerne la ressource en eau souterraine, les potentialités en eaux souterraines devraient être satisfaisantes. En effet, la nappe aquifère de la zone devrait être régulièrement rechargée par le barrage de Kamboïse. Le potentiel semble présent, les sites K2 à K4 ayant déjà vu l'installation de plusieurs forages positifs, qui est utilisée pour la desserte en eau sur le campus (alimentation en eau, services, arrosage, etc.).

1.2.5 Les activités socio-économiques

Les activités socio-économiques de la zone sont boostées principalement par deux facteurs : la présence du barrage de Kamboïse et l'implantation du campus 2iE. En effet, grâce au barrage, les activités comme l'agriculture et la pêche sont très développées. Aussi, la présence de l'Institut est l'un des facteurs de l'extension rapide du commerce dans la zone. En effet, on note l'implantation de plusieurs boutiques, restaurants et aussi une croissance dans l'aménagement urbain de la zone dans le but de le mettre en location aux étudiants.

II. PRESENTATION DU PROJET

II.1 Contexte et justification

Contexte et justification

Le secteur agricole est essentiel aux économies africaines, mais reste, de nos jours, tributaire de plusieurs problématiques, notamment la pauvreté et la fragilité des sols, le manque de ressource en eau pour l'irrigation et les aléas du changement et de la variabilité climatique. Cela est d'autant plus dommageable dans la mesure où ce secteur occupe une part très grande de la population active (à hauteur de 80% au Burkina Faso), et pourrait contribuer de façon significative à l'économie et à la production de richesse si cette agriculture devient irriguée, et soutenue par un écosystème d'activités de conservation, de transformation et de valorisation de ses produits.

L'Institut 2iE, engagé dans les questions relatives à l'eau et à sa maîtrise depuis sa création (dans les années 1960), a entrepris en 2020 de mettre en place une Ferme Agricole Intégrée (FAI-2iE) sur son campus de Kamboïse. Ce projet est porté par une équipe multidisciplinaire d'enseignants de l'Institut 2iE, à laquelle s'associent des experts et praticiens de structures partenaires telles que ACF (Action Contre la Faim). Le projet de la FAI-2iE

comporte divers volets, notamment la conception d'aménagements hydro-agricoles, la production végétale et animale, de l'aménagement de parcs forestiers, de la transformation et de la conservation de produits végétaux et animaux et la valorisation des déchets. En outre, la FAI-2iE permettrait d'offrir des services à la communauté, à travers la création d'emplois, la mise à disposition de produits agricoles bio et de haute qualité pour l'approvisionnement des collectivités et la génération de ressources additionnelles pour l'Institut 2iE.

Dans la démarche de mise en œuvre de la FAI-2iE, divers aménagements relatifs à la production agricole sont envisagés. Il s'agit, entre autres, des aménagements de production sous irrigation. Afin de soutenir ces activités de production agricole et maraichère, des semences sont indispensables. La qualité de ces semences étant une condition déterminante pour les rendements futurs, il est souvent envisagé de produire ces semences en conditions contrôlées. À ce titre, les serres constituent une option intéressante pour la production semencière, car elles permettent de disposer d'un environnement clos, de favoriser un microclimat adéquat, soutenu avec un apport d'eau et de nutriments planifié.

Il est ainsi donc initié une étude de conception de 12 serres pour la production de semences et de plants à Kamboinsé, Province du Kadiogo. Les emplacements prévisionnels pouvant accueillir ces infrastructures ont été identifiées dans le cadre de la FAI-2iE, sur le site K2. Outre l'objectif primaire de production semencière visé, ces aménagements de type serre pourront constituer des cadres de promotion à divers niveaux : dans un premier temps, ils pourront servir de champ d'application pédagogique pour les étudiants de l'Institut 2iE, mais aussi de plates-formes de démonstration et/ou d'outil de formation pour les professionnels et chercheurs du domaine, sur le plan des technologies d'irrigation sous pression efficaces (économie d'eau), efficaces sur le long terme (manutention et gestion du matériel d'irrigation) et reposant sur solutions d'énergie renouvelable. En outre, ces plates-formes de production pourraient aussi servir de support pour la recherche et l'innovation.

Les spéculations envisagées sur les deux aménagements relèvent essentiellement de la maraichère-culture. Il est prévu de conduire l'irrigation sous ces terres via la mobilisation d'eau souterraine, par pompage, associé à l'irrigation par la micro aspersion, qui se veut être une technique d'irrigation économe en eau, permettant de garantir une meilleure uniformité dans l'application de la dose d'irrigation. Cette technique d'irrigation est également plus souple et plus résistante au colmatage (en comparaison au goutte-à-goutte), et permet de produire un microclimat bénéfique aux plantes cultivées (en raison du mode d'arrosage imitant la pluie), ce

qui serait d'autant plus efficace sous conditions de serre. L'irrigation sera conduite par l'énergie solaire photovoltaïque pour le pompage, afin d'intégrer des solutions à bases d'énergies renouvelables dans la pratique de l'irrigation et de permettre une meilleure rentabilité sur le long terme.

II.2 Objectifs de l'étude

L'objectif principal de ce travail est de produire un dossier d'étude d'avant-projet détaillé (APD) pour la conception de 12 serres pour la production de semences et de plants sous micro aspersion photovoltaïque à Kamboinsé, Province du Kadiogo.

En ce qui concerne les objectifs spécifiques, il sera question de :

- Identifier et documenter (fiches techniques et grandeurs clés déterminant les paramètres de dimensionnement) les options de spéculations à envisager en production semencière ;
- Effectuer la conception technique détaillée des 12 serres, intégrant les aspects de mobilisation en eau, d'irrigation, énergie et plans techniques y afférant ;
- ➤ Évaluer le cout à disposer pour l'exécution du projet.

III. METHODOLOGIE DE L'ETUDE

Cette partie du mémoire met l'accent sur les différentes approches menées pour obtenir les résultats. Il sera question d'énumérer les démarches adoptées ainsi que le matériel utilisé pour atteindre chaque objectif spécifique.

III.1 L'identification et de la délimitation du site

La délimitation du site s'est faite dans un en premier temps, à travers le logiciel Google Earth du projet FAI. En effet, un fichier KMZ nous a été remis et dans lequel était répertorié les différentes délimitations du projet FAI (FAI-Prio, FAI-2 FAI-3), mais aussi les différents forages qui étaient attribués à chaque sous-projet. En ce qui concerne notre sous-projet, il était affilié au forage FAI-2_F8 qui désigne le forage 8 de la FAI-2. La délimitation s'est alors faite sur la base de l'emplacement du forage tout en respectant la superficie qui nous a été imposée (5000 m²).

Après cette étape vient alors la visite du site en vue de découvrir le site de l'aménagement et de mieux orienter nos choix techniques lors de la conception. Elle a permis de connaître :

- Les différentes routes d'accès du site ;
- Les différents obstacles présents sur le site et prévoir de les évacuer ou de changer de site le cas échéant (des bâtiments, les arbres) ;
- Le type de végétation et un préambule du type de sol présent sur le site ;
- L'occupation du site s'il est habité ou occupé par la population pour une activité particulière.

La Figure 2 illustre la répartition des différents sites du projet FAI sur le campus 2iE Kamboinsé.

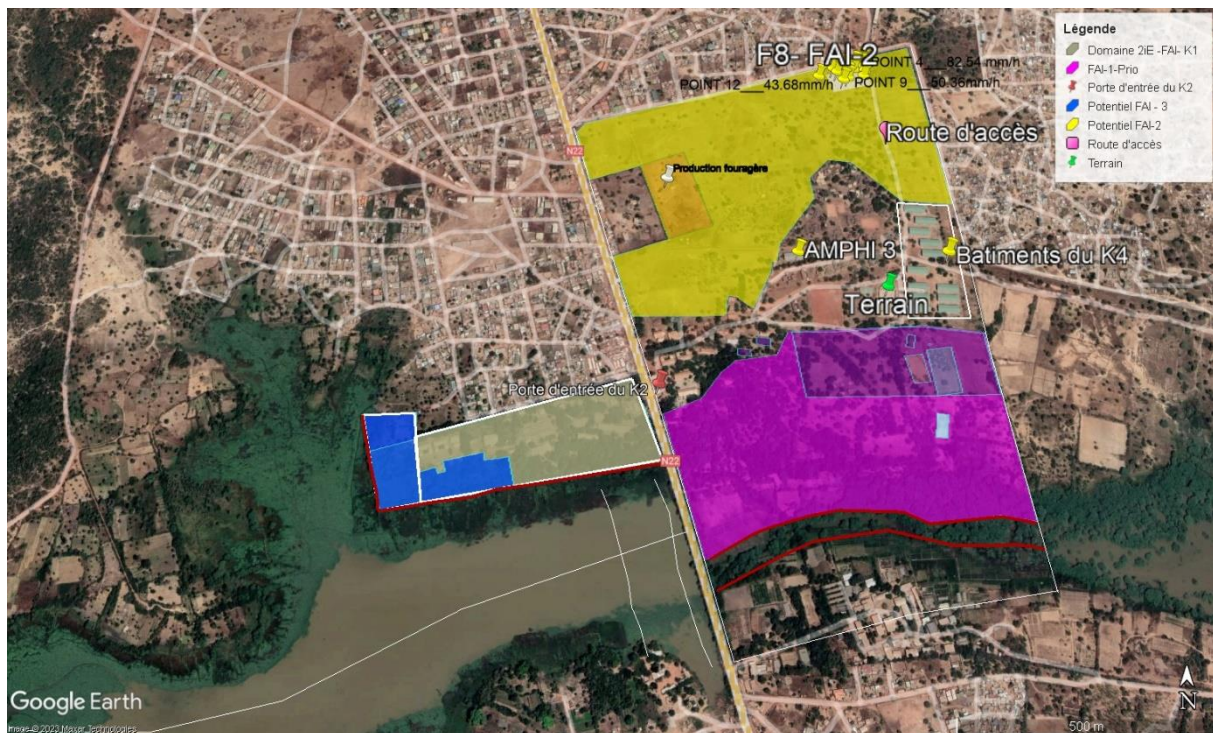


Figure 2 : Représentation des différents sites du projet FAI

III.2 Etude topographique

La Figure 3 présente quelques étapes réalisées lors de l'étude topographique.

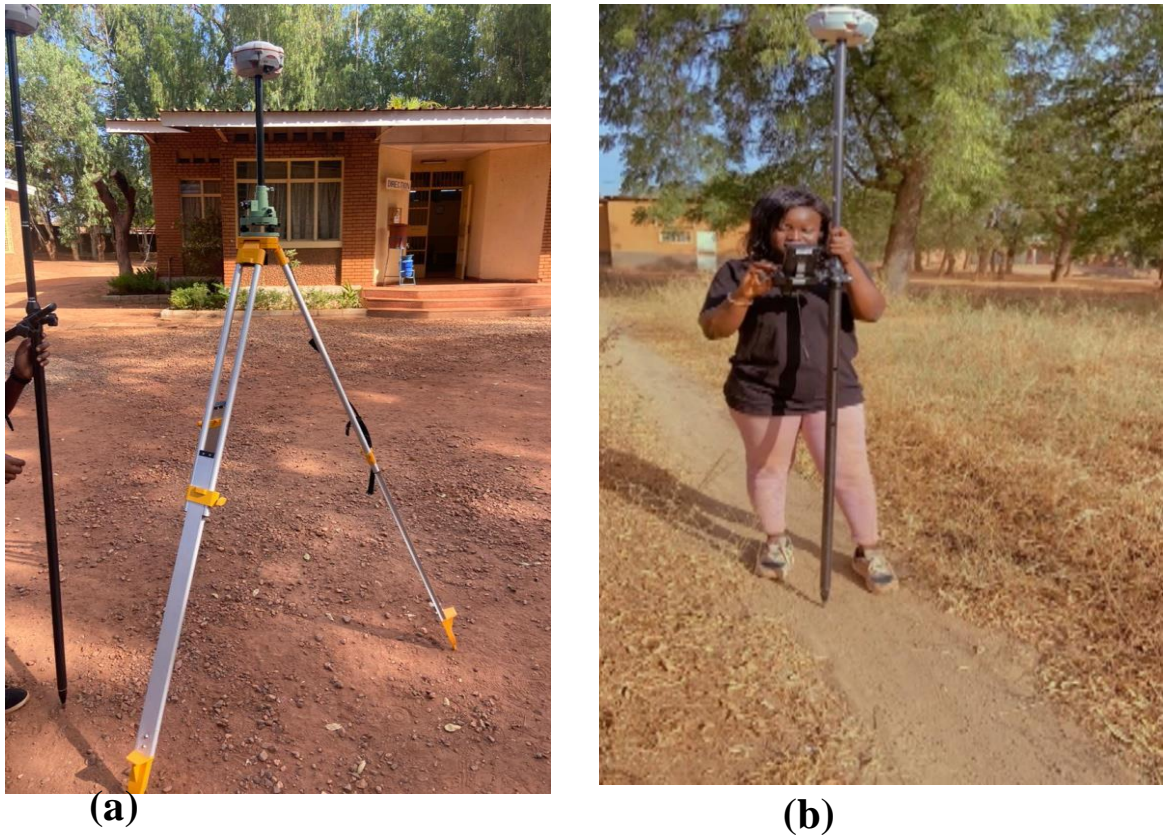


Figure 3: Réalisation des levées topographiques sur le site de K2 : (a) Mise en station du récepteur ; (b) : Quadrillage du K2 avec le RTK :

Cette étude nous permet d'avoir des informations sur l'allure générale de la pente du terrain naturelle. L'étude topographique s'est faite alors à l'aide du RTK (Real Time Kinematic) supporté par une canne et munie d'un contrôleur. La *Figure 3*, présente quelques étapes de l'étude topographique.

III.3 Etude pédologique

En aménagement hydro-agricole, les paramètres physiques utiles du sol sont les humidités caractéristiques (la capacité au champs O_{fc} et O_{wf} et le point de flétrissement), la vitesse d'infiltration du sol (K_{sat}) et la texture du sol. Ces données nous renseignent sur la composition du sol ce qui est utile pour connaître la compatibilité du sol avec la culture, et la pluviométrie

des asperseurs à choisir. Nous avons obtenu ces données à travers principalement la méthode de mesures d'infiltration.

Le dispositif utilisé est l'infiltromètre à double-anneau de MUNTZ qui est utilisé pour déterminer la capacité d'infiltration d'un sol en écoulement unidirectionnel (vertical), pour des projets d'installations d'irrigation et de drainage. On s'intéresse donc à la capacité du sol à se saturer.

Pour la procédure d'installation, il faut que les deux anneaux soient enfoncés de minimum 5 cm de profondeur. L'enfoncement est réalisé de façon lente et régulière à l'aide d'un marteau et d'un chevron, pour éviter de perturber le sol au voisinage des anneaux et d'éviter les éventuelles fuites d'eau. Les deux anneaux doivent être au même niveau et leur horizontalité est contrôlée avec le niveau à bulle. Le principe du double anneau est de suivre l'évolution du niveau d'eau en fonction du temps dans l'anneau interne pour connaître la vitesse d'infiltration. Cette mesure se fait sur des séries de pas de temps régulier.

Puis à l'aide du logiciel de statistique Minitab, nous avons réalisé le traitement des données qui consiste à caractériser le sol en déterminant les valeurs de la conductivité hydraulique k_{sat} et la texture des sols. Notons que la perméabilité d'un sol est fonction de sa texture et à sa structure.

Les caractéristiques du sol (classe de texture et humidités caractéristiques) ont été déterminées en introduisant les valeurs des conductivités hydrauliques dans le logiciel SWC (Soil Water Characteristics).



Figure 4 : Réalisation des essais de mesures d'infiltration :(a et b) Implantation des doubles anneaux sur le site ; (c) matériels utilisés lors des essais.

Nous avons réalisé 12 points de mesures pendant 4 jours en raison de 3 points par jours pendant 8 heures de temps. Les coordonnées spatiales pour chaque point sont renseignées au niveau de l'annexe 1.

III.4 Conception du schéma d'irrigation

III.4.1 Principe de fonctionnement de la micro-aspersion

La technique d'irrigation par aspersion est conçue sur le modèle de la pluie naturelle. L'eau est refoulée sous pression dans un réseau de conduites, ensuite elle est diffusée par des asperseurs rotatifs sous la forme d'une pluie artificielle (Felix, 2013). Elle a l'avantage de créer un microclimat agréable à l'épanouissement des plantes (Phocaidès, 2008). Aussi, elle permet également une réduction de la consommation d'eau de 30 à 60% par rapport aux autres systèmes d'irrigations (californien, gravitaire) (Brouwer & Prins, 1990). En effet, les systèmes d'irrigation par aspersion ont une efficacité réseau allant de 0,8 à 0,9. Cependant, elle nécessite de mobiliser énormément d'équipements comme les asperseurs, les filtres, les portes rampes et les rampes) ce qui contribue à le rendre coûteux par rapport aux autres systèmes.

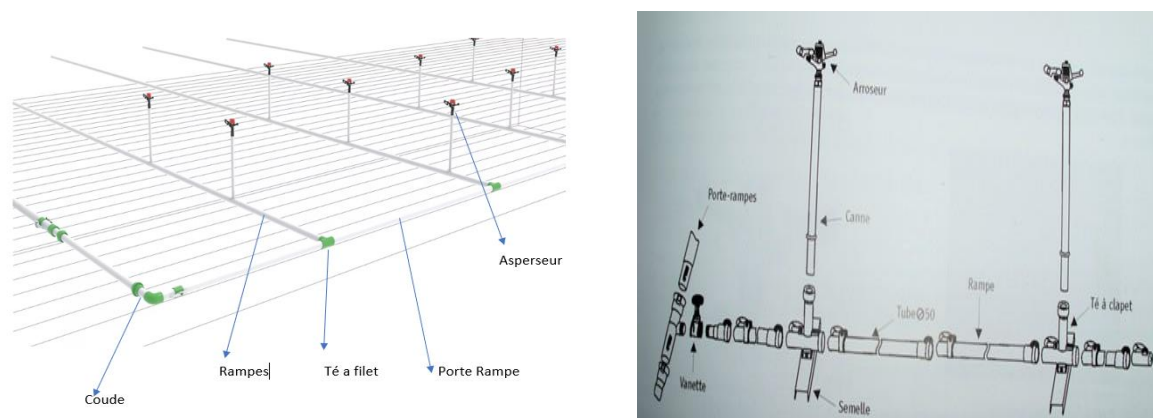


Figure 5: Composante d'un système d'irrigation par aspersion¹

III.4.2 Calcul des besoins en eau des plantes

Les besoins en eau d'irrigation déterminent la quantité totale d'eau, par unité de surface, dont une culture a besoin pour se développer normalement dans les conditions du terrain.

¹ Voir URL : https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fagronomie.info%2Ffr%2Firrigation-par-aspersion%2F&psig=AOvVaw3zYKnU9vaqN-VDt-gwt-2q&ust=1673670866675000&source=images&cd=vfe&ved=0CBAQjRxqFwoTCMDf1Pzbw_wCFQAAAAAdAAAAABAE

Notons que la détermination des besoins en eau d'une culture nécessite la connaissance de divers paramètres concernant, aussi bien la plante elle-même que les données climatiques de la région.

III.4.2.a. Calcul de l'évapotranspiration sous serre (ETP_{serre})

Sous serres, l'évapotranspiration des plantes et du sol est fonction du rayonnement solaire pénétrant dans l'abri et du coefficient de transmission de la paroi du matériau de couverture (SKHIRI, 2017). Plusieurs études ont été réalisées et ont permis de calculer l'ETP sous serre à travers la formule 1. Le coefficient de transmission de la paroi (kp) de la serre varie selon le matériau avec lequel est construite la serre.

$$ETP_{serre} (mm) = Rg \times ((0.67) \times Kp) \div L$$

Avec :

- ETP_{seere} : Evapotranspiration potentielle sous serre [mm/j]
 - Rg : rayonnement global à la station de Ouagadougou [J/cm²/m²]
 - Kp : coefficient de transmission de la paroi [-]
 - L : chaleur latente de vaporisation de l'eau (= 251) [J/cm²]
- (1)

Le tableau 1 résume différents coefficients pour 3 types de matériaux :

Tableau 1 : Coefficient de transmission de paroi pour quelques matériaux de couverture

Type de la couverture	Coefficient de transparence
Polyéthylène	0,7
Verre	0,9
Polycarbonate	0,7

Source : (SKHIRI, 2017)

III.4.2.b. Calcul des besoins nets des plantes

Il correspond à la quantité d'eau qu'il faut apporter sur la parcelle pour la mettre à la disposition de la plante. Il tient compte des différents apports extérieurs autres que l'eau d'irrigation. Dans notre cas l'apport d'eau extérieur viendra de la pluie. Cependant étant donné que l'on cultive sous serre, l'apport de la pluie sera négligé. Alors on aura :

$$BN (mm) = ETM (mm)$$

Avec ETM (mm) ; l'évapotranspiration maximale

(2)

BN (mm) ; les besoins nets

L'ETM se calcule en fonction de l'évapotranspiration potentielle sous serre (ETP_serre) et d'un coefficient cultural (Kc) qui ramène la valeur de l'ETP_serre obtenue aux conditions réelles de la plante. Les coefficients culturaux varient en fonction de la culture cultivée, ainsi que par rapport au stade végétatif de la plante.

$$ETM_{(mm)} = ETP_{serre}(mm) \times Kc$$

- $ETM (mm)$; l'évapotranspiration maximale
- Kc : le coefficient cultural
- ETP_{serre} ; l'évapotranspiration sous serre

Avec :

(3)

$$ETP_{serre}(mm) = Rg \times ((0.67) \times Kp) \div L$$

Avec :

- ETP_{serre} : Evapotranspiration potentielle sous serre [mm/j]
- Rg : rayonnement global à la station de Ouagadougou [$J/cm^2/m^2$]
- Kp : coefficient de transmission de la paroi [-]
- L : chaleur latente de vaporisation de l'eau (= 251) [J/cm^2]

III.4.3. Calcul du besoin brut (BB)

Le Besoin Brut noté BB, est la quantité d'eau qu'il faut réellement mobiliser pour satisfaire aux besoins nets et qui tient donc compte des pertes dans le transport de l'eau depuis la source jusqu'à la plante. Ces pertes dépendent du système d'irrigation, de la qualité du réseau et de l'expérience de l'irrigant. Chaque système est caractérisé par son efficacité. En aspersion, l'efficacité du réseau est comprise entre 0.80-0.90 (FAO, Manuel des techniques d'irrigation sous pression, 2008).

$$BB (mm) = ETM (mm) / Ea$$

Avec :

(4)

$ETM (mm)$; l'évapotranspiration maximale

Ea ; l'efficacité d'application

III.4.4. Dimensionnement préliminaire

Cette étape a pour but de déterminer le débit d'équipement du système d'irrigation. Le calcul se fait en plusieurs étapes et nécessite les résultats de l'étude des sols, et des besoins en eau de la plante. Les différents paramètres à calculer sont :

- La réserve utile du sol RU est la quantité d'eau disponible dans le sol que la plante peut utiliser pour sa croissance. Elle dépend de l'humidité au point de flétrissement θ_{wp} , de l'humidité à la capacité au champ θ_{fc} et de la profondeur racinaire Z_r . On obtient ces valeurs grâce aux mesures d'infiltration du sol.
- La réserve facilement utilisable RFU c'est la quantité d'eau maximale que les plantes peuvent absorber sans effort particulier.
- Fréquence d'arrosage $F(j)$ est l'intervalle de temps théorique entre les arrosages ou le temps que la plante prendra pour épuiser l'humidité du sol. Le tour d'eau $T(j)$ quant à lui, est la fréquence qui sera réellement adoptée dans la pratique et qui tient compte également des pratiques agricoles. En maraichage, $T(j)$ ne doit excéder 2-3 jours (KEITA, 2020).
- Dose brute est la quantité d'eau réelle que recevra la plante durant une rotation d'arrosage affectée de l'efficacité du réseau.
- Débit d'équipement est la grandeur de base pour dimensionner les installations du système d'irrigation.
- Débit du système est le débit nécessaire au fonctionnement de tout le système d'irrigation.

Les formules utilisées pour déterminer ces paramètres sont résumées ci-dessous.

Réserve Utile du sol

$$RU(mm) = (\theta_{fc} - \theta_{wp}) \times Z_r(mm)$$

Avec :

- θ_{fc} : capacité au champ
 - θ_{wp} : capacité au point de flétrissement
- $Z_r(mm)$: la profondeur racinaire

(5)

Reserve facilement utilisable

$$RFU(mm) = \rho * Ru (mm)$$

- Avec ρ le Coefficient de tarissement

(6)

Fréquence d'arrosage

$$F_{(\text{jour})} = \frac{RFU_{(\text{mm})}}{BMP_{\text{Pointe}}(\text{mm}/\text{jour})}$$

Avec :

- $BMP_{\text{Pointe}}(\text{mm}/\text{j})$: besoin maximum de pointe
- $RFU(\text{mm})$ = Reserve facilement utilisable

On choisira $T(\text{jour}) \leq F(\text{jour})$

(7)

Dose brute

$$D_{b(\text{mm})} = \frac{BMP_{\text{Pointe}}(\text{mm}/\text{jour}) * T}{E_a}$$

Avec :

- $BMP_{\text{Pointe}}(\text{mm}/\text{j})$: besoin maximum de pointe
- $T(\text{j})$: tour d'eau
- E_a : efficacité d'application (90%)

(8)

Débit d'équipement

$$Q_e(\text{l/s/ha}) = \frac{D_b(\text{mm})}{T(\text{j}) * T_{w\text{max}} * 0.36}$$

Avec :

- $D_b(\text{mm})$: Dose brute
- $T(\text{j})$: Tour d'eau

$T_{w\text{max}}(\text{h})$ Temps maximal de travail E_a : efficacité d'application (90%)

(9)

Débit du système

$$Q_{\text{syst}}(\text{m}^3/\text{h}) = 3,6 * q_e * A$$

Avec :

- $q_e(\text{l/s} \cdot \text{ha})$: débit d'équipement du système
- $A(\text{ha})$: superficie du périmètre

(10)

Débit du système

$$Q_{\text{syst}}(\text{m}^3/\text{h}) = 3,6 * q_e * A$$

Avec :

- $q_e(\text{l/s} \cdot \text{ha})$: débit d'équipement du système

- A (ha) : superficie du périmètre

III.4.5. Dimensionnement final

Il sera question de réaliser la conception du réseau d'irrigation pour choisir un type d'asperseur qui respecte les conditions de pressions et de l'infiltration. Le dimensionnement doit pouvoir satisfaire les exigences de la parcelle la plus défavorable. Pour ce faire, plusieurs paramètres sont à déterminer :

III.4.5.a. La pression nominale des asperseurs ou le critère de Christiansen

Les asperseurs choisis doivent respecter cette condition de pression pour pouvoir bien fonctionner. La différence de pression à travers le système doit être telle qu'un haut degré d'uniformité de l'arrosage est atteint. Elle est calculée par la formule 11 :

(11)

$$\Delta P_{total} \text{ (bars)} \leq 1/5 P_{nom}$$

Avec :

ΔP_{tot} : Dénivelée totale ΔE_{tot} + Pertes de charges par friction ΔH_{tot}

P_{nom} de l'asperseur en principe vient du catalogue fournisseur

III.4.5.b. Le débit des asperseurs maximum q_{asp} (m^3/h)

Dans un premier temps nous allons calculer le débit maximum que nous pouvons avoir pour les asperseurs à travers la formule 12 :

Le débit des asperseurs maximum

(12)

$$Q_{asp} \left(\frac{l}{h} \right) = P_{asp} \left(\frac{mm}{h} \right) e_{rampe}(m) \times e_{asp}(m)$$

Avec :

- P_{asp} (mm/h) : la pluviométrie de l'asperseur
- E_{rap} (m) : l'espacement entre rampes
- E_{asp} (m) : l'espacement entre asperseurs

III.4.5.c Ecartement des asperseurs et Diamètre mouillé

Le choix de l'écartement des asperseurs doit respecter la condition ci-dessous dans le but d'assurer une bonne uniformité d'arrosage. Ainsi, elle se résume par la formule 13.

Ecartement des asperseurs

(13)

$$e_{max} \leq K \times Dm$$

Avec : $K = 0.5$

Dm (m) : le diamètre mouillé des asperseurs

III.4.5.d. La pluviométrie de l'asperseur (P_{asp} (mm/h))

Le choix des asperseurs se fait en se basant sur les trois grandeurs caractéristiques d'un micro-asperseur (sa pression nominale, son débit et son diamètre mouillé), mais aussi par rapport à la vitesse d'infiltration du sol. Ainsi, l'asperseur choisi doit avoir une pluviométrie inférieure au coefficient de saturation pour éviter le ruissellement.

Puis, dans un catalogue, nous choisirons un asperseur qui a un débit égal ou inférieur au débit calculé et qui respecte surtout le critère de Christiansen. Le nouveau débit obtenu sera utilisé pour la suite des calculs. Elle se calcul suivant la formule 14.

La pluviométrie de l'asperseur

(14)

$$P_{asp}(mm/h) = \frac{Db(mm)}{Tp(h)}$$

Avec :

- DB (mm) : la dose brute
- Tp (h) : le temps de poste

La suite du dimensionnement consistera à vérifier si la pluviométrie des asperseurs choisis respecte les paramètres du dimensionnement préliminaire et si oui on procédera à la suite du dimensionnement final en calculant le nombre de rampes, d'asperseurs, le nombre de rampes et d'asperseurs qui fonctionnent simultanément, ainsi de suite jusqu'à trouver le débit total du système à irriguer et à déterminer les pertes de charge. Les formules utilisées pour cette étape sont résumées ci-dessous :

(15)

➤ Nombre de rampes initiales

$$N_{rp\ initial} = \frac{L_{parc}}{e_{rp}}$$

Avec :

L_{parc} : La longueur de la parcelle en (m)

e_{rp} : espacement entre les rampes (m)

(16)

➤ Nombre de rampes par serre

$$N_{rp\ serre} = \frac{L_{serre}}{e_{rp}}$$

Avec :

L_{serre} : La longueur de la serre en (m)

e_{rp} : espacement entre les rampes (m)

(17)

➤ Nombre de rampes en fonctionnement simultanée

$$N_{rp, sim,} = \frac{N_{rp}}{T(j) * Ns}$$

Avec :

N_{rp} : Nombre total de positions de rampes

Ns : Nombre de poste d'arrosage

$T(j)$: Tour d'eau en jour

(18)

➤ Nombre d'asperseurs par rampes

$$N_{asp/rp,} = \frac{L_{rp}}{e_{asp}}$$

Avec :

L_{rp} : Longueur des rampes

e_{asp} : Espacement entre les asperseurs

(19)

➤ **Diamètre théorique**

$$D_{th}(mm) = \sqrt{\frac{Q(m^3/h)}{V(m/s)}} * 18.811$$

Avec :

$Q(m^3/s)$: débit transporté par la conduite

$V(m/s)$: vitesse limite de l'eau dans la conduite

(20)

➤ **Débit de la rampe**

$$Q_{rp}(l/s) = \frac{Q_{asp} * N_{asp/rp}}{3.6}$$

Avec :

Q_{asp} : Le débit d'un asperseur en l/s

$N_{asp/rp}$: Nombre d'asperseurs par rampes

(21)

➤ **Perte de charges dans les conduites**

$$\Delta H_{conduite}(m) = a * \left(\frac{Q_{conduite}}{3600}\right)^n * F * L_{conduite} / (D_{conduite})^m$$

Avec :

$Q_{conduite}(m^3/h)$: débit circulant dans le tube

$D_{conduite}(m)$: diamètre du tube

F : coefficient en fonction du nombre d'orifice de service sur la conduite

$L_{conduite}(m)$: longueur de la conduite

a, n et m sont les coefficients de la formule de Calmon-Lechapt $N_{asp/rp}$: Nombre d'asperseurs par rampes

III.6. Conception du système de pompage

La ressource en eau choisie dans le cadre du projet est la ressource souterraine. À cet effet, il est prévu la mise en place d'un forage dont l'emplacement a été prédéfini par des études hydrogéologiques. Le système de pompage sera constitué d'un forage alimentant un réservoir. L'exploitation du forage se fait par l'intermédiaire d'une pompe immergée qui amène l'eau depuis la source jusqu'au réservoir.

III.6.1. Choix de la pompe

Pour le choix de la pompe, on tiendra compte de la hauteur manométrique total (HMT) et du débit de pompage. La hauteur manométrique est fonction de la hauteur de refoulement et des pertes des charges dans la conduite de refoulement. Le calcul de la HMT se fait par l'application de la formule 22. Nous avons retenu le catalogue de l'entreprise Grundfos qui depuis plus de 40 ans propose une gamme de pompe de surface, immergée et de relevage. Les pompes à eau Grundfos sont connues à l'internationale pour leur grande qualité.

$$HMT(m) = H_{geo} + \sum pdc$$

Avec :

H_{geo} : la hauteur géométrique en (m) (22)

$\sum pdc$ (m) : pertes de charge sur le refoulement

III.6.1.a. Calcul de la hauteur géométrique

La hauteur géométrique est fonction du niveau dynamique de la nappe, de la hauteur sous cuves et de la hauteur de la cuve. Le calcul de la hauteur géométrique se résume par l'application de la formule 23.

Hauteur géométrique

$$H_{geo}(m) = ND \text{ de la nappe}(m) + H_{sc}(m) + H_c(m)$$

Avec :

- ND le niveau dynamique de la nappe
 - H_c : la hauteur de la cuve
 - H_{sc} : la hauteur sous cuve
- (23)

$$\rightarrow H_{sc} = \sum pdc \text{ réseau}(m) + P_{nom asp}(m)$$

Avec :

$\sum pdc \text{ réseau}(m)$: pdc des singularités + pdc conduite transport

$P_{nom asp}(m)$: pression de service pour le fonctionnement des asperseurs

III.6.1.b. Calcul des pertes de sur la conduite de refoulement

Les pertes de charges dans la conduite de refoulement sont évaluées par la formule 24

$$\sum pdc \text{ refoulement} = a * \frac{(Q_{conduite})^n}{(D_{conduite})^m} * L_{ref}$$

Avec :

- $Q_{conduite} (m^3/h)$: débit circulant dans le tube
- $L_{conduite} (m)$: longueur de la conduite
- a, n et m sont les coefficients de la formule de Calmon-Lechapt
- $D_{conduite} (m)$: diamètre du tube de refoulement

(24)

$$D_{th} = \begin{cases} \text{Bresse: } D_{th} = 1,5 \times \sqrt{Q} \\ \text{Bresse modifié: } D_{th} = 0,8 \times \sqrt{Q} \\ \text{Bonin: } D_{th} = \sqrt{Q} \\ \text{Munier: } D_{th} = (1 + 0,02 \times n) \times \sqrt{Q} \\ \text{Bédjaoui: } D_{th} = 1,27 \times \sqrt{Q} \end{cases}$$

Avec : D_{th} : Diamètre théorique [m] et Q : débit refoulé [m^3/h]

III.6.2. Calcul du volume du réservoir

Dans le cadre du projet, il est prévu un réservoir d'eau devant stocker l'eau de pompage dans le but de permettre l'autonomie du système d'irrigation quand bien même le pompage sera terminé. Le dimensionnement du réservoir se fait suivant la méthode de la variation de flux. (KEITA, 2020). Il sera question de calculer la variation du débit d'eau entrant dans le réservoir (débit pompé) et du débit d'eau sortant du réservoir (débit d'équipement). Les formules relatives aux calculs des deux différents débits sont renseignées dans l'équation 25.

Débit du système

$$Q_{syst} \left(\frac{m^3}{ha} \right) = Q_e \left(\frac{l}{S} \right) 3.6 * S (ha)$$

Avec :

- $Q_e \left(\frac{l}{S} \right)$: le débit d'équipement
- S : Superficie en hectare (ha)

(25)

ET

Débit de pompage

$$Q_{pomp} \left(\frac{m^3}{h} \right) = Q_{syst} \left(\frac{m^3}{h} \right) * \frac{T_{wmax} (h)}{T_{pomp} (h)}$$

Avec :

- $Q_{pomp} \left(\frac{m^3}{h} \right)$: le débit de pompage
- $Q_{syst} \left(\frac{m^3}{h} \right)$: le débit d'équipement du système

- $T_{wmax} (h)$: le temps d'arrosage journalier
- $T_{pomp} (h)$: le temps nécessaire au pompage

III.7. Dimensionnement de la source d'énergie

Dans le cadre de notre projet, nous allons donc préconiser un système hybride (solaire et batteries), car pour satisfaire les besoins en eau d'irrigation, nous avons un temps de pompage maximum de 16h alors que le temps d'ensoleillement maximal de la zone est de 8h par jour. Les batteries seront associées pour prendre le relais. De plus, nous aurons besoin d'une source d'énergie pour faire fonctionner les appareils de gestion du climat dans la serre.

III.7.1. Calcul du champ PV

L'énergie électrique journalière requise pour le pompage a été déterminée par l'équation 26

$$E_j = \frac{\rho \times g \times Q_j \times HMT}{3600 \times \eta_{pompe_moteur}}$$

Avec :

- E_j : Energie journalière requise pour le pompage [kWh]
- Q_j : Volume d'eau journalier pompé (m³)
- HMT : hauteur manométrique totale (m)
- $\eta_{pompe-moteur}$: rendement de la pompe et du moteur

(26)

Ensuite nous déterminons la puissance crête du générateur PV par l'équation 27.

$$P_c = \frac{E_j}{I_{rr} \times \eta_{ond} \times \eta_{bat} \times \eta_{cables} \times \eta_{pous,vieil} \times \eta_{STC,Temp}}$$

Avec :

- P_c : Puissance crête requise pour le pompage [Wc]
- E_j : Energie journalière requise pour le pompage [kWh]
- I_{rr} : irradiance (kWh/m²/j)
- η_{ond} : rendement de l'onduleur (=90%)
- η_{bat} : rendement des batteries (= 90%)
- η_{cables} : rendement des câbles (= 97%)
- $\eta_{pous,vieil}$: rendement lié à la poussière et au vieillissement des modules PV
(=90% x 85% = 76,5%)

(27)

- $\eta_{STC,Temp}$: rendement lié aux conditions atmosphériques non atteintes et à l'échauffement des modules PV (=80%)

Les données relatives à l'ensoleillement journalier à Ouagadougou (I_{rr} = irradiance) ont été estimées à travers les données recueillies au niveau de la station météorologique de Ouagadougou. Pour la suite du dimensionnement, nous allons considérer l'irradiation égale à 5kW/m^2 .

Nous déterminons ensuite le nombre de modules photovoltaïque par l'équation 28.

$$N_m = \frac{P_c}{P_m}$$

Avec :

- N_m : nombre de modules du champ PV. (28)
- P_c : puissance crête attendue [kWc]
- P_m : puissance crête unitaire d'un module PV [kW]

La disposition série-parallèle (SP) des modules PV du champ PV est alors déterminée en fonction de la tension de court-circuit de l'onduleur, de la puissance unitaire d'un module et de la puissance attendue par le champ PV selon l'équation 29.

$$\begin{cases} N_{s,PV} \leq \frac{U_{max,ond}}{U_{oc,m}} \\ N_{p,PV} = \frac{P_c}{N_{s,PV} \times P_m} \end{cases}$$

Avec :

- $N_{s,PV}$: nombre de modules du champ PV en série (29)
- $N_{p,PV}$: nombre de modules du champ PV en parallèle
- $U_{max,ond}$: tension maximale (entrée) de l'onduleur (V)
- $U_{oc,m}$: tension de court-circuit du module PV (V)

IV.7.2. Calcul des batteries

La capacité totale du parc de batterie a été déterminée en évaluant une énergie à stocker étant fonction du déficit et de l'excédent maximum entre une énergie cumulée entrante (panneaux PV) et sortante (alimentation de la pompe), par tranches horaires de puissance de 1h, entre 0h et 24h (équation 30). Il a été supposé que l'ensoleillement soit utile entre 8h et 16h

(soit 8h d'ensoleillement dans la journée) et que le pompage se fait au maximum pendant les heures d'ensoleillement, entre 6h et 20h, afin de minimiser l'énergie à stocker.

$$E_{s,bat} = \max(|\Delta E_{i<0}|) + \max(\Delta E_{i>0}), i \dots [0 - 24h]$$

Avec :

- $E_{s,bat}$: énergie totale à stocker dans les batteries (kWh) (30)
- $\Delta E_{i<0}$: déficit d'énergie (kWh)
- $\Delta E_{i>0}$: excédents d'énergie (kWh)

Le nombre de batteries a ensuite été déterminé en tenant compte d'un taux de décharge profonde, de la tension, de l'ampérage des batteries (équation 31).

$$N_{bat,th} = \left(\frac{E_{s,bat}}{T_{dp} \times \eta_{bat} \times \eta_{ond} \times \eta_{cables}} \right) / (U_{bat} \times Ah_{bat})$$

Avec :

- $N_{bat,th}$: nombre théorique de batteries requises (31)
- T_{dp} : taux de décharge profonde (= 80%)
- U_{bat} : tension de la batterie (V)
- A_h : ampérage de la batterie (kAh)

Une fois le nombre théorique de batteries défini, la disposition série-parallèle des batteries est effectuée en fonction de la capacité d'une batterie, de sa tension nominale et de la tension du système. La tension à donner au système va dépendre de la puissance mobilisée par le champ PV, suivant le principe de l'équation 32.

$$V_{syst} = \begin{cases} 12 V & (si P_c \in [0 - 0,5 kWc]) \\ 24 V & (si P_c \in [0,5 - 2 kWc]) \\ 12 V & (si P_c \in [2 - 10 kWc]) \\ 12 V & (si P_c > 10 kWc) \end{cases} \quad (32)$$

Avec :

- V_{syst} : tension du système (V)
- P_c : puissance crête du champ PV (kWc)

Une fois la tension du système définie, la disposition série-parallèle pour les batteries est calculée par l'équation 33.

$$\begin{cases} N_{s,bat} \leq \frac{V_{syst}}{U_{bat}} \\ N_{p,bat} = \frac{E_{s,bat}}{N_{s,bat} \times C_{bat}} \end{cases}$$

Avec :

- $N_{s,bat}$: nombre de batteries en série
- $N_{p,bat}$: nombre de batteries en parallèle
- V_{syst} : tension du système (V)
- $E_{s,bat}$: énergie à stocker (Wh)
- U_{bat} : tension nominale d'une batterie (V)
- C_{bat} : capacité d'une batterie (Ah)

(33)

III.8. Conception technique des serres

Une serre est une structure généralement close destinée à la production agricole. Elle est conçue à l'origine comme un simple abri, ou une enceinte destinée à la culture ou à la protection des plantes en exploitant le rayonnement solaire (Benni & Tassinari, Efficacy of greenhouse natural ventilation : Environmental monitoring and CFD simulations of a study case Energ Buildings, 2016). Puis, elle est devenue un local industriel de production de la matière végétale où l'on tente d'adapter l'environnement immédiat de la plante, de façon à améliorer sa productivité et sa qualité, en l'affranchissant du climat extérieur, du sol local et même des saisons (ADNANE, 2013). La culture sous serre s'appelle la serriculture.

Les parois et/ou couverture sont transparentes ou translucides, permettant de cultiver des plantes dans un environnement plus chaud ou mieux contrôlé qu'à l'extérieur. La culture peut être faite dans le sol d'origine, ou en hors sol, en hydroponique, en pots ou dans des sacs de laine de roche.

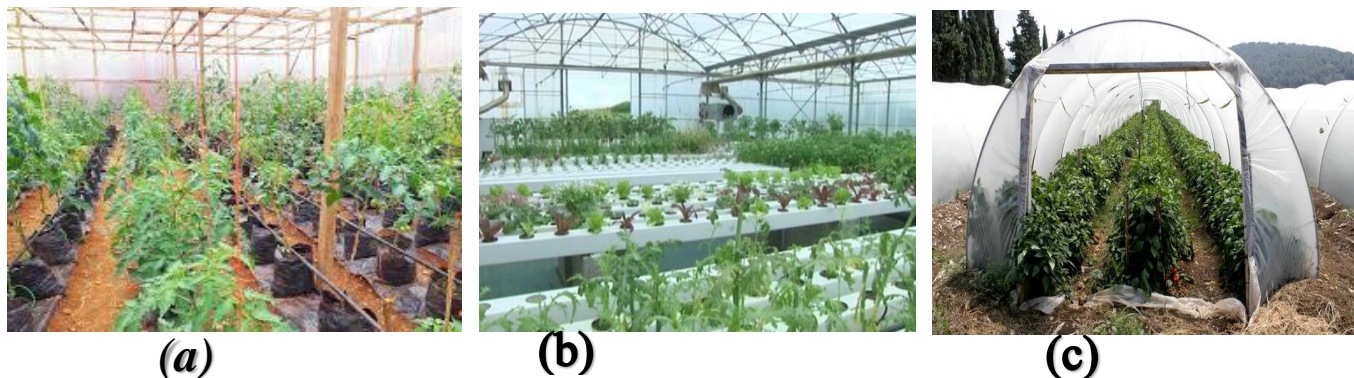


Figure 6 : Quelques exemples de cultures pratiquées sous serre : (a) culture hors sol sous serre ; (b) culture hydroponique sous serre ; (c) : culture en plein champ sous serre

III.8.1. Fonctionnement de la serre

L'efficacité de la serre s'explique par deux phénomènes. D'une part, le milieu intérieur est réchauffé par l'effet de serre et, d'autre part, comme il est abrité du vent, les pertes de chaleur par convection sont très limitées. Le matériel de couverture est transparent à la lumière visible, mais ne l'est pas pour les rayonnements infrarouges. En effet, certains matériaux de couverture comme le verre, transparents au rayonnement de courtes longueurs d'onde et opaque au rayonnement infrarouge, créent un effet de serre qui provoque lui-même une augmentation de température sous l'abri. Par contre, il arrête les infrarouges émis par ce milieu intérieur chaud (Sharma, 2008).

La serre utilise l'effet de serre (piégeage du rayonnement infrarouge du soleil entre les parois transparentes), mais elle peut parfois être chauffée à la demande pour des productions toute l'année dans des pays froids ou tempérés. Des systèmes de régulation de la température et de l'humidité sont nécessaires, car l'atmosphère chaude, humide et confinée de la serre peut favoriser des attaques parasitaires ou de pathogènes des plantes (champignons notamment), contre lesquels l'agriculture moderne (dite conventionnelle) lutte avec des pesticides, et l'agriculture bio avec des produits naturels, des auxiliaires (insectes prédateurs des parasites) et une rotation étudiée des cultures.

Certains matériaux de couverture comme le verre, transparents au rayonnement de courtes longueurs d'onde et opaque au rayonnement infrarouge, créent un effet de serre qui provoque lui-même une augmentation de température sous l'abri. Le vent génère des différences de pression sur la serre qui peuvent l'endommager dans les cas extrêmes. Il provoque également des pertes par convection et contribue de façon déterminante à l'aération naturelle. Un contrôle bien maîtrisé du bilan énergétique du climat permet donc de gérer ces paramètres et d'améliorer le fonctionnement physiologique des plantes.

III.8.2. Composantes d'un abri serre

D'une manière générale, la serre est composée de deux structures : une armature (ossature) qui constitue le squelette de l'abri, et une couverture (enveloppe) qui réalise l'écran nécessaire à la création d'un microclimat spécifique à la serre.

III.8.2.a. L'ossature ou l'armature

L'ossature de la serre est généralement composée de barres horizontales et verticales. Les barres horizontales sont appelées pied droit et sur lequel se concentrent de façon

ponctuelle les charges de la superstructure. Les barres horizontales quant à elles assurent la stabilité de l'armature. Les barres sont fixées les unes aux autres par des boulons. L'ossature de la serre doit être constituée de matériaux résistants aux intempéries notamment aux vents forts, mais ne doit pas constituer le moindre obstacle à la lumière solaire. Les matériaux les plus utilisés sont entre autres l'acier galvanisé; le bois; le béton ; et le bois.

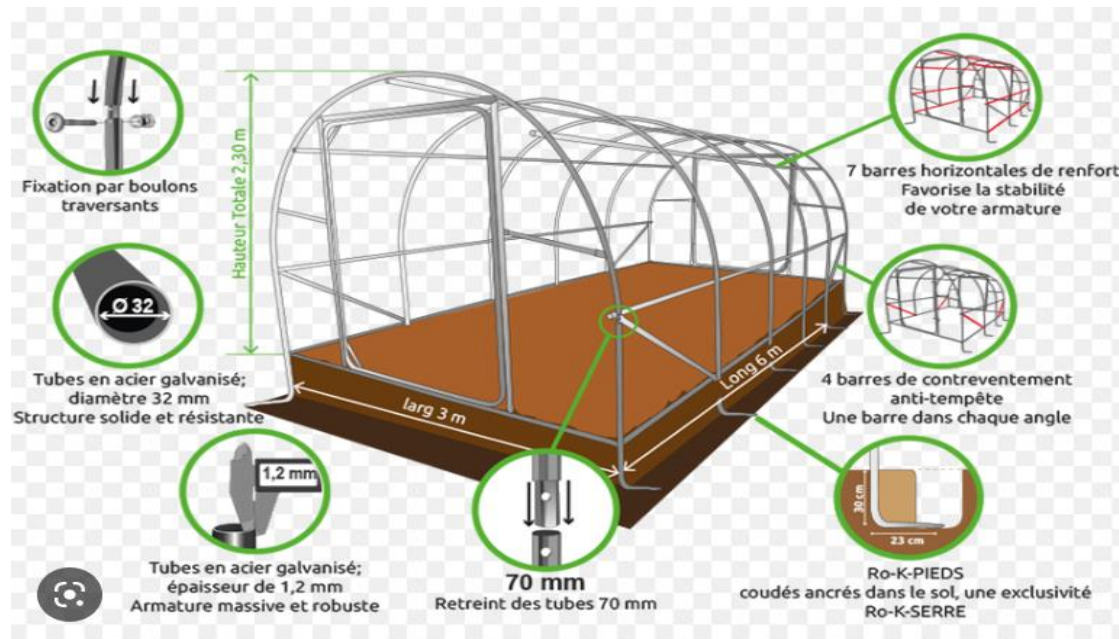


Figure 7: Illustration de l'ossature d'une serre

III.8.2.b. Les matériels de couverture ou de l'enveloppe :

Il est important de choisir un matériel approprié pour la couverture de la serre, car il influencera le rayonnement de la lumière diffuse, la température et l'humidité qui sont des facteurs fondamentaux pour la croissance des cultures. Les couvertures les plus utilisées sont entre autres le film polyéthylène (PE) , les plaques polycarbonates, et le verre.



Figure 8 : Quelques exemples de matériaux de couverture d'une serre : (a) serre en verre ; (b) serre en polycarbonate ; (c) : serre en polyéthylène

III.8.2.c. Conditions climatiques dans la serre

Le climat spontané à l'intérieur de la serre dépend essentiellement du climat extérieur, des caractéristiques physiques de l'air intérieur, de la forme de la serre, du volume de l'abri, son orientation et des qualités physico-chimiques des matériaux de la couverture utilisée. Les principaux facteurs du milieu interne d'une serre, qui sont modifiés par rapport à l'extérieur sont : la lumière, la température, l'humidité et les concentrations des gaz (CO_2 , O_2).

- **La lumière** Les conditions d'éclairement à l'intérieur de la serre sont sous l'étroite dépendance du climat lumineux naturel, la meilleure utilisation de ce climat naturel sera liée au choix des matériaux de couverture et aux conditions de leur mise en œuvre (structure, forme et orientation des serres) qui ont une grande influence sur l'utilisation raisonnable de ce climat naturel (Fatiha, 2010). En effet, en ce qui concerne l'uniformité de la lumière dans les serres, elle est meilleure suivant le sens Nord-Sud lumineux (YASSINE, 2010) . Notons aussi que la pente l'inclinaison du toit de la serre joue également un rôle sur la transmission de la lumière. Pour les serres avec une pente de toit de 30° , la serre orientée E-W transmet environ 13 % de plus de lumière que la serre orientée Nord-Sud (Dragicević & M, 2013).
- **La température** : Il est très important de pouvoir contrôler la température au sein de la serre. En effet c'est le paramètre le plus important, car il joue un rôle majeur dans le développement et la croissance des plantes. Il est rapporté que la plupart des plantes

cultivées en serre préfèrent une température optimale comprise entre 17 °C et 27 °C, avec des températures extrêmes de 10°C et 30°C (NIMPAGARISTSE, 2019). Il sera donc question pour nous de maintenir un climat favorable pour les plantes.

L'orientation Est-Ouest est la plus adaptée pour des applications de serres tout au long de l'année, quelle que soit la latitude, car cette orientation reçoit un rayonnement total plus important en période fraîche et moins important en été (Sharma, 2008). Pour éviter des températures trop élevées, la méthode traditionnelle et la plus viable économiquement est le renouvellement de l'air intérieur au moyen d'une ventilation. En ce qui concerne la ventilation, il est conseillé de construire les ventilateurs de toit perpendiculairement aux vents dominants pour favoriser l'échange de l'air et la superficie des ventilateurs doit représenter au moins 10 à 20% de la superficie de la serre (ADNANE, 2013). On peut aussi utiliser d'autres techniques de refroidissement comme la mise en place de brumisateurs ou l'intégration des voiles d'ombrages.

- **L'humidité :** L'humidité de l'air est l'un des facteurs importants très difficiles à contrôler. Les niveaux d'humidité fluctuent en fonction de la température de la serre, plus celle-ci est élevée et plus l'air peut être humide (hygrométrie au-dessus de 80%) (ALAIN, 2015). De plus les plantes transpirent ce qui rajoute de la vapeur dans la serre. Notons que lorsque l'hygrométrie est à plus de 80%, cela contribue à apporter des maladies foliaires et racinaires. Mais à contrario, plus l'air est sec (hygrométrie en dessous de 35%) et plus les plantes transpirent rapidement. Elles perdent beaucoup d'eau et dépérissent. En serriculture, le taux optimal d'hygrométrie se situe entre 40 et 80%. Il est donc essentiel de maintenir cet équilibre. Cela passe une fois encore par une très bonne aération de la serre pour permettre le renouvellement de l'air à l'intérieur. A cela s'ajoute la mise en place de capteurs qui mesureront l'humidité de l'air et permettent d'agir en cas de déficit ou d'excès.

IV. CHOIX DES CULTURES ET ESPECES SEMENCIERES

Une semence est tout matériel ou organe végétal ou partie d'organe végétal, tels que les graines, les boutures, bulbes les greffons, les rhizomes, tubercules, susceptible de reproduire un individu. Éléments de base de la production agricole, les semences constituent bien souvent le principal obstacle au maintien de la qualité des produits agricoles et à l'accroissement des rendements. Leur production et leur commercialisation est le fait de structures et d'individus hautement spécialisés, qui disposent de moyens importants.

La production des semences revient à apporter au producteur un produit conservant les qualités génétiques de la variété sélectionnée. Il s'agit avant tout d'éviter autant que possible toute pollution par d'autres variétés (variété de la même espèce/et ou genre/et autres espèces.)

IV.1. Les critères de qualités à adopter en production semencière

Les critères de qualité d'une semence sont définis par la réglementation en vigueur, à savoir l'état sanitaire, les différentes puretés (spécifique, variétale) et la faculté germinative (IFDC, 2013).

Tableau 2: Critères d'évaluation de la qualité d'une semence

Critères de qualité	Spécifications	Lieu de vérification
Pureté variétale	Il s'agit de mesurer, au sein du lot de graines, le taux de graines s'écartant de la plante modèle de la variété. Pour les semences certifiées la pureté variétale est de l'ordre de 99,7%.	On peut la mesurer au champ en effectuant des observations sur le port des plantes, au moment de l'épiaison ou de la floraison et au laboratoire
Pureté spécifique	Il s'agit de mesurer dans les lots la présence de graines d'autres espèces, en général adventices. Pour les semences certifiées la pureté spécifique est de l'ordre de 93%	La vérification se fait uniquement au niveau du Laboratoire.
Faculté germinative	Elle désigne le pouvoir ou la capacité que possède une graine à germer dans des conditions de température et d'hygrométrie optimales. La durée de la faculté germinative est très variable puisqu'elle peut aller suivant les espèces de quelques jours	La vérification de ce critère se fait uniquement au niveau du Laboratoire.

	à quelques années. Pour les céréales, la faculté germinative est de l'ordre de 85% à 8 jours	
État sanitaire	Une semence ne peut être certifiée que si son état sanitaire a été jugé satisfaisant. De nombreuses semences destinées aux grandes cultures sont traitées contre les maladies transmissibles.	L'état sanitaire se remarque déjà au niveau du champ (présence de maladies) ou en laboratoire lors des essais.

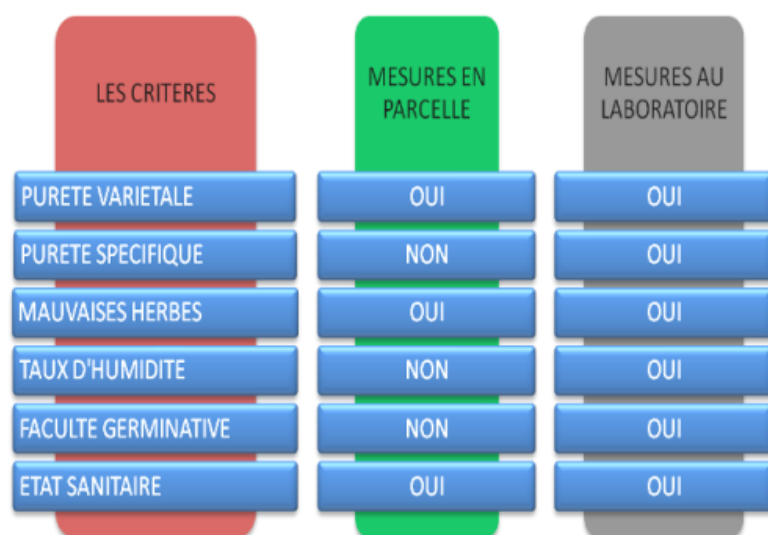


Figure 9: Lieu de vérification des critères de qualité des semences

IV.2. Processus de la production des semences

Selon la nomenclature agréée sur le plan international, la multiplication des semences se fait par les classes ou catégories de semences suivantes : Semences de Souche, Semences de Prébase, Semences de Base et Semences Certifiées (MAAH I. , 2018).

La semence de souche ou semence du sélectionneur est une semence de haute pureté génétique issue du travail de sélection de l'obteneur. La semence de souche est habituellement représentée par le symbole « **Go** » pour signifier qu'elle est le point de départ de toute

multiplication de semence. Elle est produite et strictement gérée par les institutions de recherche obtentrices des variétés.

Ensuite ces semences seront croisées entre elles, et on obtient la lignée des semences de prébases. Elles sont représentées par le symbole « **G1, G2, G3** » et désigne la première, la deuxième et la troisième génération de la multiplication de la semence de souche. Elle est produite et strictement gérée par les institutions de recherche obtentrices des variétés.

La quatrième génération ou multiplication de la semence de souche. Elle est produite et gérée par les institutions de recherche obtentrices des variétés. La semence de base est produite sous le contrôle de qualité d'un organisme officiel de certification.

Des semences G4 sont issues les semences certifiées de première génération. Cette dernière catégorie permet ensuite de produire les semences R1 puis R2. Ce sont enfin les semences certifiées de second niveau R2 qui permettent de produire les semences ordinaires.

Chaque génération est produite à partir de la génération précédente. Chaque génération suit des règles de production et des contrôles sont effectués afin de vérifier que la semence satisfait aux critères de qualité donnés et qu'elle pourra être utilisée pour les générations suivantes.

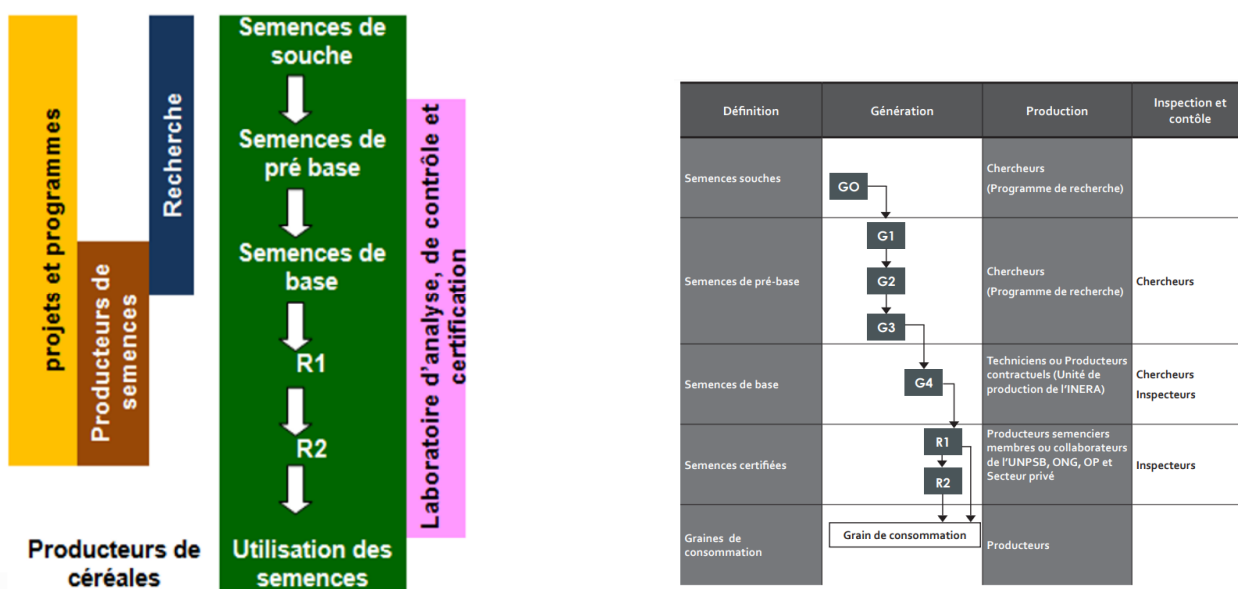


Figure 10: Procédure de production des semences

IV.3. Les techniques de production

Les techniques mises en œuvre diffèrent selon le type de semence et les modes de reproduction des espèces.

Les semences des plantes se reproduisant de manière végétatives (bouturage, marcottage, greffage) sont les plus faciles à produire car le risque de pollution génétique est quasi nul. La seule attention consiste à s'assurer que ces semences ne soient pas contaminées par des virus. En effet, la pollution génétique conduit à une perte de ces caractéristiques, phénomène connu sous le nom de dégénérescence génétique. Afin d'éviter cet accident, les semenciers ont recours à diverses techniques (isolation spatiale, barrières de protection, modification de la densité, castration...).

Pour les plantes se multipliant par voie sexuée, cela est un peu plus compliqué car il faut empêcher que du pollen étranger ne vienne féconder les ovules. La difficulté varie selon qu'on a affaire à des plantes allogames ou autogames. Chez les plantes allogames, la préférence est donnée à l'échange de pollen entre différents pieds, tandis que chez les autogames, le pollen de la même fleur féconde les ovules qui se trouvent sur cette fleur. De ce fait, la production semencière d'espèces autogames est plus aisée que celle d'espèces allogames.

Ainsi, la distance d'isolation varie de quelques centaines de mètres à plusieurs kilomètres selon qu'on ait affaire à des plantes autogames ou à des plantes allogames. Elle varie aussi en fonction du mode de pollinisation. En général les plantes pollinisées par le vent requièrent des distances d'isolation supérieures à celles des plantes pollinisées par des insectes.

V. RESULTATS D'ETUDE TECHNIQUES

Cette section du mémoire porte sur la présentation des résultats obtenus.

V.1. Visite de sites et états des lieux

Après la délimitation sur le logiciel Google Earth, il était impératif de se rendre sur le site pour confirmer le choix de l'emplacement. Ainsi, nous avons pu constater les différents aspects suivants :

- Le site est temporairement utilisé par les femmes du village comme champ pendant la saison pluvieuse. Elles y cultivent de l'oseille, du haricot, de l'arachide, du gombo, etc.

Il faudra donc dans les mesures d'atténuation d'intégrer ces dames.

- La voie la plus facile pour accéder au site est la voie partant du bâtiment A. elle est assez étroite et l'on devra prévoir de l'agrandir pour faciliter le passage des engins surtout au moment des récoltes ;

- Le site est plus au moins dégagé. On note la présence de quelques arbres disponible sur le site et de quelques termitières. On n'aura donc besoin de mobiliser de grands moyens (financiers, matériels) lors de l'implantation du projet.

La visite de site nous a permis de confirmer l'emplacement du site prédéfini initialement sur Google Earth. On retient la *figure 11* ci-dessous qui illustre l'emplacement du site.

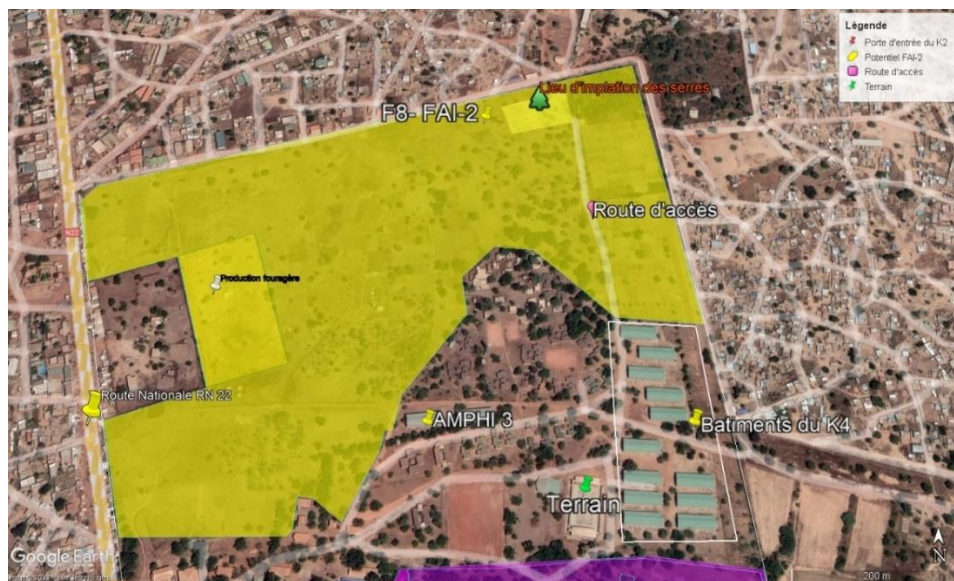


Figure 11: Délimitation du site

V.2. Etudes topographiques

Nous avons utilisé le logiciel Covadis pour le traitement des données obtenues lors de la levées topographique. Des résultats, nous retenons un terrain relativement plat. Les courbes de niveau vont de 328 m à 328.75m. Cependant, lors de l'implantation du site, il sera prévu de faire un nivellement dans le but d'uniformiser les courbes de niveau.

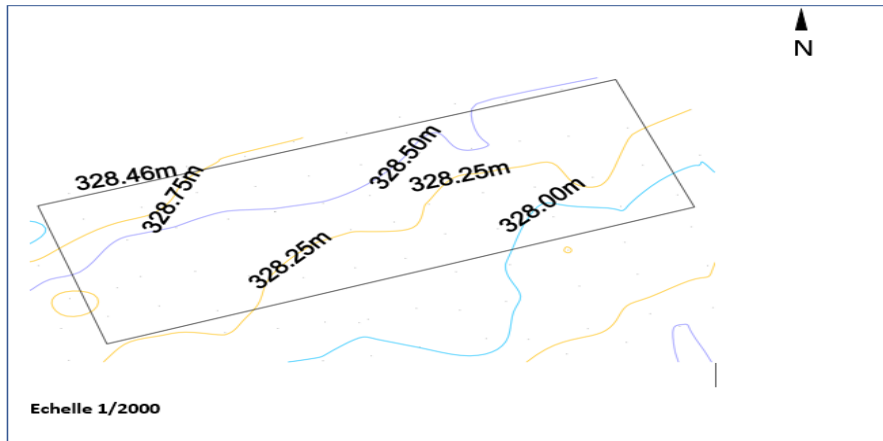


Figure 12: Résultats de l'étude topographiques

Nous avons effectué 12 mesures d'infiltration sur le périmètre que nous avons représenté sur la figure ci-dessous. Les coordonnées des différents points en mentionnés au niveau de l'annexe 1. La répartition des points s'est fait de sorte à pouvoir couvrir l'ensemble du périmètre et de pouvoir caractériser le Ksat en tout point du terrain. Les résultats sont consignés dans la figure 13.



Figure 13 : Répartition des points de mesure d'infiltration

A partir des informations collectées, nous avons fait la moyenne des Ksat pour obtenir un Ksat_final qui sera utilisé pour la suite du dimensionnement. Le logiciel SWC (Soil Water Characteristics) qui renseigne sur la texture du sol permet de caractériser les sols en trois types : sols argileux, sols limoneux ou sols sableux. Les essais de perméabilité du sol réalisés sur l'emprise du périmètre montrent que nous sommes en présence des types de sols qui varient

entre **sablo-argileux** composé de 57% de sable et 10% d'argile. La technique d'irrigation par aspersion est la meilleure pour les sols sableux (FAO 1990), alors ces types de sol s'adaptent parfaitement aux système d'irrigation retenu.

Les différentes données que nous avons pu retenir dans le cadre de l'étude pédologique sont consignées dans le tableau 3.

Tableau 3: Résultats de l'étude pédologique

POINT	KSAT	MOYENNE	ECART-TYPE	CO-VAR %	CU %
P1	45,88	44,32	13,47	30,39	69,61
P2	39,29				
P3	47,09				
P4	65,18				
P5	55,16				
P6	41,88				
P7	50,16				
P8	15,74				
P9	30,66				
P10	35,76				
P11	61,38				
P12	43,68				

L'introduction de la valeur moyenne de Ksat dans le logiciel SPAW HYDROLOGY, nous donne les informations sur les différentes humidités relatives du sol. Les résultats sont consignés dans le tableau 6.

Tableau 4: Résultats des différentes humidités du sol

Désignations	Données d'entrée
Humidité θ_{fc} (%)	19.70
Humidité θ_{wp} (%)	8.1
Conductivité hydraulique Ksat (mm/h)	44. 32
Types de sol des sites d'études	Sablo-argileux

V.3. Choix des plants

Plusieurs critères ont guidé le choix des cultures. Il s'agit essentiellement de choisir des cultures maraichères qui s'adaptent non seulement à la culture sous serre, mais aussi qui permettent de produire des semences. A cela s'ajoute le fait que les légumes récoltés devront être bien sûr des légumes prisés par la population pour éviter la mévente. Nous avons retenu essentiellement 4 plantes qui respectent nos critères, il s'agit essentiellement de la tomate, du poivron, du piment, et de la laitue.

V.3.1. Besoin en eau des cultures

La culture sous serre devant se faire généralement durant toute l'année, nous avons opté pour deux campagnes de culture durant l'année. La première campagne se tiendra de janvier à mai et la deuxième de juillet à décembre. Notons qu'il y a un intervalle d'au moins 2 mois entre chaque campagne. Les différents coefficients culturaux Kc qui ont servi pour le calcul des besoins en eau sont consignés dans le *tableau 5*.

Tableau 5: Informations sur les plantes choisies (évolution, kc, zr)

CULTURE RETENUES	Stade	Initial	Croissance	Mi-saison	Récolte	Nombre de cycle
Tomate	Duree	30 jours	40 jours	40 jours	25 jours	2
	Kc	0,45	0,75	1,15	0,8	
	Zr (mm)	700				
Laitue	Stade	Initial	croissance	mi-saison	Récolte	2
	Duree	20 jours	30 jours	20 jours	15 jours	
	Kc	0,45	0,6	1	0,9	
	Zr (mm)	300				
Poivron/piment	Stade	Initial	croissance	mi-saison	Récolte	2
	Duree	25 jours	35jours	40 jours	20 jours	
	Kc	0,35	0,75	1,05	0,9	
	Zr (mm)	500				

Par l'utilisation combiné de l'ETM qui a été calculé pour chaque mois (l'annexe 2) et du Kc équivalent, on obtient les besoins en eau suivant :

Tableau 6: Résultats des besoins en eau

CULTURES	TOMATE	LAITUE	POIVRON/PIMENT
Besoin maximal de pointe (mm) (1 ^{er} campagne)	129.46	119.86	134.84
Besoin maximal de pointe (mm) (2 ^{er} campagne)	124.06	109.36	119.20

Des résultats, il ressort que le poivron a été la culture ayant la demande en eau la plus élevée. au niveau de la première campagne (**134.84 mm**). La suite du dimensionnement se fera alors sur la base des besoins en eau de cette culture.

V.3.2. Estimation des besoins en eau pour l'alimentation des brumisateurs

Dans le but de réduire la chaleur et l'humidité dans les serres, nous installerons des brumisateurs basses pression de 8 litres/heure. La conception fait état de 15 brumisateurs par serres fonctionnant simultanément pour une meilleure efficacité. Le diamètre mouillé des brumisateurs est de 3m ; on placera donc 3 suivant la largeur et 5 suivant le sens de la longueur.

Tableau 7: Estimation des besoins en eau pour la brumisations

DESIGNATIONS	Valeurs
Nombres de brumisateurs	200
Débit (l/h)	8
Horaire de fonctionnement	<i>Automatiquement dès que les conditions climatiques dans la serre seront défavorables. Les capteurs déclencheront donc le système de brumisation lorsque la température sera supérieure de 28°C et l'hygrométrie inférieure à 60%.</i>
Volume d'eau à mobiliser par jour	1,4 m ³

V.4. Dimensionnement préliminaire

Le dimensionnement préliminaire se fait à partir du résultat des données de base sur le climat, le sol, l'eau et la plante.

- On utilisera la profondeur racinaire Zr de la tomate pour le calcul de la RU parce qu'elle possède la plus grande valeur des profondeurs. Partant de ce principe, la réserve facilement utilisable (RFU) a été estimée à de **22, 33mm**.
- En ce qui concerne le besoin maximal de pointe retenu pour le dimensionnement, elle est de 5 mm/j pour une efficacité du réseau estimée à 0,85. La dose brute est alors estimée à **11.76 mm** et correspond aux besoins en eau pour 2 jours successifs.

Le temps maximal d'irrigation journalier adopté pour couvrir le besoin en eau des plantes est de **12 h**.

Tableau 8 : valeurs obtenues des paramètres du dimensionnement préliminaire

Désignation	Valeurs
Réserve utile RU_(mm)_	81,2
Profondeur racinaire Zr (mm)_	700
Réserve facilement Utilisable _RFU_ (mm)	22,33
Dose brute (mm)	11, 76
Tour d'eau (j)	2
Temps maximal de travail (h)	12
Temps par poste d'arrosage (h)	2
Nombre de poste d'arrosage par jour	6
Débit d'équipement (l/s/ha)	1.6

V.5. Dimensionnement final

V.5.1. Configuration du périmètre maraîcher

Dans le cadre du projet, il était question de concevoir 12 serres. Le découpage parcellaire s'aligne sur les dimensions des serres. Ainsi, nous aurons 12 parcelles de 20 m de long sur 12 m de large, espacées les unes des autres par 4m et dotées d'un système d'irrigation autonome. Chaque parcelle est équipée d'une conduite sous primaire qui fournit l'eau à 4 portes-rampes.

Sur chaque porte-rampe, on retrouve 4 rampes espacées les unes aux autres de 2,5m. On retrouve également 3 asperseurs espacés de 2,5 m conformément à la disposition carrée. Le tableau 8 présente la synthèse des résultats obtenus et la figure 14 illustre la configuration des parcelles sur le site.

Tableau 9: Composition des parcelles d'irrigation

Désignations	Valeurs
Nombre de parcelles/serres	12
Longueur des parcelles	20
Largeur des parcelles	12

Ecartement entre les parcelles	4
Nombre de conduites sous primaires	12
Nombre de portes rampes par parcelle	4
Nombre de rampes par parcelle	16
Espacement entre les rampes	2,5
Nombre d'asperseurs par parcelles	48

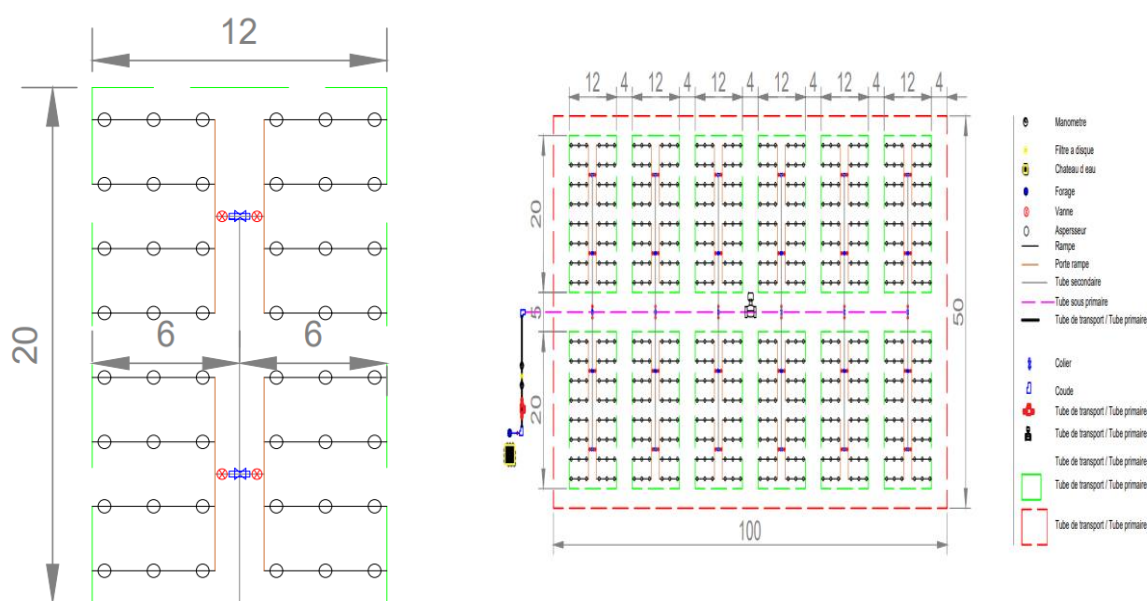


Figure 14: Configuration du système d'arrosage

V.5.2. Organisation de l'arrosage

Afin d'organiser l'arrosage de manière simple et uniforme et de faciliter la distribution de l'eau à la parcelle, le périmètre a été divisé en deux blocs égaux (A, B) et indépendants de sorte que **chaque bloc** soit constitué par **6 serres**. Pour une durée de travail de **12 heures par jour (8h à 20h)** et un temps de poste de **2h**, nous retenons **6 postes par jour**. L'organisation de l'arrosage est faite de sorte **qu'un poste** corresponde à **une serre**. Nous aurons donc **4 portes-rampes** qui fonctionneront simultanément et couvrant la superficie d'une serre soient 240 m² pendant 2 heures. Le **bloc A** est arrosé le premier jour et le deuxième **bloc B**. L'arrosage se passe par rotation entre les ouvertures/fermetures des vannes de chaque serre.

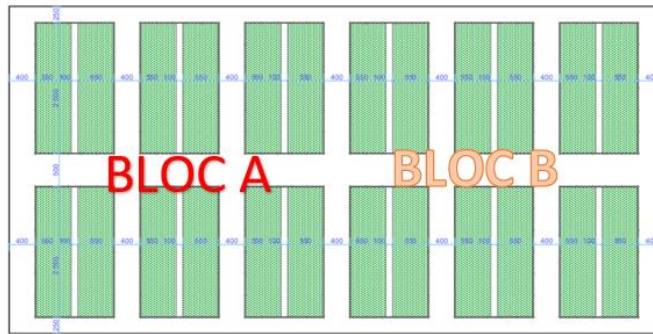


Figure 15 : Organisation des blocs d'arrosage

V.5.3. Le choix des asperseurs

Le choix des asperseurs se fait en comparaison de leur pluviométrie par rapport à la vitesse du sol. L'asperseur retenu dans le catalogue est le **GYRONET™** de la marque **NETAFIM** qui est un micro-asperseur disposant d'un large choix de turbines anti-insectes, avec une excellente uniformité de distribution sur les diamètres couverts à faible pression. C'est un micro-asperseur qui exige une finesse de filtration à respecter qui est de **130 microns**.

Tableau 10: Résultats du choix des asperseurs

Désignations	Valeurs
Type d'asperseur	Micro asperseur GYRO70SRAT tête en haut
Débit (l/h)	60
Diamètre mouillé (m)	5
Pluviométrie (mm/h)	8,20
Espacement maximal entre émetteur (m)	2,5
Pression (bar)	1,5-2,5



(a)



(b)

Figure 16: composante du système d'irrigation : (a) : asperseurs et (b) ; disque à filtre

Le type d'asperseur retenu possède une pluviométrie inférieure à la conductivité hydraulique à saturation de notre zone d'étude. Les asperseurs choisis pourront donc nous fournir l'eau nécessaire par jour pour le développement des plantes.

V.5.4. Dimensionnement des conduites

Le dimensionnement des conduites est régi par plusieurs conditions :

Le dimensionnement des conduites est régi par plusieurs conditions :

- On supposera une vitesse d'écoulement inférieur ou égal à 1,7 m/s pour des conduites en PVC ou PE
- Les pertes de charge singulières sont prises égales à 10 % des pertes de charge linéaires ;
 - Les coefficients de Calmon Lechapt (a, n et m) pour le calcul de la perte de charge par friction dépendent de la nature de la conduite. Dans notre cas, nous utiliserons des conduites en plastiques ce qui correspond aux différents coefficients suivants : on aura $a = 0,00101$; $n = 1,84$; $m = 4,88$. *Il serait bon de préciser le type de conduite qui donne les valeurs des constantes (a, n et m)*
- La différence de pression entre deux micro-asperseurs quelconques sur l'espace irrigué est inférieure à 20% Pression nominale.

Tableau 11: Résultats du calcul des diamètres

Conduites	Longueur (m)	Débits (m ³ /h)	Vitesses (m/s)	Diamètres Théoriques (mm)	Diamètres Nominiaux (mm)
Rampe	6	0,18	1,7	6,12	20
Porte-rampes	10	0,72	1,7	12,24	20
Sous-primaires	22	2,88	1,7	24,48	110
Primaire	52,00	2,88	1,7	24,48	110
Brumisateurs	22	0,008	1,7		

Du fait que le polyéthylène PE résiste à la destruction par le soleil, nous choisirons le polyéthylène pour les rampes et les portes-rampes qui doivent être exposées à même le sol et du polychlorure de vinyle (PVC) pour les tubes primaires, et sous primaires. Le système sera alors composé de polyéthylène PEBD DN20 mm pour les rampes, les portes-rampes et de polychlorure de vinyle (PVC) DN 50 pour la conduite sous primaires et primaire.

V.6. Conception du système de pompage

La pompe retenue pour le pompage de l'eau est la pompe solaire immergée **SP9 de GRUNDFOS** de la gamme SP. Les pompes immergées SP Grundfos représentent ce qu'il se fait de mieux en matière d'hydraulique. Conçues pour fournir un rendement optimal lors des périodes de forte demande, les pompes submersibles SP offrent des coûts à long terme faibles et une fiabilité de fonctionnement élevée, quelle que soit l'application.

L'eau pompée sera stockée dans un château d'eau à une hauteur d'au moins 25 m et ayant une capacité de 15 m³ suivant une conduite de refoulement de 110mm. Les calculs relatifs au volume du château d'eau sont mentionnés dans *l'annexe 5 et les résultats de la conception dans le tableau 11.*

Tableau 12 : Caractéristique de la pompe choisie

Désignations	Valeurs
Niveau dynamique de la nappe (m)	60
Hauteur de la cuve (m)	3,15
Hauteur sous cuve retenue (m)	25
Volume de la cuve (m3)	15
Q_pompage (m3/h)	6,82
HMT (m)	91,57
Caractéristique de la pompe	Nom : SP7-A de GRUNDFOS Débit maximal : 9m ³ /h HMT optimal 120 m

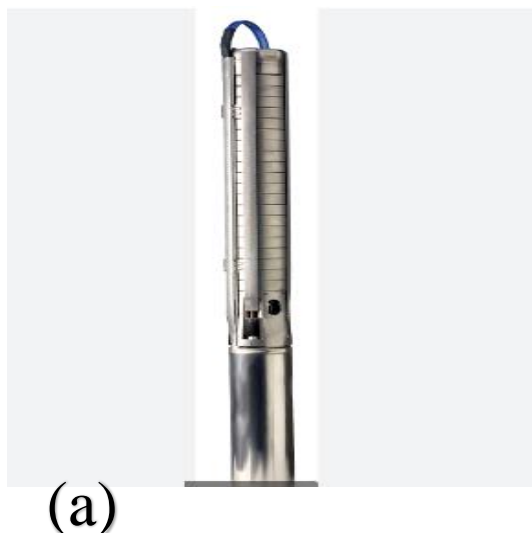



Figure 17 : Quelques exemples des éléments constitutifs de la station de pompage: (a) : Illustration de la pompe ; (b) : Illustration du château d'eau


V.7. Dimensionnement de la source d'énergie

Le système solaire photovoltaïque sera constitué d'un champ de panneaux solaires produisant du courant continu (DC). Un onduleur hybride assure la conversion du courant DC en courant alternatif (AC) pour l'alimentation de la pompe. En outre, un parc de batteries est aussi relié à l'onduleur pour la reprise en cas d'absence d'ensoleillement. Dans le cadre de ce projet, nous avons choisi des panneaux solaires photovoltaïques seront de type monocristallin, qui ont une durée de vie pouvant atteindre 20 ans (KEITA, 2020). De plus elles offrent des rendements plus élevés variant entre **14% et 20%**. Ces panneaux sont conçus pour fournir l'énergie nécessaire au pompage dans un cycle de **24 heures** qui seront arbitrées par un **convertisseur solaire hybride** puis qui l'enverront vers l'électropompe immergée pour l'irrigation, ou vers les batteries pour stockage et utilisation à des heures où le soleil ne sera pas disponible.

Pour le dimensionnement, nous avons opté de choisir quelques paramètres de base en ce qui concerne la puissance des plaques, les caractéristiques des batteries. De ce fait, **il ressort qu'on aura en tout 14 panneaux solaires, dont 7 en séries et 2 en parallèle (disposition 7S2P).** Ce champ sera associé à **10 batteries dont 5 unités de batteries en séries et 2 en parallèle (disposition 5S2P)** afin d'assurer l'autonomie du système. Le **tableau 13** présente un récapitulatif des résultats obtenus.

Tableau 13 : Résultats du dimensionnement du champ solaire

Désignation	Valeurs	Illustration
Type de batteries	LiFeP04 13,2V-280Ah	
Nombre de batteries	10	
Disposition	5S2P	

Type de panneaux solaires	Monocristallin SW600M-156	
Caractéristiques des panneaux	Puissance d'un panneau : 600 Wc Rendement des panneaux : 20 %	
Nombre de modules	14	
Puissance totale (kWc)	8.4	
Disposition	7S2P	

On choisira un onduleur de 5Kw pour assurer la conversion du courant DC en courant AC . les caractéristiques de l'onduleur sont mentionnées dans l'annexe 6.

V.8. Conception de la serre

V.8.1. Les dimensions de la serre

Il n'existe pas de réglementation imposant une taille standard pour les serres, le promoteur décide de lui-même en fonction de ses besoins. Dans notre cas, il était question d'implanter 12 serres sur une superficie de 0.5 hectare. En tenant compte des routes et de l'espacement entre chaque serre, on aura :

- Le périmètre sera divisé en deux en suivant le sens de la largeur : on placera 6 serres dans le sens de la longueur, et les 6 autres seront placées en dessous après 5m d'intervalle qui constitue l'allée principale.
- **La longueur** pour chaque serre est de **20m** ;
- **La largeur** est **12m** ;
- Il est prévu une allée d'au moins **1m** dans le sens de la longueur des serres pour permettre la libre circulation
- Pour ce qui concerne la distance entre les serres, elle est fixée à **4 mètres**, dans l'optique d'éviter le plus possible l'ombrage des serres, mais aussi de permettre la libre circulation des engins lors des récoltes.

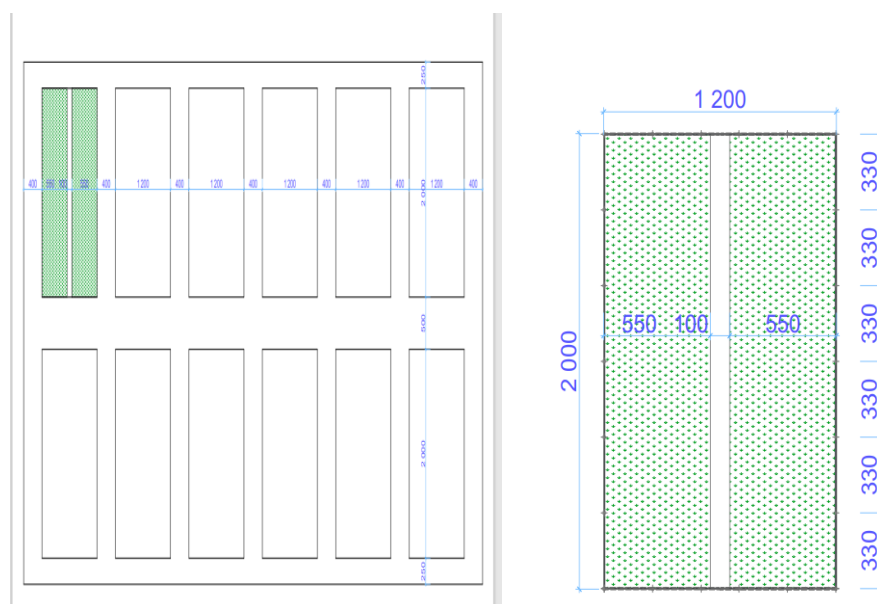


Figure 18: Répartition des serres sur le site

V.8.2. Composantes d'un abri serre

V.8.2.a Choix du matériau de l'ossature de la serre

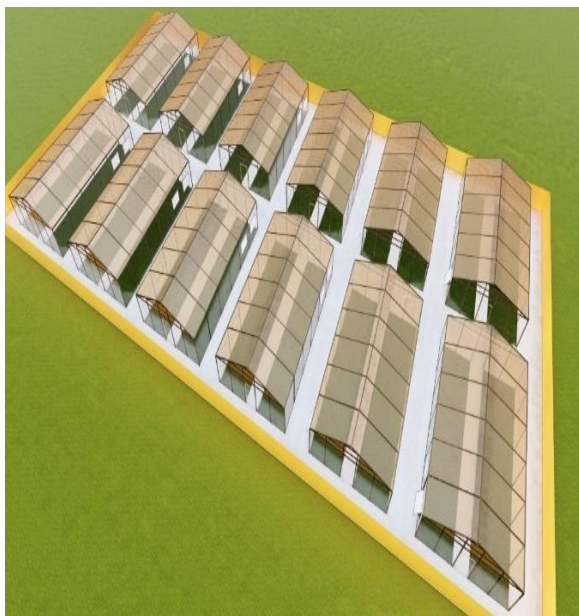
L'analyse des différents des éléments de structures a permis de retenir **l'acier galvanisé** comme le matériau composite de l'ossature des serres. En effet, ce matériau présente plusieurs avantages à l'instar des autres composants du faite de son cout d'achat relativement bas, de sa résistance et durée de vie. C'est aussi un élément de structure très léger qui se fixe facilement.

La taille des diamètres des éléments de structures dépend essentiellement des forces auxquelles elles seront soumises. Dans les pays tempérés par exemple, on tiendra compte du poids de la neige, par contre dans les pays soumis aux forts vents, on tiendra compte de la force du vent. En appliquant cette procédure sur notre site, nous pouvons dire que la principale force à appliquer sera celle du vent. Le résultat pour les dimensions des différentes composantes de l'ossature est résumé dans le *tableau 14*. Une notice d'assemblage de la serre est renseignée au niveau de *l'annexe 8*.

Tableau 14: Dimension de l'ossature des serres

Désignation	Valeurs
Pieddroits	
Longueur (m)	3
Epaisseur (mm)	50
Espacement entre pieddroit (m)	3
Arceaux	
Longueur (m)	14
Epaisseur (mm)	32
Pente d'inclinaison de la toiture	30°
Orientation	EST-OUEST
Nombre de batteries	16

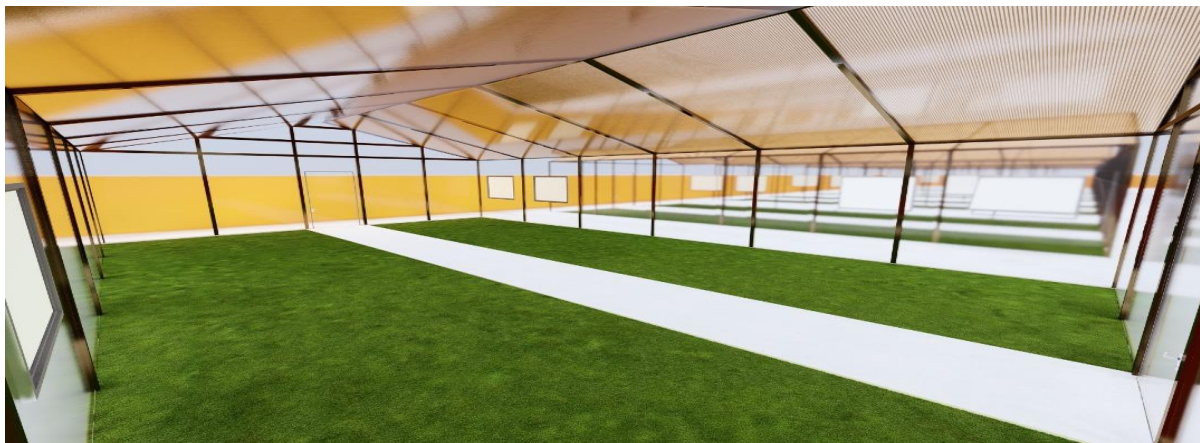
La figure 17 illustre de façon concises l'aménagement du site par les serres.



(a)



(b)



(c)

Figure 19 : Plan 3D des serres conçues : (a) : 12 serres vue du haut ; (b) : l'allée principale ; (c) : serre vue de l'intérieur

IV.8.2.b. Choix du matériel de couverture de la serre

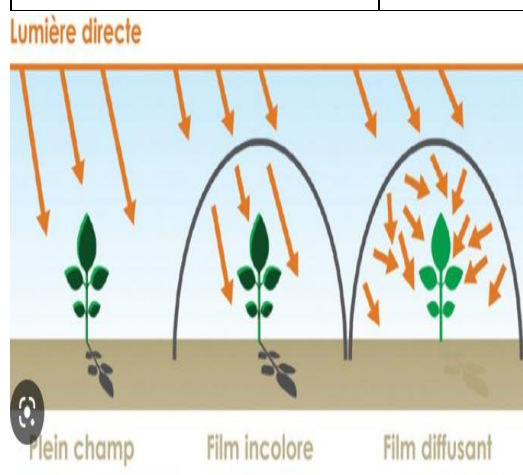
Le choix du matériel de couverture constitue le choix le plus important dans la conception de la serre du fait que le climat dans la serre dépendra du type de matériel. Il faut à la fois un choix optimal et adapté au climat du Burkina Faso qui se caractérise par un climat chaud et sec avec des températures élevées. Pour répondre à cette exigence, on choisira un matériel qui se chauffe moins qui laisse dissiper la chaleur très rapidement. A cela s'ajoute que l'on doit également tenir compte du pouvoir d'achat et du professionnalisme des exploitants en choisissant un matériel économique, qui s'intègre facilement dans le milieu et ne nécessitant pas d'entretiens périodiques.

À la vue de tous ces critères, nous avons choisi le **film de serre Professionnel Diffusant 200g/m² d'épaisseur** qui est un film multicouche incolore en polyéthylène, à la fois thermique et diffusant. **Le film a un aspect trouble et offre un effet colling modéré particulièrement dans les zones ensoleillées (TONNEAU, 2023)**. L'aspect diffusant du film thermique permet d'éclater les rayons du soleil afin d'éviter les ombres à l'intérieur de la serre, ce qui le rend idéal pour les cultures sensibles à la radiation solaire directe. Le film contient également des stabilisants **UV Open** qui permet aussi de filtrer les **rayons UV**. Cette fonction du film permet d'optimiser la pollinisation pour les cultures de légumes. Il possède aussi une couche externe anti-poussière dans le but de limiter l'accumulation de poussière de poussières sur le toit et les parois.

Ce film est spécialement développé pour tous types de structures, pour les régions très ensoleillées, pour les cultures hautes et les cultures maraîchères. Le tableau suivant présente les caractéristiques techniques du film choisi :

Tableau 15: Fiche technique du matériel de couverture choisi

Caractéristiques	Données techniques
Nom	Film de serre Professionnel Deltagri Diffusant - 200μ 5S
Résistance à l'impact	900gr
Résistance à la rupture	26 MPa
Allongement à la rupture	600% (ISO 527-3)
Thermicité	>83%
Diffusion	90%
Transmission lumineuse globale	90% (EN2155-9)
Trouble	90% (EN2155-9)
Températures Mini-Maxi	-50 à +85°C
Durée de vie	4 ans
UVA transmission	84%
Elongation	Plus de 500 %
Résistance à l'impact	Plus de 1500g.



(a)



(b)

Figure 20 : Film polyéthylène diffusant : (a) : diffusion de la lumière sous un film diffusant ;
(b) : film polyéthylène disponible sur le marché

V.8.3. Conditions climatiques dans la serre

Plusieurs dispositions seront prises en ce qui concerne les conditions climatiques de la serre. L'une des meilleures manières de lutter efficacement contre la forte chaleur et le fort taux d'humidité dans la serre est de maximiser l'aération dans celle-ci. En effet, il faudra faire en sorte que l'air se renouvelle quotidiennement au sein de la serre. Cela passe par la mise en place d'ouverture d'aération qui doivent être perpendiculaires aux vents dominants.

Aussi, dans le but de réduire encore plus la chaleur, nous allons équiper les serres de filets d'ombrages qui seront fixés principalement sur le toit des serres. Les filets d'ombrage sont un dispositif spécialement conçu pour créer de l'ombre dans votre jardin potager ou dans votre serre. Il protège les cultures sensibles de la chaleur portée par le soleil tout en garantissant une durée de vie plus longue à votre bâche.

Nous ajouterons aussi des programmeurs d'arrosage pour chaque serre qui seront chargés de déclencher l'arrosage automatique du système. Elles se placeront au niveau des vannes. Et pour le contrôle de la température, on installera le capteur Clima-Scan est un capteur nouveau système innovant de capteurs sans fil qui, entre autres choses, fournit un aperçu immédiat de la distribution de la chaleur dans la serre .



(a)



(b)



(c)

Figure 21 : Les dispositifs de gestion du climat dans la serre : (a) : bache d'ombrage (b) : capteur de température ; (c) : brumisateurs netafim

VI.9. Etude financière

Une évaluation sur les prix unitaires des éléments sur le marché nous a permis de calculer les coûts de travaux à réaliser.

- Pour la réalisation de l'unité de pompage le cout global de réalisation s'élève à vingt-huit millions trois cent quatre mille cinq cent vingt-huit francs (28 304 528) francs CFA ;
- Pour l'implantation du système d'irrigation sur le site, le cout global de projet s'élève à trois millions quatre cent cinquante-trois mille huit cent quarante francs (3 453 840) CFA soit un montant de deux cent quatre-vingt-sept mille huit cents (287 800) vingt francs CFA pour chaque serre.
- En ce qui concerne la mise en place de la serre pour la structure, le matériel de couverture et les éléments constitutifs pour la gestion du climat, le cout global s'élève à quatre-vingt-neuf millions cinq cent soixante-treize milles neuf cent soixante-dix francs (89 573 970) CFA soit un montant de sept millions quatre cent soixante-quatre quatre cent quatre-vingt-dix-huit (498) francs CFA par serre.
- Le prix de la clôture devant protéger le site est estimé à un million cinq cent mille (1 500 000) francs CFA.
- Le cout de la main-d'œuvre de l'installation du projet est estimé à deux millions deux cent quatre-vingt-trois mille deux cent trente-quatre (2 283 234) francs CFA.

Le total nous donne donc un prix global de cent vingt-deux millions huit cent quatre-vingt-trois mille deux cent trente-quatre **(122 883 234) francs CFA**. Pour résumer un graphique illustrant les différents pourcentages que représente chaque lot de travaux :

Sections	Désignation	Prix total (FCFA)	% coût
I	Unité de pompage	28 304 528	21
II	Réseau d'irrigation	3 453 840	3
III	Serre agricole	89 573 970	66
IV	Clôture grillagée	1 500 000	1
V	Cout MO/installation	12 283 234	9
Total (FCFA)		135 115 571	100

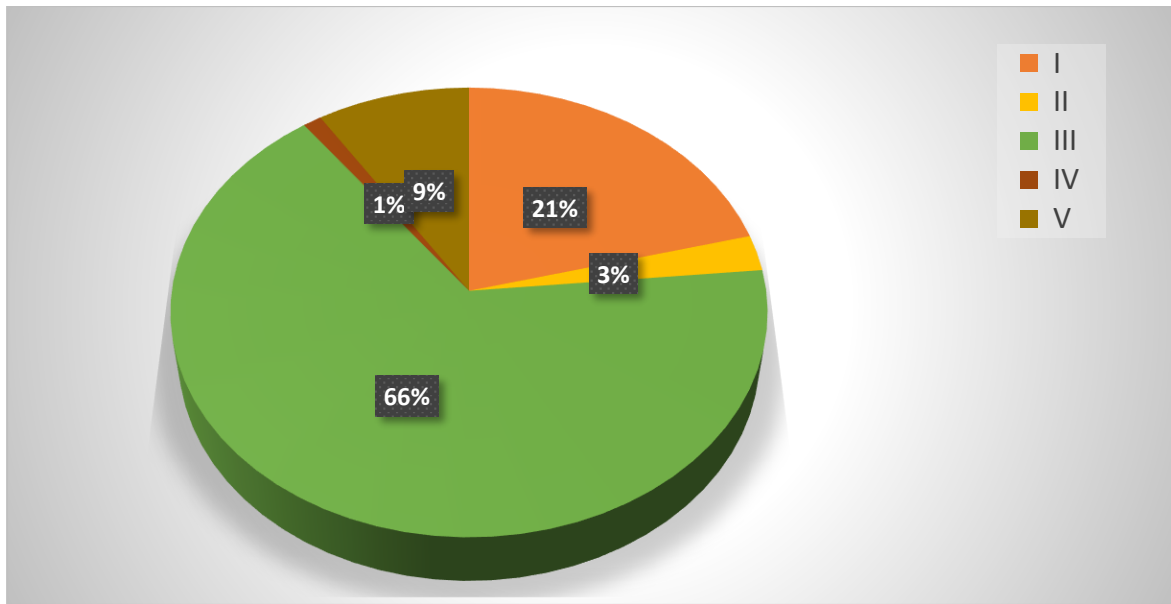


Figure 22; Illustration du pourcentage des différents couts pour chaque section du projet

IV.10. Prescription environnementale du projet

Suivant le **DECRET N°2015- 1187 /PRES- TRANS/PM/ MERHIMATD/MME/MS/MARHASA/MRA/ MICA/MHU/MIDT/MCT 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** ; pour notre étude, on réalisera une prescription environnementale.

La réalisation du projet aura un impact sur l'environnement et sur les activités socioéconomiques. Deux enjeux majeurs que sont : l'évaluation des risques environnementaux et sociaux.

✓ Au plan environnemental

Nous pouvons citer essentiellement des dégradations du milieu physique de la végétation et d'infrastructures.

Il s'agit entre autres de la :

- Déforestation des arbres présents sur le site lors de l'implantation du projet ;
- Destruction du milieu d'habitats naturels des animaux comme les oiseaux et les termites ;
- Pollution du sol lors de la réalisation du forage,
- Pollution des nappes phréatiques par les engrais

✓ Au plan social

- Il y a le risque de destruction d'activités économiques entrepris par des locaux. En effet un aménagement maraicher de fortune a été réalisé dans l'emprise du périmètre à aménager du projet, bien que celui-ci soit la propriété de 2iE
- La fin des activités culturelles des dames du village qui sollicite le site lors de la saison pluvieuse pour y cultiver.
- Le bruit lors des travaux susceptibles de perturber les étudiants.

Nous proposons des solution et alternative dans le plan de gestion qui permettront d'atténuer les impacts négatifs du projet.

Il s'agit entre autres de :

- Une campagne de reboisement d'arbres d'envergure tel que manguier tout autour du périmètre. Elles serviront également de brise vent pour protéger les serres des grands vents ;
- La compensation pour les dames en leur donnant un autre site à exploiter ;
- La réalisation des travaux avec des précautions pour limiter les effets sonores.

CONCLUSION

Le présent projet sous le thème « Conception de 12 serres pour la production de semences et de plantes sous micro-aspersion photovoltaïque à Kamboïse, province du KADIOGO », initié par l'Institut 2iE devrait permettre la création d'une plateforme d'expérience pour les études en serre autant bien pour les ingénieurs hydrauliciens, que les ingénieurs agronomes. Aussi, les cultures produites pourront être vendues directement sur le campus 2iE permettant ainsi aux étudiants de bénéficier de légumes frais et en parfaite santé.

De l'étude, que nous venons de présenter dans les détails, il ressort que le matériel destiné à l'installation des serres représente à elle seule 66% du projet. La réalisation d'une serre coûte alors 11 259 631 francs CFA.

Ce coût s'explique par le fait que chaque serre est dotée d'équipements de contrôle de la température afin de pouvoir gérer au mieux les conditions climatiques dans la serre facteur très important à suivre dans le processus de production des semences. Ainsi, la serre a pour matériel de couverture du Polyéthylène PE 200 microns et de l'acier galvanisé comme élément composite de sa superstructure. La dimension de chaque serre est de 20 m suivant la largeur du périmètre et de 12 m suivant la longueur du périmètre et elle est équipée par :

- D'un système d'irrigation par aspersion comprenant 48 asperseurs repartis sur 48 rampes. 4 portes-rampes sont chargées d'alimenter les rampes ;
- Des accessoires de gestion du climat comme le filet d'ombrage, des capteurs de températures, des programmeurs d'arrosage.

Le réseau d'irrigation est soutenu par un système de pompage photovoltaïque. Il s'agit d'une pompe hybride installée dans le forage 8 de la FAI-2 et qui doit posséder un **débit $\geq 5\text{m}^3/\text{h}$** . Un réservoir de **$30\text{m}^3$** sera implanté à une hauteur de 20m pour répondre aux besoins journaliers en eau des cultures, mais aussi pour respecter la pression nominale de fonctionnement des asperseurs qui est de 1,5bar. **Un champ photovoltaïque de 8,4 kW de puissance constituera la source d'énergie de notre système.**

Le coût global du projet est estimé à cent vingt-deux millions huit cent quatre-vingt-trois mille deux cent trente-quatre (122 883 234) francs CFA.

RECOMMANDATIONS

L'aboutissement de ce projet d'aménagement dépend beaucoup du professionnalisme d'exécution et de suivi pour atteindre les rendements souhaités. Il serait autant judicieux de :

- S'assurer de la disponibilité de l'eau pour le débit souhaiter du projet ;
- Intégrer avant le début du projet le cercle des semenciers d'entamer les démarches pour le processus de certifications des semences qui est un long processus ;
- Suivre scrupuleusement les fiches techniques que fourniront les chercheurs de l'INERA, car la modification d'un seul paramètre physiologique de la plante peut empêcher la vérification ;
- Former les exploitants du site sur l'utilisation des dispositifs de réglementation de la température.

BIBLIOGRAPHIE

- ADNANE, B. (2013). *Modélisation et simulation d'une serre agricole sous différentes conditions.*
- ALAIN, A. (2015). *Extraits de formations sur l'irrigation en maraichage biologique.* Editions ITAB.
- BENNI, S., & TASSINARI. (2016). *Efficacy of greenhouse natural ventilation : Environmental monitoring and CFD simulations of a study case Energ Buildings.*
- BROUWER, C., & K.PRINS. (1990). *Methodes d'irrigation : Gestion des eaux en irrigation.* FAO.
- DRAGICEVIĆ , & M, S. (2013). *Determining the optimum orientation of a greenhouse on the basis of the total solar radiation availability.* ROME: FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO).
- FAO. (2008). *Manuel des techniques d'irrigation sous pression.* Rome: A.Phocaides.
- FATIHA, L. (2010). *Contribution à l'étude dynamique et thermique de l'air à l'intérieur d'une serre dans les hauts plateaux Est de l'Algérie.* Algérie : Université EL-Hadj Lakhdar Batna.
- Felix, R. (2013). *Travaux pratiques d'irrigation.*
- GIZ. (2021). *Développement de l'agriculture au Burkina Faso.* Deutsche Gesellschaft für.
- IFDC. (2013). *Production des semences améliorées.* IFDC.
- IRENA. (2021). *Zones adéquates pour les énergies solaires et éoliennes à échelle industrielle.*
- KEITA, A. (2020). *Microaspersion par pompage photovoltaïque.* Quincaillerie Agroforestière.
- LIONEL, L. M. (2013). *Caractérisations agro-climatiques et estimations des besoins en eau d'irrigation.* CIRAD.
- MAAH. (2015). *Manuel techniques des productions de semences certifiées au Burkina Faso.* Ouagadougou: MAAH.
- MAAH, I. (2018). *Semences certifiées au Burkina Faso .*
- MAHRH. (2007). *Analyse de la filière maraichage au Burkina Faso.* Ministère de l'Agriculture de l'hydraulique et des ressources halieutiques .
- MAHRH. (2020). *Cadre d'action pour l'investissement agricole au Burkina.*
- NIMPAGARISTSE, D. (2019). *Guide de bonnes pratiques de production des fruits et légumes .* Bujumbura : CIRAD.
- PANA. (2007). *Programme d'Action National d'Adaptation à la Variabilité et au Changement Climatiques.* 2007: Secrétariat Permanent du Conseil National pour l'Environnement et le Développement Durable, Ministère de l'Environnement et du Cadre de Vie.
- PHOCAIDES , A. (2008). *Techniques d'irrigation sous pression .* ROME: FAO.

SHARMA, S. V. (2008). *Survey and evaluation of heating technologies for worldwide agricultural greenhouse applications.*

SKHIRI, A. (2017). *Calcul des besoins en eau.* Editions Universitaire Européenne.

TONNEAU, L. S. (2023). *Catalogue 2023.*

YASSINE, S. (2010). *Simulation numérique de la convection naturelle dans une serre agricole.*

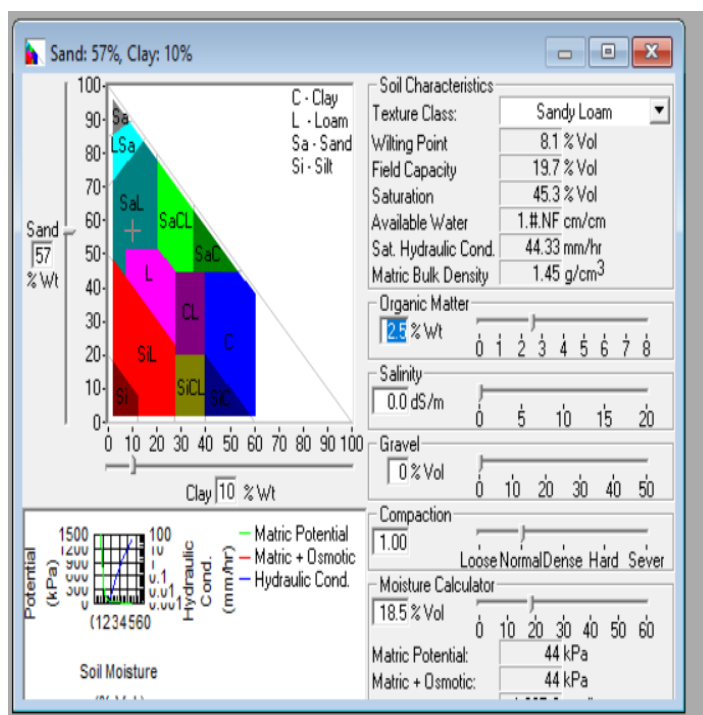
ANNEXES

Annexe 1 : Etude pédologique

- Les coordonnées spatiales des points de mesure




Désignation	Latitudes	Longitudes
Point 1	12°28'3.55"N	1°32'58.64"O
Point 2	12°28'3.24"N	1°32'59.20"O
Point 3	12°28'3.00"N	1°32'58.53"O
Point 4	12°28'2.61"N	1°32'58.46"O
Point 5	12°28'2.13"N	1°32'58.59"O
Point 6	12°28'2.72"N	1°32'59.31"O
Point 7	12°28'2.95"N	1°33'0.01"O
Point 8	12°28'2.33"N	1°32'59.86"O
Point 9	12°28'2.01"N	1°32'59.77"O
Point 10	12°28'2.75"N	1°33'0.92"O
Point 11	12°28'2.46"N	1°33'0.62"O
Point 12	12°28'1.81"N	1°33'0.16"O

- Résultats des données du logiciel SPAW



➤ *Annexe 2 : Calcul des besoins en eau*

✓ Choix des plantes

Cultures retenues	Familles	Genre- Espèces	Rendements	Illustrations
Tomate	<i>Solanaceae</i>	<i>Solanum lycopersicum</i>	24 t/ha	
Laitue	<i>Asteraceae</i>	<i>Lactuca</i>	22 t/ha	
Poivron /Piment	<i>Solanaceae</i>	<i>Apsicum</i>	15 t/ha	

✓ Justificatifs des besoins en eau

TOMATE												
Mois	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
Eto (mm)	184,50	178,66	206,04	195,77	200,53			138,65	144,61	172,34	169,43	181,08
Rayonnement global (j/cm2)	49 422,76	50 061,77	58 419,48	50 061,77	55 858,67			48 371,29	51 641,32	55 277,58	49 969,93	48 371,61
ETP (mm)	92,35	93,54	109,16	93,54	104,37			90,38	96,49	103,29	93,37	90,38
KC	0,45	0,75	1,01	1,03	0,80			0,46	0,75	1,02	1,03	0,80
Pe (mm)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00			0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
ETM (mm)	41,56	70,16	110,04	96,66	83,50			41,58	72,37	105,45	96,11	72,31
Bn (mm)	41,56	70,16	110,04	96,66	83,50			41,58	72,37	105,45	96,11	72,31
Efficience	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85			0,85	0,85	0,85	0,85	0,85
Bb (mm)	48,89	82,54	129,46	113,72	98,23			48,91	85,14	124,06	113,07	85,07
Besoins globaux (mm/ha)	459,67											371,18

LAITUE												
Mois	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
Rayonnement global (j/cm2)	49 422,76	50 061,77	58 419,48	50 061,77			52 227,36	48 371,29	51 641,32	55 277,58		
ETP (mm)	92,35	93,54	109,16	93,54			97,59	90,38	96,49	103,29		
KC	0,50	0,74	0,93	0,90			0,50	0,75	0,93	0,90		
Pe (mm)	0,00	0,00	0,00	0,00			0,00	0,00	0,00	0,00		
ETM (mm)	46,47	69,03	101,88	84,19			49,11	68,22	90,06	92,96		
Bn (mm)	46,47	69,03	101,88	84,19			49,11	68,22	90,06	92,96		
Efficience	0,85	0,85	0,85	0,85			0,85	0,85	0,85	0,85		
Bb (mm)	54,67	81,21	119,86	99,04			57,78	80,26	105,95	109,36		
Besoins globaux (mm/ha)					354,79							353,36

POIVRON/PIMENT												
Mois	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
Rayonnement global (j/cm2)	49 422,76	50 061,77	58 419,48	50 061,77			52 227,36	48 371,29	51 641,32	55 277,58		
ETP (mm)	92,35	93,54	109,16	93,54			97,59	90,38	96,49	103,29		
KC	0,43	0,75	1,05	0,95			0,43	0,75	1,05	0,95		
Pe (mm)	0,00	0,00	0,00	0,00			0,00	0,00	0,00	0,00		
ETM (mm)	39,47	70,16	114,62	88,86			41,71	67,79	101,32	98,12		
Bn (mm)	39,47	70,16	114,62	88,86			41,71	67,79	101,32	98,12		
Efficience	0,85	0,85	0,85	0,85			0,85	0,85	0,85	0,85		
Bb (mm)	46,44	82,54	134,84	104,55			49,07	79,75	119,20	115,44		
Besoins globaux (mm/ha)					368,36							363,46

Annexe 3 : Dimensionnement préliminaire du système d'arrosage

➤ Dimensionnement préliminaire

DIMENSIONNEMENT PRELIMINAIRE	
Réserve facilement Utilisable _RFU_ (mm)	22,33
Volume pratique_Vr_(m3)	1,85
Fréquence_ F_(j)	4,47
Tour d'eau_ T_ (j)	2,00
Dose réelle_Dr_ (mm)	10,00
Dose brute _Db_ (mm)	11,76
Facteur de flétrissement réel pr	0,67
Volume réel_Vr_ (m3)	88,24

➤ Dimensionnement final

DIMENSIONNEMENT FINAL	
Coefficient de saturation _ksat_ (mm/h)	44,32
espacement entre asperseurs _easp_ (m)	2,50
espacement entre rampes _erp_ (m)	2,50
Diamètre mouillé m	5,00
Débit des asperseurs _Qasp théo_ (l/h)	55,15
Débit des asperseurs _Qasp catalo_p_ (l/h)	60,00
Pluviométrie des asperseurs _Pasp_ (mm/h)	8,82
Temps d'arrosage maximale Twmax (h)	12
Temps par poste d'arrosage _Ts_ (h)	2,00
Nbre de poste	6,00
Nombre de poste retenue	6,00
Nombre de rampes initiales	16,00
Nombre de rampes/parcelles	192,00
Nrp_simultanée	16,00
Nrp_simultanée retenues	16,00
Nombre de rampes/porte rampes	4,00
Nombre de porte rampes en fonctionnement silm	4,00
Nombres d'asperseurs/rampes	3,00
Qe_par rampes_ (l/h)	180,00
Débit Porte rampes_ Qtot (l/h)	720,00
Q tube sous primaire l/h	2880,00
Q tube primaire l/h	2880,00
Q equipemnt (l/s/ha)	1,60
Q syst (m3/h)	2.88l/s

Annexe 4 : Choix des asperseurs

- Catalogue pour le choix des asperseurs ;

Le catalogue choisi pour le choix des asperseurs est le catalogue de 2017 de netafim. On choisira le modèle ayant le débit de 60l/h.

GYRONET™

Le GYRONET™ est un micro-asperseur disposant d'un large choix de turbines anti-insectes, avec une excellente uniformité de distribution sur les diamètres couverts à faible pression (1,5 à 2,5 bars), convenant à une large gamme d'applications.

Les matières premières, très résistantes aux engrais et acides, et la qualité de fabrication exceptionnelle en font un produit à longue durée de vie.

- Finesse de filtration à respecter : 130 microns

GYRONET™ TETE EN HAUT ANTI-INSECTES EMBASE AUTO-TARAUDANTE									
Modèle Turbine SR*					Modèle Turbine LR*				
l/h	Ø arrosé**		Ø arrosé**	sachet	€				
30	64000-008626 - GYR030SRAT	4,5 m	64000-000803 - GYR030LRAT	4 m	100	127,00			
40	64000-008651 - GYR040SRAT	4,5 m	64000-001007 - GYR040LRAT	5,5 m	100	127,00			
60	64000-009911 - GYR060SRAT	5 m	64000-002261 - GYR060LRAT	7 m	100	127,00			
70	64000-009951 - GYR070SRAT	5,5 m	64000-002303 - GYR070LRAT	7 m	100	127,00			
90	64000-011206 - GYR090SRAT	6 m	64000-003556 - GYR090LRAT	7 m	100	127,00			
120	64000-011255 - GYR120SRAT	6,5 m	64000-003605 - GYR120LRAT	8 m	100	127,00			

* Turbine SR = petit diamètre = bleue. * Turbine LR = grand diamètre = violette (30 à 40 l/h) et noire (50 à 90 l/h). ** Pression : 2,5 bars, arroseur à 20 cm du sol



- Catalogue pour le choix des brumisateurs;

Brumisateur CoolNet Pro

Les brumisateurs CoolNet Pro possèdent les meilleurs buses pour la diffusion d'une fine couche d'humidité sur vos productions. Créant la saturation complète de l'air en humidité dans un espace donné, cela donne les conditions idéales pour le développement des racines. Les gouttelettes produites par les buses ont une dimension de 65 microns (2.6 mil. de pouce). Veuillez consulter la page de recommandations pour de plus amples renseignements sur comment utiliser ce produit pour l'humidification ainsi que la prévention de l'insolation (refroidissement).



Brumisateur CoolNet Pro (Buses Grises)

N° de modèle	Description	Débit (gal/h)
0303420LL-B	4 buses avec valve anti-retour modèle basse pression	8,1

➤ Catalogue pour le choix des diamètres

RYB

Tube polyéthylène micro irrigation PEBD - PN4 - 16mm - 200m

Réf. HYDRALIANS : 28721560 | Réf. fabricant : 7835



CARACTÉRISTIQUES TECHNIQUES

Application	micro-irrigation
Densité	basse densité (goutte à goutte) micro-irrigation
Pression nominale	4 bar
Épaisseur de la paroi	1,2 mm 1,4 mm 1,5 mm 1,9 mm
Conditionnement	couronne
Coloris	noir
Matière	polyéthylène
SDR	13,6 14,29 16,6 17 21

CONSULTEZ VOTRE PRIX PERSONNALISÉ

[Me connecter](#)

[Créer un compte](#)

Annexe 5 : Pompes et réservoir

- Dimensionnement de la pompe

CALCUL DE LA HMT ET CHOIX DE LA POMPE	
Débit d'équipement l/sha	1,60
Débit du système m ³ /h	2,88
Temps max de travail	12,00
Temps de pompage	8,00
Qpompage	4,32
Perte de charge dans le disque	2,00
Perte de dans la conduite de transport	0,00
Perte de charge dans la rampe	0,01
$\Delta h_{\text{Pièces}}$ (m)	1,11
Hsupport_asperseur (m)	0,60
$\Delta H_{\text{support_asperseur}}$ [m]	0,08
Pression nominale des asperseurs	15,00
Hauteur sous cuve theo	18,80
Hauteur sous cuve retenue	20,00
Hauteur de la cuve	2,75
hauteur ND	60,00
Hgéo	81,55
PDC conduite de refoulement	0,02
HMT	81,57

➤ Dimensionnement du réservoir d'eau

Nous avons choisi d'effectuer le pompage de 8h à 16 heures. Les heures de travail retenues sont de 8h à 20h.

CALCUL DU VOLUME DU RESERVOIR						
Intitulé						
Temps de pompage	Xt1	Xt2	Xt3	Xt4	Xt5	Xt6
Frange Horaire	4h-8h	8h-12h	12h-16h	16h-20h	20h-24h	0h-4h
Variation temps Xti (h)		4,00	4,00	4,00		
Temps cumulés ti (h)		4,00	8,00	12,00	12,00	12,00
Débit sortant Q _{syst} (m ³ /h)	-	2,88	2,88	2,88	-	-
Volume d'eau sortant	-	11,52	11,52	11,52	-	-
Volume sortant cumulé Q _{syst_cum} (m ³)	-	11,52	23,04	34,56	34,56	34,56
Débit entrant Q _{pomp} (m ³ /h)		4,32	4,32	-	-	-
Volume d'eau entrant		17,28	17,28	-	-	-
Volume entrant cumulé Q _{pump_cum} (m ³)	-	17,28	34,56	34,56	34,56	34,56
Variation de volume cumulé	-	5,76	11,52	-	-	-
Volume du réservoir	11,52					

Caractéristique du réservoir d'eau

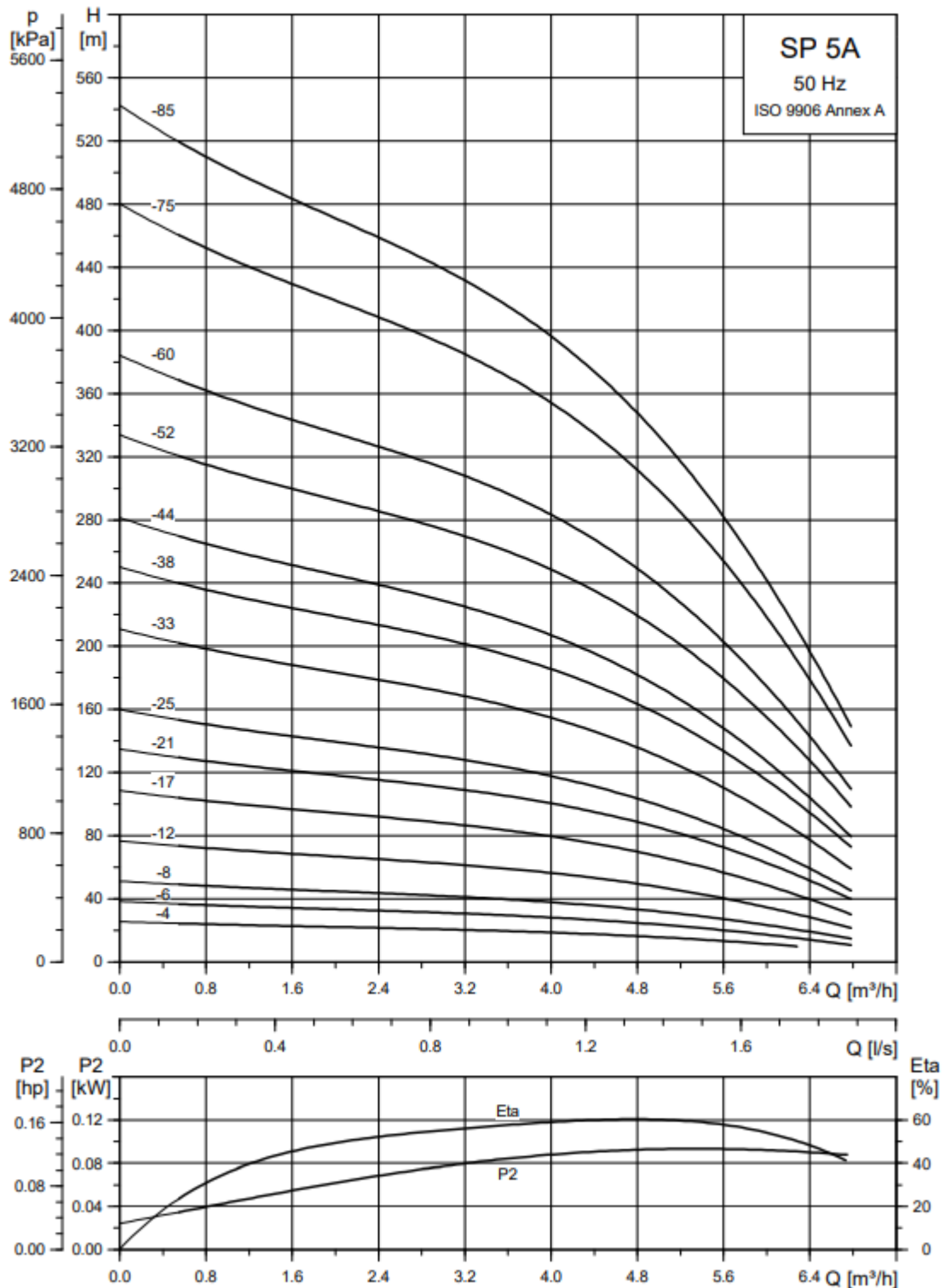


Information produit

Masse	300 kilogrammes
Largeur / Diamètre	275cm
Hauteur	275cm
Épaisseur	11 millimètres
Raccord de sortie	2"
Couvrir	44cm
Capacité	15.000 Litres
Température de fonctionnement	-5°C +50°C

Kamboinse, province du Kadiogo au Burkina Faso

➤ Courbe caractéristique de la pompe



Débit de pompage en (m³/h)	4.32
Rendement motopompe	0,4
Puissance_ sortant des batteries P out_bat (kw)	3,6376244
Temps de pompages (h)	16
Temps d'ensoillement (h)	8
Puissance fournies par les panneaux solaires aux batteries P int_bat (kw)	7,2752489
Energie nécessaire au pompage E_bat_pmp (KWH)	19,651493
Taux admissible de décharge batterie μ	0,6
Pertes dans convertisseur θ	0,03
Pertes dans batteries δ	0,1
Energie stocquer dans les batteries E_stock_bat(KWH)	37,517169
Energie de l'unité d'une batterie	3,696
Nombre de batteries	10,150749
Puissance sortant des panneaux solaires kW	8, 4
Nombres de panneaux solaires	13,264308

Annexe 7 : Cout de réalisation du projet

Désignation	UNITE	Quantité	PU (FCFA)	Coût total pour le site
Unité de pompage				
Réalisation du forage	FF	1	2 500 000	2 500 000
Electropompe immergée	FF	2	250 000	500 000
Tour du château d'eau	FF	1	3 994 190	3 994 190
Réservoir + conduites et accessoires	FF	1	1 500 000	1 500 000
Dispositif électrique	u	1	1 139 500	1 139 500,00
Panneaux solaires + support accessoires	u	1	10 658 800	10 658 800,00
Batterie solaire 13,2V/280 Ah, support et accessoires	u	1	7 854 400	7 854 400,00
Filtre à disque 130 microns	u	1	64 300	64 300,00
Conduites de transport (ml)	ml	75	1 245	93 337,50
Sous total 001				28 304 528

Réseau d'irrigation/ serre						
Microperseur GIRONET SR 60 l/h	u	48	500 ¹	72 000	12	864 000
Tubbing tete de vipere pour supernet et gyronet	u	48	250	12 000	12	144 000
Tube polyéthilène PE D20 mm (ml)	ml	136	250	34 000	12	408 000
Tube PVC D50 mm	ml	20	500	10 000	12	120 000
Vannes électroniques	u	5	375 ¹⁶	81 875	12	982 500
Pieces de connexions du systèmes	ens	ens	ens	77 945	12	935 340
<i>Sous total 002</i>				287 820	12	3 453 840
SERRE AGRICOLE						
Couverture	m2	1	429 680	5156 160	12	61 873 920
Ossature	ml	1	500 000	500 000	12	6 000 000
Filet d'ombrage m2	m2	5 000	300	1 500 000	12	18 000 000
Appareil de mesure de l'humidité	u	1	75 000	75 000	12	900 000
Appareil de mesure de la chaleur	u	1	75 000	75 000	12	900 000
Programmateurs d'arrosages	u	1	65 000	65 000	12	780 000

Conception de 12 serres pour la production de semences et de plants sous microasperssion photovoltaïque à Kamboinse, province du Kadiogo au Burkina Faso

Capteur de température	u	1	93338	93 338	12	1 120 050
<i>Sous total 003</i>				<i>7 464 498</i>		<i>89 573 970</i>


Installation d'une clôture grillagée						
Clôture grillagée, porte et accessoires	U	1	1 500 000	1 500 000		
<i>Sous total 003</i>						<i>1 500 000</i>
<i>Cout MO/installation</i>						<i>12 283 234</i>
<i>TOTAL GENERAL</i>						<i>127 832 338</i>

Annexe 8 : Eléments composite de la serre

➤ Les caractéristiques du filet d'ombrage retenus

Description	
Caractéristiques	
Ombrage	15%
Ouverture de la maille	950 x 800 µ
Couleur	Cristal
Matière	Polyéthylène
Type de maille	Toile
Grammage	75 g/m ²
Perméabilité à l'air	14 300 l/m ² /s
Largeur	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 1,50 m ▶ 2,10 m ▶ 3,20 m ▶ 4,30 m ▶ 6,40 m ▶ 8,60 m
Longueurs	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 100 m ▶ 125 m ▶ 300 m ▶ 500 m

Filet d'ombrage 15% Cristal




















Le filet d'ombrage "Spécial radis" est une protection contre les coups de soleil en diminuant l'évapotranspiration et donc il limite le risque de brûlures dû aux rayons UV. Ce filet est aussi une barrière physique contre le vent et les ravageurs : gibier, oiseaux, insectes.

Il est tissé en monofilament de polyéthylène haute densité ce qui lui confère une très grande résistance ainsi sa durée d'utilisation varie de 5 à 7 saisons. Ce filet d'ombrage est également traité anti - UV.

Le filet d'ombrage développera et optimisera la croissance de vos plants, ce qui en fait un moyen

➤ Exemple de notice de montage de serre

- Les éléments de jonctions des arceaux

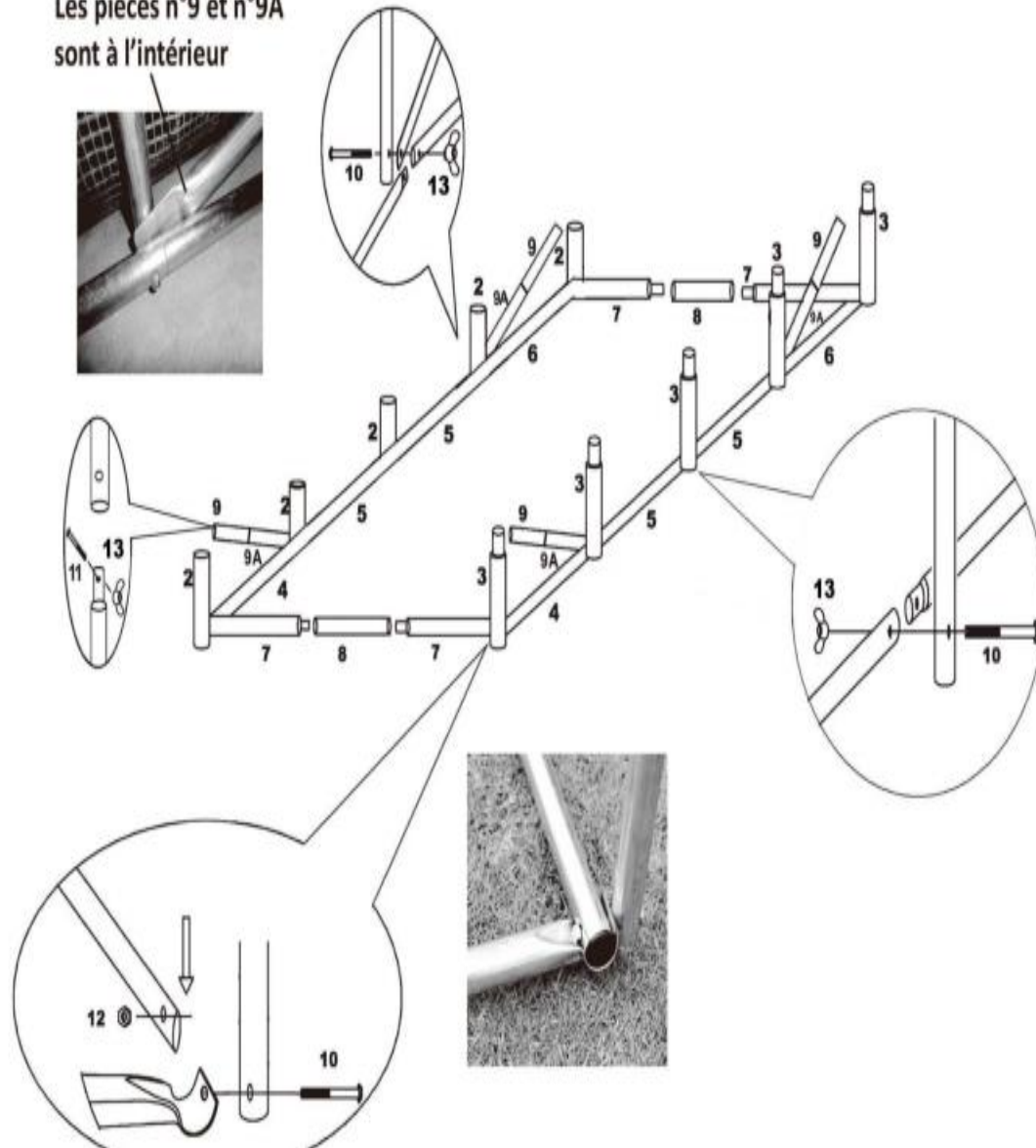
NO.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	9A	10	11	12	13	14	15	16
																	
	20PCS	5PCS	5PCS	7PCS	14PCS	7PCS	4PCS	2PCS	4PCS	4PCS	35PCS	8PCS	4PCS	39PCS	1PC	1PC	1PC

- Montage de la base de la structure

ETAPE 1

Monter la base de la structure en suivant le plan ci-dessous.

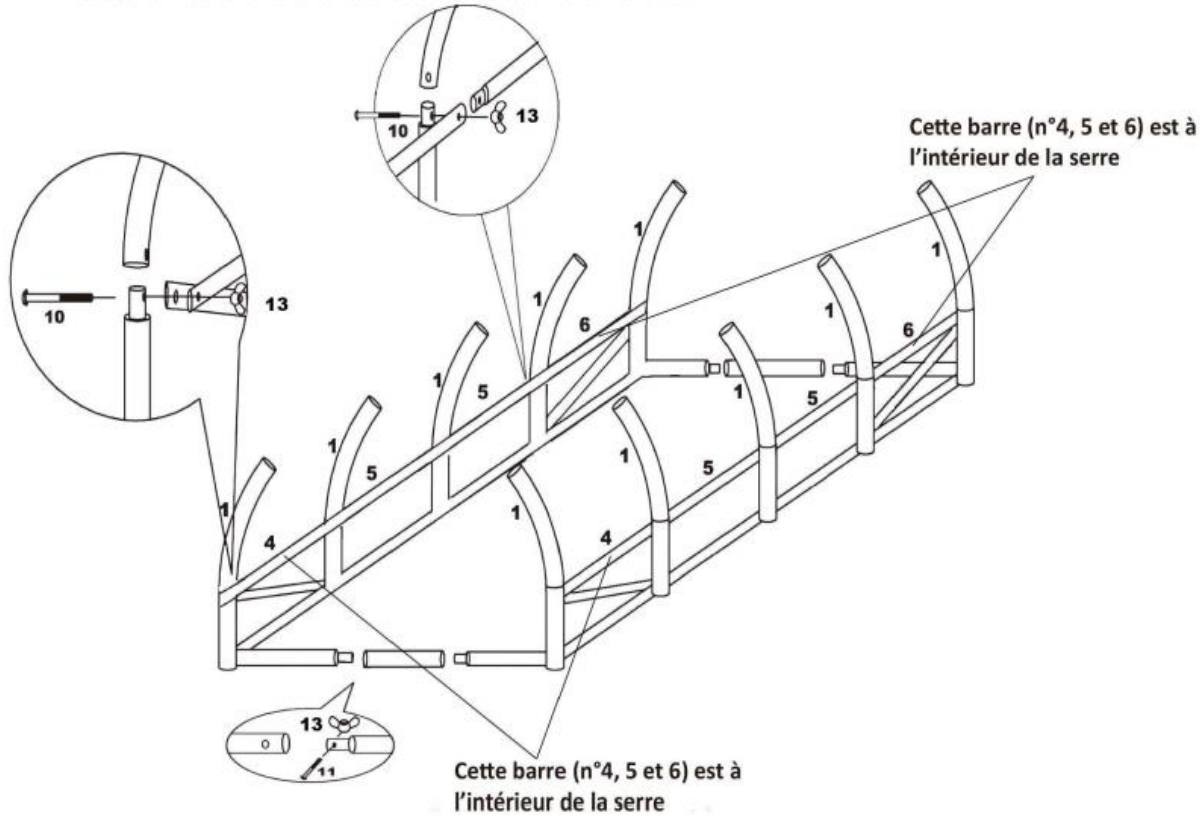
Les pièces n°9 et n°9A
sont à l'intérieur



- Montage de l'assemblage de la structure

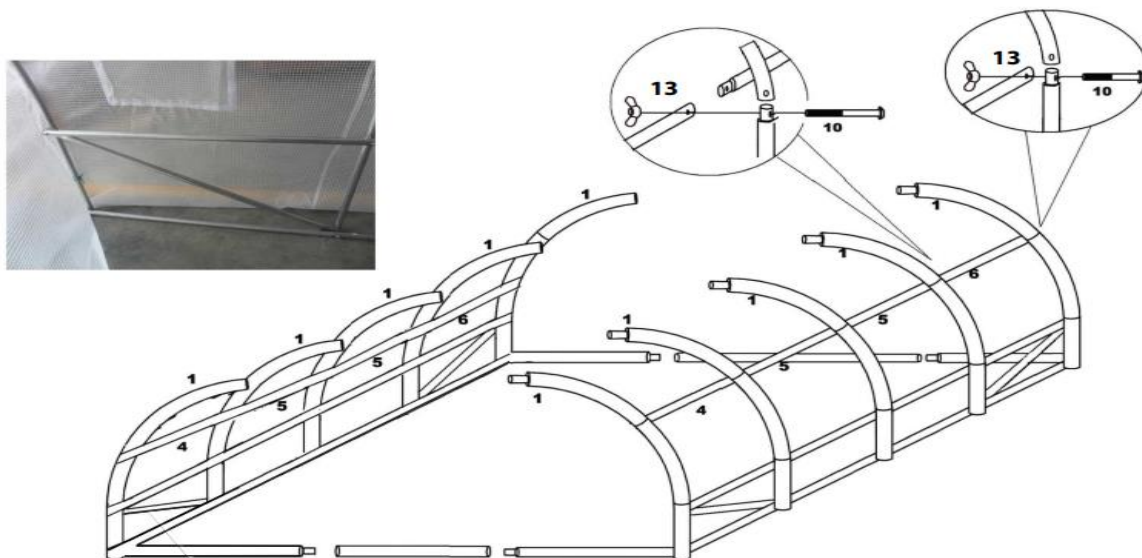
ETAPE 2

Poursuivre l'assemblage de la structure en suivant le schéma ci-dessous.
Finir de serrer les vis une fois la structure entièrement montée.



ETAPE 3

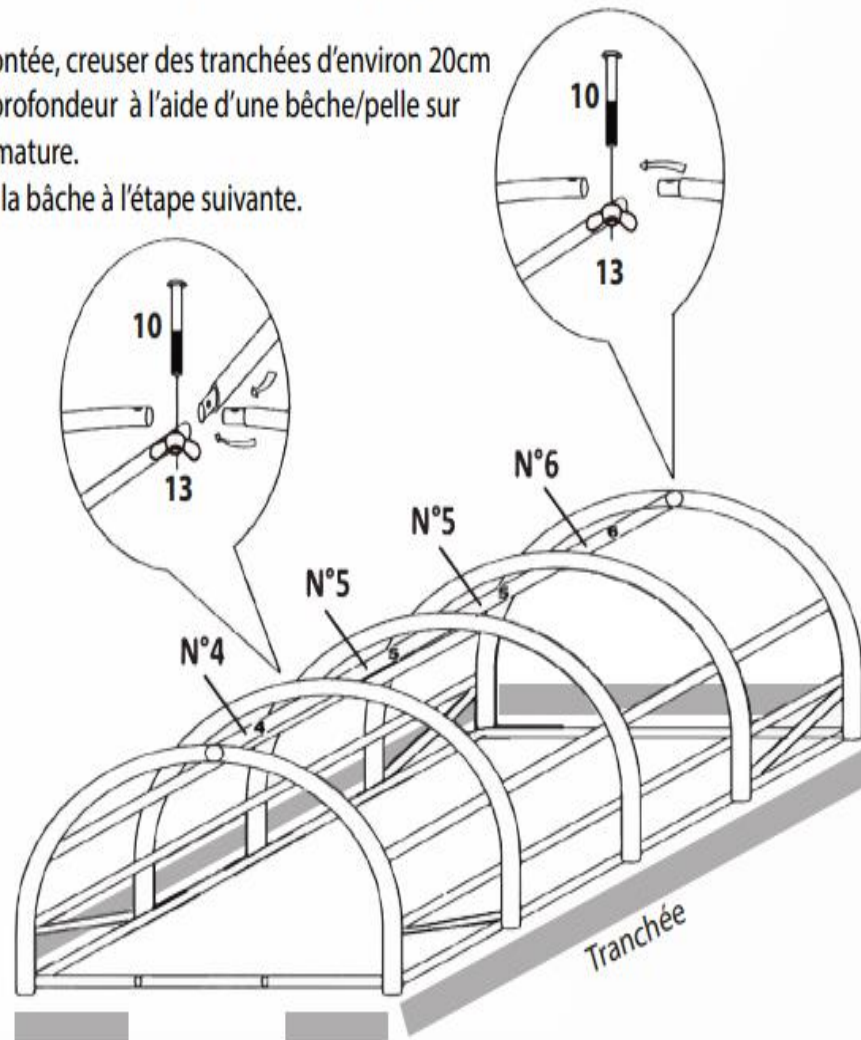
Poursuivre l'assemblage des tubes de la structure comme sur le schéma ci-dessous.



ETAPE 4

Assembler les pièces n°4, 5 et 6 sur le haut (intérieur) de la structure.
Finir de serrer toute la visserie de la serre à la fin de cette étape.

Une fois la structure montée, creuser des tranchées d'environ 20cm de largeur et 30cm de profondeur à l'aide d'une bêche/pelle sur tout le pourtour de l'armature.
Vous pouvez y enterrer la bâche à l'étape suivante.



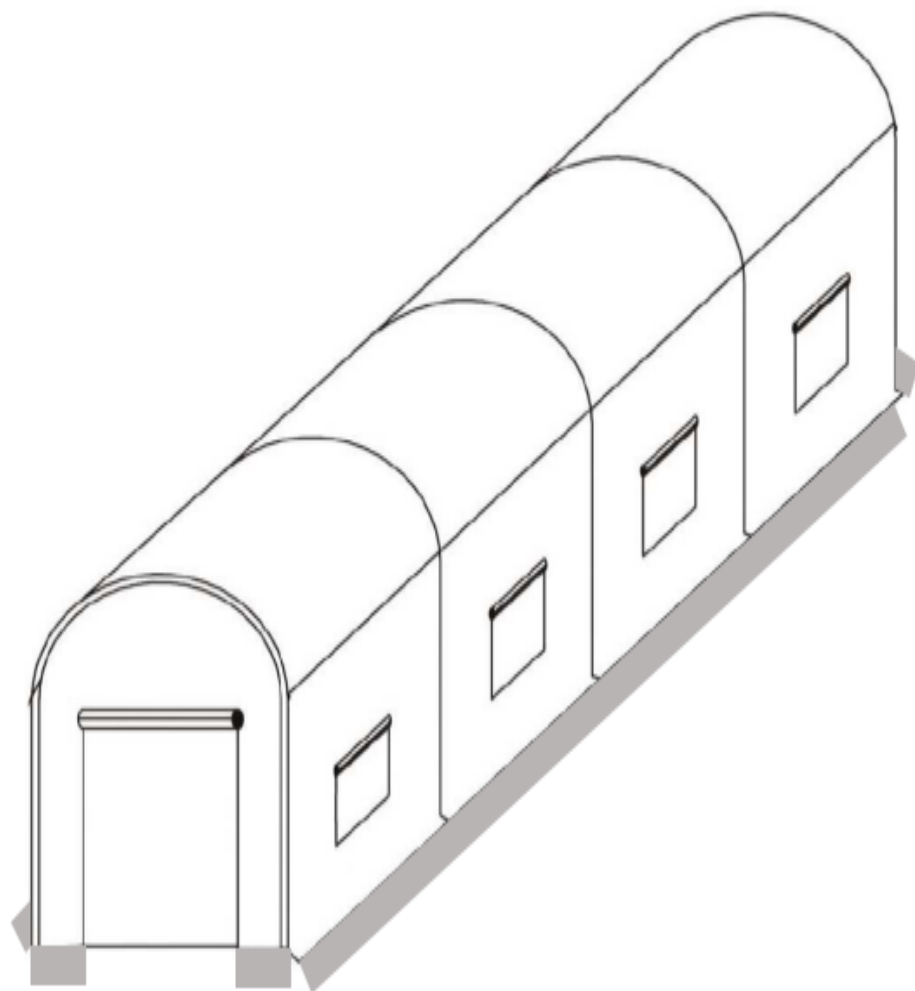
- Pose de la bâche de couverture

ETAPE 5

Poser la bâche sur la structure.

Vérifier que la bâche soit bien tendue et plane. Si vous avez creusé une tranchée, enterrer la bâche de la manière suivante : un côté, suivi de son côté opposé tout en veillant à ce que la bâche reste tendue lors de l'opération.

Terminer en nouant les liens à l'intérieur sur la structure.



Annexe 9 : Fiche technique des cultures et de la production des semences

Plantes	Matériels nécessaire	Technique de récolte	Stockage des graines
<p>La laitue : est une plante hermaphrodite (une fleur comporte à la fois des organes mâles et des organes femelles) et autoféconde (la pollinisation peut se faire au sein d'une même fleur).</p> <p>C'est ce que l'on appelle une plante autogame (en opposition aux plantes allogames, pour lesquelles les fleurs femelles sont fécondées par le pollen d'une autre plante).</p>	<p>Couteau ;</p> <p>enveloppe A4 kraft ;</p> <p>étiquettes autocollantes</p> <p>plusieurs boîtes à œufs en carton ;</p> <p>petites enveloppes « type carte de visites »</p>	<p>Les fleurs de salades se sont désormais transformées en graines qui risquent de de s'envoler avec le vent : il n'y a pas de temps à perdre ! La récolte se fera de préférence le soir, par temps bien sec et non venteux.</p> <p>Choisissez un pied de salade vigoureux, exempt de toute trace de maladie.</p> <p>Placez votre enveloppe grand format juste en dessous des graines et secouez délicatement la tige pour faire tomber celles-ci dans l'enveloppe.</p> <p>Faites de même pour les autres variétés de salades en employant une nouvelle enveloppe à chaque fois et en n'oubliant pas de noter dessus le nom de la variété.</p> <p>Placez vos graines dans des petites boites à œufs en carton dont vous aurez retiré le couvercle afin de les faire sécher.</p>	<p>Une fois le séchage parfaitement finalisé, faites glisser les graines à l'intérieur de petites enveloppes. N'oubliez pas de noter le nom de la variété pour vous en rappeler le moment du semis venu.</p> <p>Installez vos enveloppes dans un local sec et bien ventilé, elles pourront y être conservées tout l'hiver. dans de bonnes conditions de conservation, c'est à dire au sec, à l'abri de la lumière et dans un endroit plutôt frais</p>

<p>La fécondation ayant lieu au sein même de la fleur, les risques de croisements (hybridation) sont limités... mais pas totalement exclus.</p> <p>Aussi, si vous voulez reproduire avec certitude une variété donnée, il sera préférable de mettre en place des techniques d'isolement des porte-graines.</p>		<p>Collez sur la boîte une étiquette comportant le nom de la variété.</p> <p>Laissez sécher vos graines à l'air libre dans un endroit sec et abrité du vent et de la pluie : un abri de jardin pourra faire l'affaire.</p> <p>Ne négligez pas l'opération de séchage car elle est primordiale : aucune trace d'humidité ne doit subsister au risque de voir les graines pourrir durant le stockage et votre récolte sera perdue.</p>	<p>Le pouvoir germinatif est de 4 à 5 ans. C'est le nombre d'années qu'une graine de laitue est capable de germer. C'est la raison pour laquelle, il n'est pas obligatoire de faire chaque année une sélection de porte-graines. Mieux vaut changer de variété afin d'avoir un bon roulement sans occuper toute la place avec les laitues montées à graines.</p>
<p>La tomate</p>	<p>Couteau ; petite passoire à maille très fine ; 1 bol ; étiquettes autocollantes ;</p>	<p>La récolte se fera de préférence le matin, sur des tomates bien mûres.</p> <p>Choisissez un pied vigoureux, portant de beaux fruits bien formés, ne présentant aucune trace de maladie.</p>	<p>Découpez délicatement les graines de leur essuie-tout et transférez-les dans des petites enveloppes kraft sur lesquelles vous aurez pris le soin de marquer le nom de la variété. Vous pourrez ainsi les</p>

	<p>rouleau essuie-tout ; enveloppes en papier kraft; 1 stylo.</p>	<p>Coupez votre tomate en quartiers pour en extraire la pulpe visqueuse contenant les graines que vous mettrez dans un bol.</p> <p>Faites de même pour les autres variétés de tomates. Pour les différencier collez une étiquette sur laquelle vous inscrirez le nom de la variété sur chaque bol.</p> <p>Laissez à l'air libre jusqu'à ce qu'un film blanc apparaisse sur les graines, vous pourrez ensuite les placer dans la passoire afin de les laver et de les débarrasser du restant de pulpe. N'hésitez pas à bien frotter sans toutefois abîmer l'enveloppe qui recouvre la graine.</p> <p>Une fois égouttées, versez vos graines sur un papier essuie-tout sur lequel vous aurez pris soin de noter le nom de la variété.</p> <p>Étalez bien les graines pour qu'elles soient indépendantes les unes des autres et laissez sécher dans un lieu bien ventilé et chaud pour permettre un séchage rapide.</p>	<p>conserver durant tout l'hiver à l'abri de la lumière dans un lieu sec, bien ventilé et à l'abri du gel.</p>
--	---	--	--

		Le séchage est une étape primordiale, il ne doit rester aucune trace d'humidité au risque de voir les graines pourrir durant le stockage.	
--	--	---	--

POIVRON/PIMENT		<p>Pour avoir de bonnes semences il faut avoir aussi de très bons fruits. On choisira les meilleurs fruits ayant les mêmes caractéristiques que les échantillons Initiaux. On récolte sur les premiers piments et poivrons de chaque plant car les autres sont donc en retard et n'a pas suivi le bon itinéraire technique de croissance. On récolte lorsque le fruit est bien mure et est sans maladie.</p> <p>Après la récolte on découpe le piment en deux longitudinal légèrement et à l'aide d'un couteau on enlève les graines qu'on versera après dans un récipient contenant de l'eau.</p> <p>Les graines vides remontent à la surface et on les enlève à l'aide d'une passoire. Puis dans le restant on rince une deuxième fois les graines avant de les sécher Pour le séchage des graines ; il faut un endroit sec et chaud aéré dans une température de 23 et 30 degrés.</p>	
----------------	--	--	--

		<p>On dépose les graines sous des tamis fins. Il ne faut pas les exposer au soleil pendant au moins 3 à 4 jours.</p> <p>On inscrit sur une étiquette la variété l'année de production et le nom de l'espèce.</p> <p>On peut le mettre au congélateur pour éliminer les laves.</p> <p>Les graines ainsi produites ont une durée germinative de 3 à 6 ans.</p>	
--	--	--	--