



CONCEPTION ET DIMENSIONNEMENT D'UN AMENAGEMENT HYDROAGRICOLE DE CULTURE HYDROPONIQUE SOUS SERRE : CAS DE CULTURES MARAICHIERES A ZATTA ET FERKE EN REPUBLIQUE DE COTE D'IVOIRE

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

**SPECIALITE : GENIE DE L'EAU, DE L'ASSAINISSEMENT ET DES
AMENAGEMENTS HYDRO-AGRIQUES (GEAAH)**

Présenté et soutenu publiquement le 22/07/2025 par :

Konan Lucien KOFFI (2021 0956)

Directeur de mémoire : Dr Amadou KEITA, Maître de Conférences (CAMES)

Encadrant 2iE : M Bassirou BOUBE, Enseignant à l'institut 2iE

Maître de stage : M DJE N'DAKWA JOHANNE CYRILLE N'DA, Coordonnateur des
Travaux DEVAGRI à SCORE

Structure d'accueil : SCORE HOLDING

Jury d'évaluation du mémoire :

Président : Pr Harouna KARAMBIRI

Membres et correcteurs : Vanessa R. BORO
Kibissi PARE

Promotion [2024-2025]

DEDICACES

Je dédie ce mémoire de fin de cycle à:

- ❖ Ma mère feu KOUAKOU Amenan Suzanne, qui de son vivant m'a toujours soutenu et qui a fait de moi cette personne avec une éducation noble, que son âme repose en paix ;
- ❖ Mon père YAO KOFFI pour ses bénédictions, ses encouragements et ses sacrifices qui m'ont permis d'être là aujourd'hui ;
- ❖ Mes frères et Sœurs KOFFI Anselme, KOFFI Alain, KOFFI Christelle épouse YAO, KOFFI Pierre, KOFFI Séverin pour leur amour, leurs encouragements, leur soutien moral, financier et spirituel ;
- ❖ Mon beau-frère YAO Becanthy Salomon pour ses encouragements ;
- ❖ Mes belles-sœurs Nahomie et Mariette

Je vous aime.

REMERCIEMENTS

Je tenais à exprimer mes vifs remerciements à toutes les personnes de près ou de loin qui ont contribué à la réalisation de ce document :

- A la direction de l'Institut international d'ingénierie de l'Eau et de l'Environnement (2iE) sous la direction du Pr EL HADJ BAMBA DIAW, de m'avoir permis d'être compté parmi ses effectifs et pour l'enseignement et la formation de qualité reçue durant mon cycle ingénieur ;

Mes sincères remerciements à :

- DR Amadou KEITA, pour ses conseils et orientations tout au long de ce travail ;
- Monsieur BOUBE Bassirou, qui malgré son emploi du temps chargé a accepté d'encadrer ce mémoire et prodigué de bons conseils et des orientations pertinentes ;
- Score Holding à sa tête Monsieur KONE SOUKPAFOLO YACOUBA de m'avoir accepté au sein de leur entreprise ;
- Monsieur TRAORE OUMAROU pour la confiance accordée en me confiant les activités ;
- Monsieur Dje N'dakwa Johanne Cyrille N'DA, pour sa disponibilité et ses orientations pour la tenue effective de ce document ;
- Monsieur TOTO GEOFFROY KOUASSI, pour sa confiance accordée en me confiant des tâches au sein du département hydraulique ;
- Aux collègues du département hydraulique et électricité
- Aux employés et à toute l'équipe sur le terrain pour leur collaboration à la réussite de ce projet ;
- CAMARA MOMBATCHOH, pour ses encouragements
- Tous nos amis et camarades de 2iE ;

A tous ceux qui de près ou de loin, ont œuvré pour l'aboutissement de ce travail et de notre formation, veuillez recevoir notre profonde gratitude.

RESUME

Ce mémoire porte sur la conception et le dimensionnement d'un aménagement hydroagricole de culture hydroponique (culture hors-sol) sous serre, appliqué à deux sites en Côte d'Ivoire : ZATTA (Yamoussoukro) et CAPSIKAN (Ferkessédougou). Face à la raréfaction des terres fertiles et aux contraintes climatiques, l'hydroponie apparaît comme une solution innovante, permettant une agriculture productive, économe en eau et adaptée aux milieux contrôlés. L'étude a débuté par une collecte de données de terrain suivie d'un dimensionnement technique complet des infrastructures (irrigation goutte-à-goutte, serres, pompes, réservoirs, systèmes solaires), avec comme substrat la fibre de coco. Le système permet un rendement de 5 310 kg par serre de 500 m² et par cycle. Les superficies aménagées sont de **1 hectare** pour chaque site. Toutefois, la surface effectivement occupée par les serres est de **0,5 hectare (soit 10 serres de 500 m²)** à ZATTA et de **0,75 hectare (soit 15 serres de 500 m²)** à CAPSIKAN. Sur le plan économique, les projections montrent une rentabilité attractive : un chiffre d'affaires annuel de **53,1 millions FCFA** à ZATTA et **79,65 millions FCFA** à CAPSIKAN, avec un retour sur investissement estimé respectivement à **5 et 4** ans. Le coût total des investissements s'élève à **192,2 millions FCFA pour ZATTA** et **237,5 millions FCFA pour CAPSIKAN**. Une analyse environnementale a également été menée via une Notice d'Impact Environnementale et Sociale (NIES), identifiant les principaux risques (effluents, plastiques, consommation d'eau) et proposant des mesures d'atténuation à travers un Plan de Gestion Environnementale et sociale (PGES).

En définitive, ce projet confirme la faisabilité technique, la viabilité économique et l'acceptabilité environnementale de la culture hydroponique sous serre en Côte d'Ivoire. Il constitue une piste prometteuse pour le développement agricole durable, la sécurité alimentaire et l'emploi rural.

Mots - clés :

-
- 1- CAPSIKAN
 - 2- HYDROPONIE
 - 3- SERRE
 - 4- SUBSTRAT
 - 5- ZATTA

ABSTRACT

This thesis focuses on the design and sizing of a hydro-agricultural system for soilless (hydroponic) cultivation in greenhouses, applied to two sites in Côte d'Ivoire: ZATTA (Yamoussoukro) and CAPSIKAN (Ferkessédougou). Faced with the scarcity of fertile land and climatic constraints, hydroponics appears to be an innovative solution, enabling productive, water-efficient agriculture adapted to controlled environments. The study began with field data collection followed by a complete technical assessment of the infrastructure (drip irrigation, greenhouses, pumps, reservoirs, solar systems), using coconut fiber as a substrate. The system yields 5,310 kg per 500 m² greenhouse per cycle. The developed areas cover 1 hectare at each site. However, the surface area actually occupied by the greenhouses is 0.5 hectare (i.e., 10 greenhouses of 500 m²) at ZATTA and 0.75 hectare (i.e., 15 greenhouses of 500 m²) at CAPSIKAN.

In economic terms, the projections show attractive profitability: annual turnover of 53.1 million FCFA in ZATTA and 79.65 million FCFA in CAPSIKAN, with an estimated return on investment of 7 and 6 years respectively. The total cost of the investments amounts to 187.2 million FCFA for ZATTA and 232.5 million FCFA for CAPSIKAN. An environmental analysis was also conducted via an Environmental and Social Impact Assessment (ESIA), identifying the main risks (effluents, plastics, water consumption) and proposing mitigation measures through an Environmental and Social Management Plan (ESMP).

Ultimately, this project confirms the technical feasibility, economic viability, and environmental acceptability of hydroponic greenhouse cultivation in Côte d'Ivoire. It represents a promising avenue for sustainable agricultural development, food security, and rural employment.

Key Words :

-
- 1- CAPSIKAN**
 - 2- GREENHOUSE**
 - 3- HYDROPONIC**
 - 4- SUBSTRATE**
 - 5- ZATTA**

LISTE DES ABREVIATIONS ET SYMBOLES

LISTE DES ABREVIATIONS

2iE : Institut International d'ingénierie de l'eau et de l'environnement

EIES : Etude d'impact environnementale et sociale

NIES : Notice d'impact environnementale et sociale

SCORE : Société de Construction et de Rénovation

LISTE DES SYMBOLES

BB : Besoin brut d'irrigation

BMP : Besoin maximal de pointe

BN : besoin net d'irrigation

Db : Dose brute d'irrigation

Ea : Efficience d'irrigation

ETM : Evapotranspiration maximale

F : Fréquence d'arrosage

HMT : Hauteur manométrique totale

Kc : coefficient cultural

Kr : Coefficient de réduction de couverture végétale

LR : Besoin de lessivage

Ns : Nombre de postes

Ph : Pluviométrie horaire des goutteurs ou asperseurs

Qe : Débit d'équipement

RFU : Réserve facilement utilisable

RU : Réserve Utile

T : Tour d'eau

Vinf : Vitesse d'infiltration

SOMMAIRE

DEDICACES	i
REMERCIEMENTS	ii
RESUME	iii
LISTE DES ABREVIATIONS ET SYMBOLES	v
SOMMAIRE.....	1
LISTE DES TABLEAUX.....	4
LISTE DES FIGURES	5
I. INTRODUCTION.....	6
II. PRESENTATION DU PROJET	8
II.1 Contexte et justificatif du projet.....	8
II.2 Objectif du projet	9
III. PRESENTATION DE LA ZONE D'ÉTUDE ET DE LA STRUCTURE D'ACCUEIL	9
III.1 Structure de stage	9
III.2 Présentation de la zone d'étude : ZATTA et CAPSIKAN.....	11
III.2.1 Situation générale de la zone d'étude : ZATTA	11
III.2.1.1 GEOGRAPHIE.....	11
III.2.1.2 Situation administrative.....	12
III.2.1.3 Situation socio-économique	12
III.2.2 Caractéristiques du milieu biophysique	12
III.2.2.1 Hydrographie.....	12
III.2.2.2 Géologie	12
III.2.2.3 Pédologie.....	13
III.2.2.4 Climat et pluviométrie.....	13
III.2.2.5 Végétation.....	13
III.2.2.6 Topographie	13
III.2.3 LE SITE DE CAPSIKAN	13
III.2.3.1 Localisation géographique	13
III.2.3.2 Climat.....	14

III.2.3.3 Relief et hydrologie.....	15
III.2.3.4 Sols.....	16
III.2.3.5 Données socio-économiques.....	16
IV. METHODOLOGIE DE CONCEPTION	16
IV.1. MATERIELS	16
IV.2. Méthodes	17
IV.2.1 Généralité sur les cultures hydroponique.....	19
IV.2.2 Généralité sur les serres	20
IV.2.3 Généralité sur les Substrats	23
IV.2.4 Acquisition de donnée et traitement	29
IV.2.5 Mesure d'infiltration	29
IV.2.6 Formules pour dimensionnement préliminaire et final de l'aménagement.	30
IV.2.7 Formule de dimensionnement final	35
IV.2.8 Formule pour le dimensionnement des conduites.....	36
IV.2.9 Dimensionnement du réservoir	39
IV.2.10 Source d'énergie	39
V. RESULTATS DE L'ETUDE TECHNIQUE.....	41
V.1. Etude technique de base	41
V.1.1 Diagnostic de la situation actuelle	41
V.1.2 Source d'eau.....	41
V.1.3 Serre agricole	42
V.1.4 Choix du système d'irrigation.....	43
V.1.5 Choix de la serre	43
V.1.6 Choix du substrat	43
V.1.7 Mesure de l'humidité du substrat de fibre de coco	44
V.2. Dimensionnement de l'aménagement hydro-agricole.....	46
V.2.1 Dimensionnement préliminaire.....	46
V.2.2 Dimensionnement final	50
V.2.3 Résultat du dimensionnement final.....	51
V.2.4 Capacité du réservoir	54
V.2.5 Evaluation de la ressource en eau disponible	55
V.2.6 Choix de la pompe	56

V.2.7	Source d'énergie	59
V.2.8	Disposition du système d'irrigation	60
V.2.9	Gestion de la température dans les serres tunnels	64
VI.	ETUDE DE COUT.....	64
VI.1	Coût estimatif du projet de ZATTA.....	65
VI.2	Coût estimatif du projet de CAPSIKAN	65
VI.3	Estimation de la durée de retour sur investissement	65
VII.	NOTICE D'IMPACT ENVIRONNEMENTALE.....	67
VII.1	Identification des impacts.....	67
VII.2	Mesure de prévention et d'atténuation	67
VII.3	Suivi et surveillance environnementale.....	67
VIII.	CONCLUSION	69
IX.	RECOMMANDATIONS ET PERSPECTIVES.....	71
	Bibliographie	72
	Ouvrages et articles.....	72
ANNEXES		vii
Annexe 1	: Résultat du dimensionnement final	viii
Annexe 2	: dimensionnement des pompes	ix
Annexe 3	: Dimensionnement des panneaux solaires et du groupe électrogène.....	x
Annexe 4	: devis estimatif des travaux.....	xiii
Annexe 5	: liste des travaux assujettie à une EIES ou NIES.....	xvii
Annexe 6	: plan de la serre choisie.....	xviii
Annexe 7	: Caractéristiques du Goutteur	xix
Annexe 8	: caractéristiques du substrat de fibre de coco	xx
Annexe 9	: Calcul des besoins et programme d'irrigation hebdomadaire	xxi
Annexe 10	: système de brumisation, Filet d'ombrage, Capteurs et Plan du Réseau	xxiv

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1: résultat d'évaluation préliminaire par temps d'apparition d'écoulement	44
Tableau 2:valeur de ET0 et pluie de CAPSIKAN	48
Tableau 3: caractéristiques des cultures maraîchères	48
Tableau 4: résultat du dimensionnement préliminaire de ZATTA.....	49
Tableau 5: résultat du dimensionnement préliminaire de CAPSIKAN	50
Tableau 6: caractéristiques du goutteur	51
Tableau 7:résultat de la HMT DE ZATTA.....	53
Tableau 8: résultat de HMT DE CAPSIKAN.....	54
Tableau 9: calcul du volume du réservoir de ZATTA.....	54
Tableau 10:calcul du volume du réservoir de CAPSIKAN	54
Tableau 11: caractéristiques de la pompe choisie.....	57
Tableau 12: caractéristiques de la pompe de ZATTA	58
Tableau 13: caractéristiques de la pompe de surface de ZATTA.....	59
Tableau 14: devis estimatif de l'aménagement de ZATA.....	65
Tableau 15: devis estimatif des travaux de l'aménagement de CAPSIKAN	65
Tableau 16: estimation du DRI ZATTA.....	66
Tableau 17: estimation du DRI DE CAPSIKAN.....	66

LISTE DES FIGURES

Figure 1: présentation du service d'accueil (source : Direction des opérations de SCORE)	10
Figure 2: situation géographique de ZATTA.....	11
Figure 3: situation géographique de CAPSIKAN.....	14
Figure 4: image du site CAPSIKAN : source Google earth	15
Figure 5: schéma illustratif de méthodologie.....	18
Figure 6: serre chapelle (multi chapelle) (Google)	22
Figure 7: serre tunnel (source Google)	22
Figure 8:fibre de coco pour hydroponie (source Google).....	26
Figure 9: laine de roche (source Google).....	27
Figure 10: bille d'argile pour hydroponie (source Google).....	28
Figure 11: parcelle irriguée par système goutte-à-goutte (source : Lucien KOFFI lors de la visite chantier)	41
Figure 12: forage équipé (source : Lucien KOFFI lors de la visite chantier)	42
Figure 13: vue extérieure de la serre (source : Lucien KOFFI lors de la visite chantier).....	42
Figure 14: vue intérieure de la serre (source : Lucien KOFFI lors de la visite chantier)	42
Figure 15: résultat du logiciel SPAW	46
Figure 16: valeur de ETO de ZATTA.....	47
Figure 17: plage de débit d'équipement en fonction du système d'irrigation/ source support de cours de Dr Amadou KEITA 2021	49
Figure 18: distance entre le lac et le site de ZATTA (Source : Google earth)	56
Figure 19: point de fonctionnement de la pompe de CAPSIKAN.....	57
Figure 20: point de fonctionnement de la pompe de ZATTA	58
Figure 21 : point de fonctionnement de la pompe de surface de ZATTA	59
Figure 22:disposition des batteries pour l'énergie solaire(source : Lucien KOFFI lors de la visite chantier)	61
Figure 23: image du supprimeur pour la gestion de la pression (source : Lucien KOFFI lors de la visite chantier).....	61
Figure 24: filtre et venturi (source : Lucien KOFFI lors de la visite chantier).....	61

I. INTRODUCTION

L'agriculture occupe une place prépondérante dans l'économie mondiale, assurant la sécurité alimentaire de milliards de personnes et contribuant à environ 4 % du produit intérieur brut (PIB) mondial (FAO, 2021). Toutefois, ce secteur fait face à des défis majeurs, exacerbés par le changement climatique, la pression démographique croissante et la diminution des terres arables (KOUAKOU et al., 2024). L'urbanisation rapide et la demande accrue en produits agricoles obligent les gouvernements à repenser leurs méthodes de production afin de garantir une agriculture durable et efficiente.

Face à ces contraintes, les systèmes agricoles intensifs traditionnels atteignent leurs limites, notamment en raison de la dégradation des sols, de la surexploitation des ressources en eau et des faibles rendements dans certaines régions. Dans ce contexte, l'adoption de techniques agricoles innovantes devient une nécessité pour accroître la productivité tout en réduisant l'empreinte écologique de l'agriculture. Parmi ces innovations, l'**hydroponie** se distingue comme une alternative prometteuse, permettant la culture des plantes sans sol, grâce à des solutions nutritives adaptées (GLOBAL, 2023).

L'hydroponie est aujourd'hui largement adoptée dans plusieurs pays développés et émergents, notamment aux **Pays-Bas, en Espagne, aux États-Unis, en Chine et en Israël**, où elle permet d'optimiser la production agricole malgré des conditions climatiques parfois contraignantes. Cette technique est particulièrement prisée dans les environnements urbains et les régions arides où l'accès à des terres fertiles et à l'eau est limité. Grâce à une gestion optimisée des intrants (eau et nutriments), l'hydroponie peut augmenter les rendements de **30 à 50 %** par rapport à l'agriculture conventionnelle tout en réduisant la consommation d'eau jusqu'à **90 %** (DOUMBIA, 2025).

En Afrique, bien que l'agriculture soit le principal moteur de l'économie et un secteur employant près de **60 % de la population active** (Banque Africaine Développement, 2021), elle reste largement dépendante des conditions climatiques et des pratiques culturelles traditionnelles. L'irrégularité des précipitations, l'appauvrissement des sols et l'inefficacité des systèmes d'irrigation freinent considérablement le développement agricole du continent.

La **Côte d'Ivoire**, première puissance agricole de l'Union Économique et Monétaire Ouest-Africaine (UEMOA), n'échappe pas à cette réalité. Si le pays est reconnu pour ses productions de cacao, café, huile de palme et hévéa, son agriculture maraîchère souffre d'un manque

d'infrastructures modernes et de solutions adaptées pour maximiser les rendements tout en préservant les ressources naturelles. L'urbanisation croissante et la réduction des terres arables imposent une transition vers des modes de production plus efficaces, nécessitant une meilleure gestion de l'eau et une maîtrise des conditions de culture.

Dans ce contexte, **l'hydroponie représente une solution stratégique pour la modernisation de l'agriculture ivoirienne**. Cependant, malgré ses avantages, cette technique reste encore peu développée en Côte d'Ivoire, principalement en raison de son coût d'installation élevé et du manque de formation des producteurs locaux sur ses aspects techniques et économiques.

Ce mémoire s'inscrit dans une démarche d'innovation et d'optimisation des systèmes agricoles en milieu contrôlé. Il porte sur la « **conception d'un aménagement hydroponique sous serres sur 1 hectare à ZATTA et CAPSIKAN (Ferkessédougou)** », avec pour principal objectif d'évaluer la faisabilité et l'efficacité de cette méthode dans le contexte ivoirien. Pour mener à bien cette étude, il est important d'établir un état des lieux, de s'assurer de la disponibilité de la ressource en eau, de concevoir et de dimensionner le système d'irrigation, de réaliser une Notice d'Impact Environnemental et Sociale (NIES), d'évaluer le coût de réalisation du projet.

À travers cette étude, nous espérons démontrer que l'hydroponie constitue une alternative viable pour renforcer la **sécurité alimentaire** en Côte d'Ivoire tout en contribuant à la **modernisation du secteur agricole**.

II. PRESENTATION DU PROJET

II.1 Contexte et justificatif du projet

Le secteur agricole demeure jusqu'à ce jour le socle de l'économie ivoirienne avec une contribution à hauteur de 22% du PIB et environ 75% des recettes d'exportation non pétrolières, et constitue la source de revenus de deux tiers (2/3) des ménages.

Le secteur occupe 46% de la population active en termes d'emploi direct, et est porté par les cultures de rente visant l'exportation (cacao, café, palmier à huile, hévéa, coton, anacarde), et les cultures vivrières visant le marché local, voire régional (maraîchage, maïs, igname, riz, manioc) avec des spécialisations différentes selon les régions.

La longue période de crise sociopolitique de la décennie 2000-2011, les effets du changement climatique et les problèmes de profondes perturbations du cycle de l'eau qui en résultent ont eu un impact notable sur le secteur agricole, qui a enregistré une réduction de la productivité agricole. Cette situation a occasionné une importation de produits vivriers et maraîchers.

Les produits maraîchers, vivriers et céréaliers importés proviennent en majorité des pays de la sous-région, tels que le Burkina Faso, le Mali, le Niger et aussi des autres pays africains, comme le Maroc.

Malgré cette importation, la production n'arrive toujours pas à combler les besoins des consommateurs, comme le démontrent les volumes des importations en ces cultures.

Pour réduire cette dépendance vis-à-vis des autres pays et pallier ces besoins en produits vivriers, le soutien à la production maraîchère locale, y compris la production périurbaine, apparaît comme la meilleure réponse.

Ainsi, pour approvisionner les marchés en produits sains, de qualité et de quantité, le Gouvernement ivoirien en partenariat avec l'entreprise SCORE, envisage de mettre en œuvre le Projet de renforcement des filières vivrières (maraîchers et banane plantain) en abrégé *Projet Score*. Notre projet s'accentuera sur la filière maraîchère.

II.2 Objectif du projet

L'objectif général de cette étude est de renforcer la sécurité alimentaire en Côte d'Ivoire tout en contribuant à la modernisation du secteur agricole.

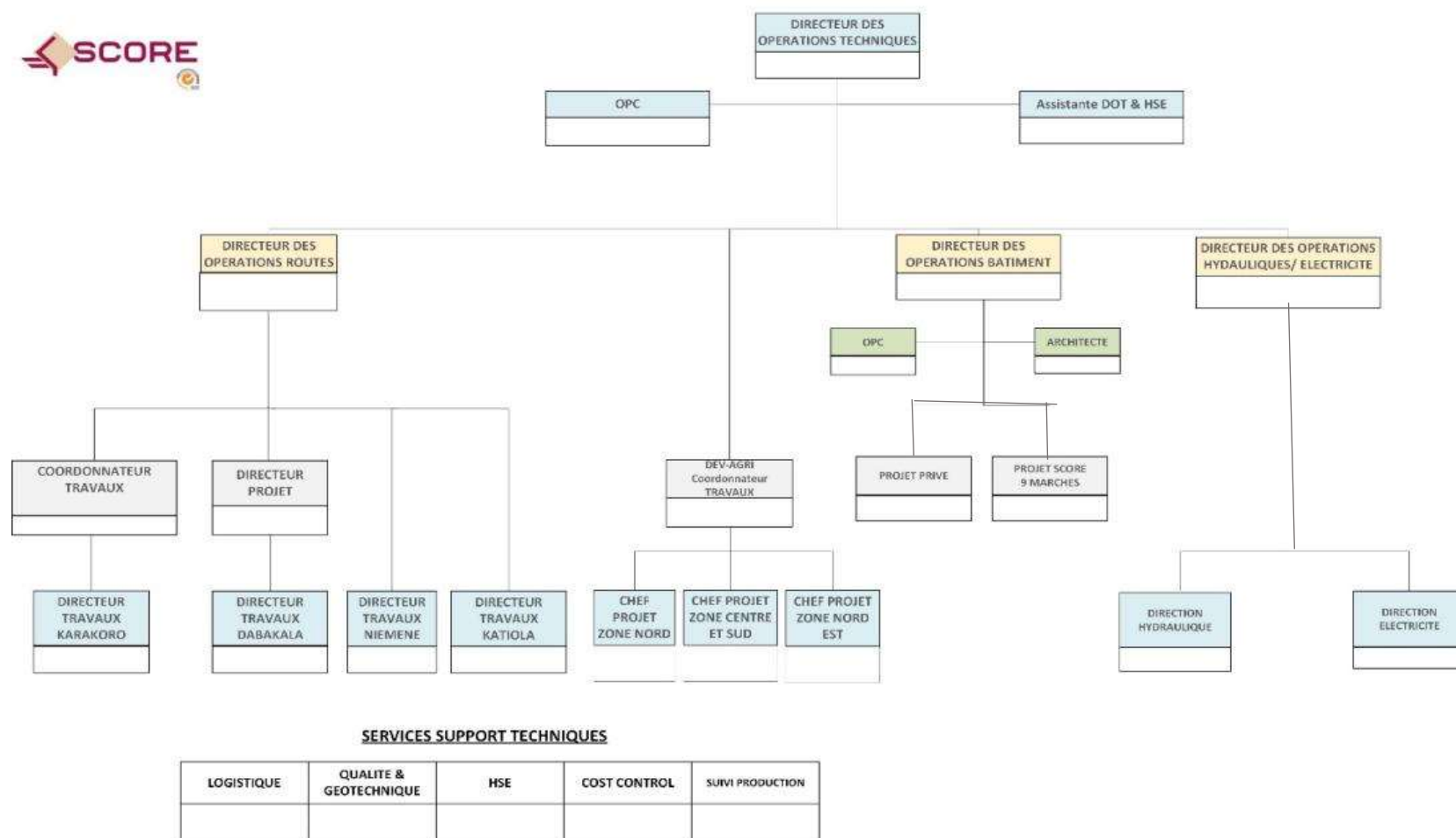
Il s'agira plus spécifiquement de :

- **Réaliser une étude de conception et de dimensionnement** d'un système hydroponique sous serre en Côte d'Ivoire et évaluer le coût.
- **Évaluer les avantages** de l'hydroponie en termes de rendement, d'usage de l'eau et de coût de réalisation.
- **Proposer des recommandations** pour améliorer cette technique.
- **Réaliser une notice d'impact environnemental et social du projet**

III. PRESENTATION DE LA ZONE D'ÉTUDE ET DE LA STRUCTURE D'ACCUEIL

III.1 Structure de stage

La société de Construction et de rénovation (SCORE) est une entité à capitaux ivoirienne née de la volonté de développer une synergie d'expertise en vue de se hisser au rang de champion national pour ensuite s'étendre dans la sous-région. Créée en 2013, les expertises telles que l'hydraulique, l'énergie et le bâtiment ont été au cœur de son métier. Aujourd'hui, l'entreprise SCORE est active dans les secteurs de la logistique, des infrastructures routières et l'aménagement hydroagricole. La société compte plusieurs directions, pour ce stage nous avons été reçu à la Direction des opérations techniques, plus précisément dans les départements de l'hydraulique et de DEVAGRI. L'organigramme ci-dessous présente la structuration de l'entreprise et du service d'accueil.



ORGANIGRAME DIRECTION DES OPERATIONS

Figure 1: présentation du service d'accueil (source : Direction des opérations de SCORE)

III.2 Présentation de la zone d'étude : ZATTA et CAPSIKAN

III.2.1 Situation générale de la zone d'étude : ZATTA

III.2.1.1 GEOGRAPHIE

La zone d'étude se situe à ZATTA, un village situé dans la région du District Autonome de Yamoussoukro, au centre de la République de Côte d'Ivoire. Elle se trouve à environ 20 km au sud de la ville de Yamoussoukro. ZATTA bénéficie d'une position géographique favorable, se situant dans une zone de transition entre le nord et le sud forestier du pays.

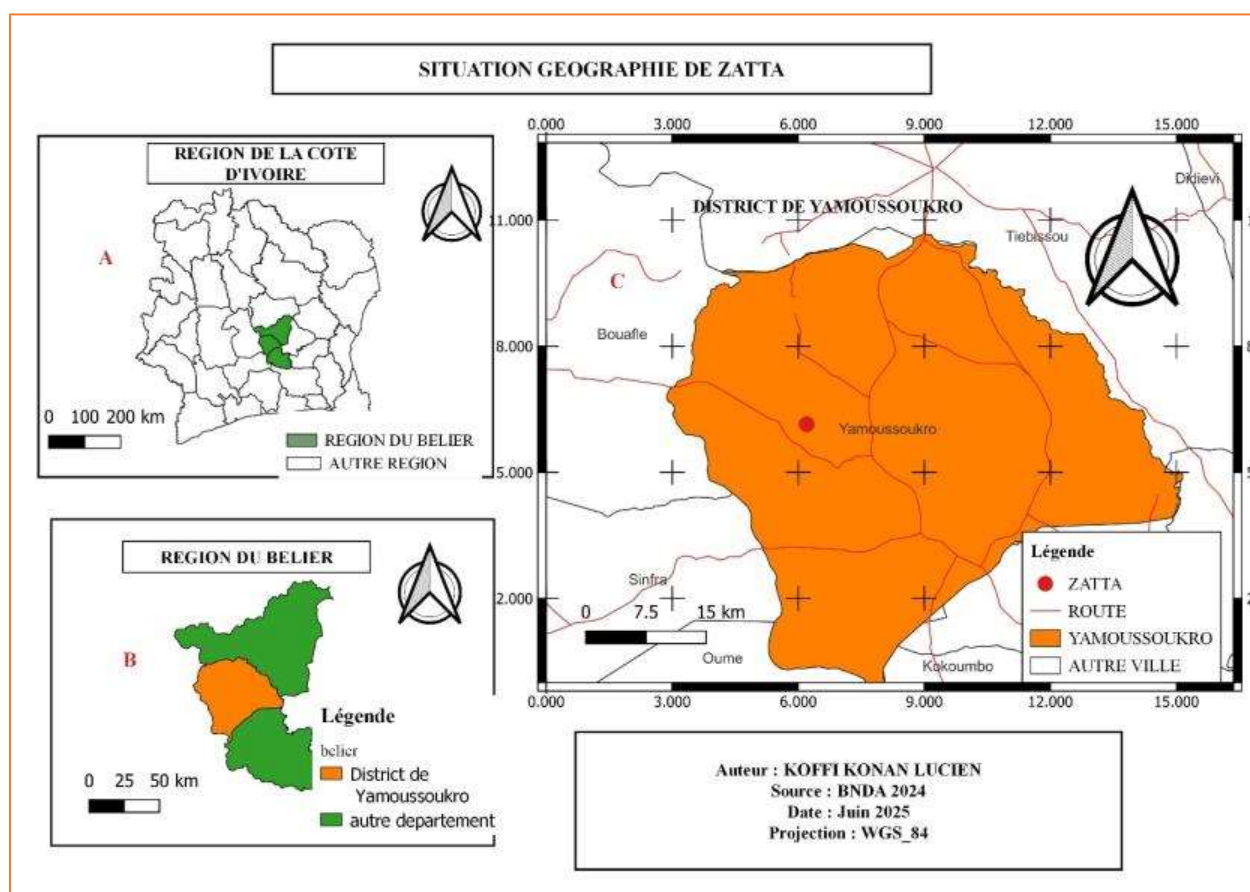


Figure 2: situation géographique de ZATTA

III.2.1.2 Situation administrative

Administrativement, ZATTA fait partie du District Autonome de Yamoussoukro, une entité qui jouit d'un statut particulier, indépendant des autres régions du pays. Cette spécificité lui confère un cadre institutionnel qui facilite la mise en œuvre de projets de développement à caractère stratégique.

III.2.1.3 Situation socio-économique

La population de ZATTA est essentiellement rurale et vit principalement de l'agriculture. Les principales cultures pratiquées sont le manioc, le maïs, l'igname, ainsi que certaines cultures de rente comme le cacao ou le café dans les zones périphériques. L'économie locale repose sur une agriculture de subsistance, bien que des initiatives privées et communautaires visent progressivement à introduire des systèmes agricoles modernisés et plus rentables.

III.2.2 Caractéristiques du milieu biophysique

III.2.2.1 Hydrographie

La zone est traversée par quelques petits cours d'eau saisonniers, souvent à régime temporaire, qui s'assèchent pendant la saison sèche. L'approvisionnement en eau repose principalement sur les nappes phréatiques, accessibles par des forages ou puits. Cette disponibilité relative en eau souterraine représente un atout pour l'aménagement de systèmes d'irrigation adaptés aux besoins des cultures maraîchères.

III.2.2.2 Géologie

La région de Yamoussoukro, incluant ZATTA, repose sur un socle précambrien composé majoritairement de roches magmatiques et métamorphiques telles que les granites et les gneiss. Cette structure géologique influe sur la qualité des sols et la profondeur de la nappe, éléments essentiels à considérer dans tout projet de forage ou d'irrigation.

III.2.2.3 Pédologie

Les sols de la zone sont généralement ferrugineux tropicaux sur socle cristallin, modérément profonds et bien drainés. Ils sont adaptés à plusieurs types de cultures, bien que leur fertilité naturelle soit parfois moyenne à faible. Une fertilisation organique ou minérale est souvent nécessaire pour améliorer la productivité.

III.2.2.4 Climat et pluviométrie

Le climat de ZATTA est de type **subéquatorial**, caractérisé par deux saisons des pluies (avril à juillet et septembre à octobre) et deux saisons sèches. La pluviométrie annuelle varie entre **1100 mm et 1500 mm**, avec une température moyenne annuelle d'environ **26 à 28°C**. Ce régime climatique permet la pratique de cultures maraîchères en toute saison, à condition de disposer d'un système d'irrigation fiable durant les périodes sèches. ([Climate-Data.org](https://climate-data.org))

III.2.2.5 Végétation

La végétation naturelle est constituée d'une savane arborée avec quelques reliques de forêts claires. Toutefois, la pression agricole et l'exploitation du bois ont réduit la couverture végétale originelle. L'environnement actuel est principalement marqué par des zones de cultures et des espaces herbacés.

III.2.2.6 Topographie

La zone de ZATTA présente une topographie relativement plane, avec des altitudes moyennes autour de **200 à 300 mètres**. Cette configuration facilite la mise en place d'infrastructures agricoles. Le site de ZATTA, dans le cas des travaux de terrassement, la pente est quasi nulle.

III.2.3 LE SITE DE CAPSIKAN

III.2.3.1 Localisation géographique

Ferkessédougou, communément appelée Ferkessédougou, est une ville située dans le nord de la Côte d'Ivoire. Elle se trouve dans la région du Tchologo, au sein du District des Savanes. La ville est positionnée à environ 600 km au nord d'Abidjan, à proximité de la frontière avec le Burkina

Faso. Elle est un carrefour stratégique, traversé par la voie ferrée Abidjan-Ouagadougou et par l'axe routier international reliant la Côte d'Ivoire au Mali et au Burkina Faso. (INS, 2015)

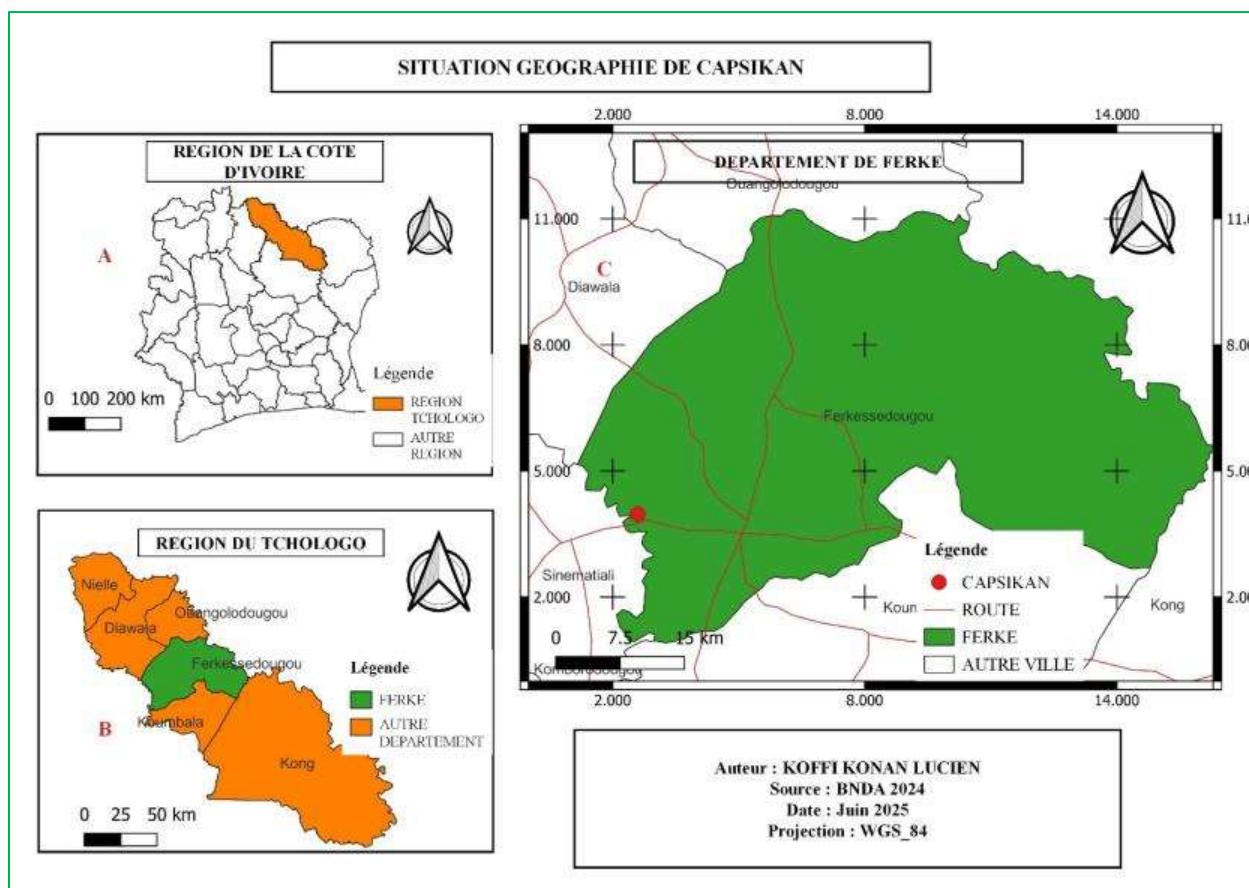


Figure 3: situation géographique de CAPSIKAN

III.2.3.2 Climat

Ferkessédougou bénéficie d'un climat de type tropical de savane, caractérisé par deux grandes saisons :

- Une saison sèche, qui s'étend de novembre à avril, marquée par l'influence de l'harmattan, un vent sec et poussiéreux venant du nord.
- Une saison des pluies, de mai à octobre, avec un pic de précipitations en août.

Les précipitations annuelles varient entre 1 100 et 1 300 mm, réparties de manière irrégulière. Les températures moyennes sont élevées tout au long de l'année, oscillant entre 24°C et 34°C, avec une insolation. (Konan, 2018)

III.2.3.3 Relief et hydrologie

La région présente un relief de plaine légèrement ondulée, favorable au développement de grands périmètres agricoles. Le sol y est bien drainé, avec une pente faible, facilitant l'aménagement hydroagricole.

Sur le plan hydrologique, plusieurs cours d'eau de type saisonnier traversent la zone, notamment des affluents du fleuve Comoé. Le fleuve Bandama traverse la zone. Le réseau hydrographique est peu dense, mais des nappes phréatiques sont présentes à des profondeurs accessibles, ce qui permet la mise en œuvre de forages pour l'irrigation. Des barrages collinaires et retenues d'eau sont également présents pour pallier l'irrégularité des précipitations. (Rurale, 2020)



Figure 4: image du site CAPSIKAN : source Google earth

III.2.3.4 Sols

Les sols dominants dans la région de Ferkessédougou sont des sols ferrugineux tropicaux sur socle cristallin. Ils sont généralement peu profonds, légèrement acides et de fertilité chimique moyenne. Toutefois, leur texture sableuse à sablo-argileuse et leur bonne perméabilité les rendent adaptés à certaines cultures. (Yao, 2019)

III.2.3.5 Données socio-économiques

Ferkessédougou est une ville à vocation principalement **agro-industrielle et commerciale**. Elle abrite une importante unité de production sucrière (Société Sucrière de Ferkessédougou - SUCAF), des élevages bovins, ainsi que des cultures vivrières (maïs, manioc, igname) et maraîchères (tomate, oignon, piment) pratiquées autour de la ville (SUCAF, 2022).

La main-d'œuvre agricole est disponible et les populations locales disposent d'un savoir-faire traditionnel en matière de culture maraîchère. De plus, la présence d'infrastructures de transport (route, chemin de fer) facilite l'écoulement des produits agricoles vers les grands centres urbains comme Korhogo, Bouaké et Abidjan (FAO, 2021).

IV. METHODOLOGIE DE CONCEPTION

IV.1. MATERIELS

Pour la réalisation de cette étude, plusieurs outils et équipements ont été mobilisés pour collecter, traiter et analyser les données, ainsi que la mise en forme des résultats. Il s'agit notamment de :

- **QGIS** : Logiciel de système d'information géographique (SIG) utilisé pour la représentation cartographique de la zone d'étude et l'insertion des coordonnées géographiques relevées sur le terrain.
- **Récepteur GPS** : utilisé pour relever les coordonnées géographiques des points caractéristiques du site.
- **Seau** : utilisé pour la collecte de l'eau percolé après infiltration à travers le substrat de fibre de coco.

- **Sachets de culture (type COCOSOL)** : contenants servant à simuler les conditions réelles de culture hors-sol en fibre de coco.
- **Mètre ruban** : instrument servant à mesurer les distances, notamment la hauteur du substrat dans les sachets.
- **Fibre de coco** : substrat utilisé pour la simulation de l'infiltration dans le cadre des essais de vitesse d'infiltration.
- **Chronomètre** : utilisé pour mesurer le temps d'infiltration de l'eau dans le substrat.
- **CROPWAT** : outil développé par la FAO, utilisé pour la détermination des besoins en eau des cultures, le calcul de l'ET₀, et la planification de l'irrigation.
- **SPAW (Soil-Plant-Air-Water)** : logiciel permettant de déterminer les propriétés hydriques d'un sol à partir de la conductivité hydraulique (K_{sat}). Il a permis d'identifier le type de sol équivalent à la fibre de coco.
- **AutoCAD** : logiciel de dessin assisté par ordinateur utilisé pour la conception des plans techniques de l'aménagement.
- **Excel** : logiciel de traitement de données, utilisé pour traiter les données quantitatives, dimensionner les équipements et générer les graphiques.
- **Word** : logiciel de traitement de texte utilisé pour la rédaction du mémoire.

IV.2. Méthodes

Approche méthodologique

La méthodologie utilisée pour la conduite de ce projet repose sur une combinaison de collecte de données de terrain et d'analyse documentaire. Elle s'est principalement axée sur la collecte des données de base, notamment les paramètres météorologiques, les caractéristiques du substrat, ainsi que des observations visuelles.

Les visites de terrain ont permis de dresser un état des lieux des aménagements existants et de mieux comprendre les pratiques des acteurs agricoles. Ces visites ont également permis à réaliser des essais d'infiltration sur le substrat sélectionné.

Une fois ces données collectées, la phase de conception et de dimensionnement du système a été entamée. Les calculs ont été effectués à l'aide des formules issues des enseignements théoriques et des références bibliographiques, en s'appuyant sur des outils d'ingénierie adaptés.

Après le dimensionnement des infrastructures hydrauliques, l'analyse s'est poursuivie par l'identification et le dimensionnement des sources d'énergie du système. Le choix s'est porté sur une combinaison d'énergie solaire et de groupe électrogène afin d'assurer la continuité d'alimentation du système. Ces sources ont été dimensionnées en fonction des besoins énergétiques du système afin de déterminer les capacités des équipements à installer.

La figure 1 ci-dessous illustre de manière synthétique la méthodologie adoptée.

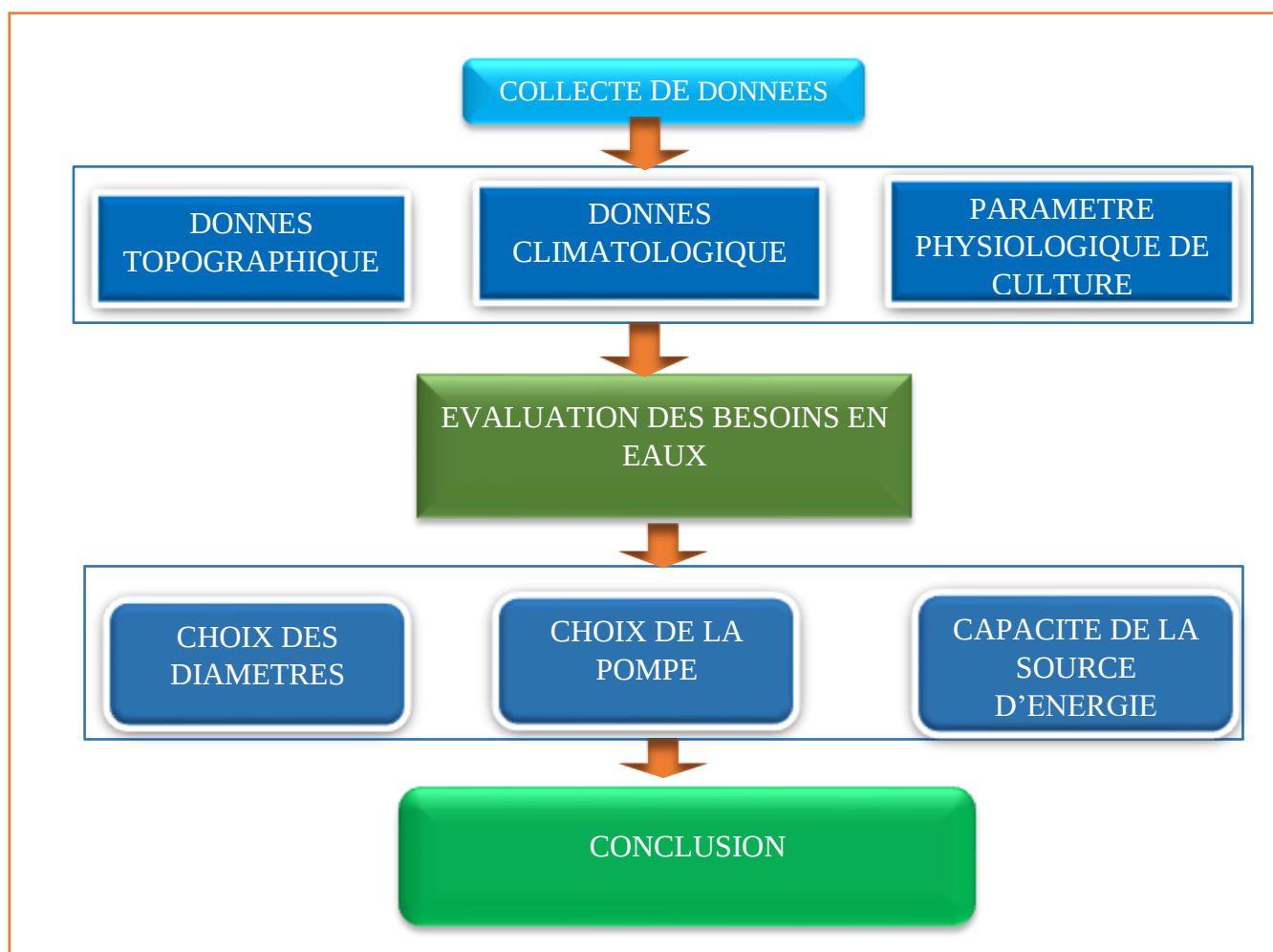


Figure 5: schéma illustratif de méthodologie

Généralité

IV.2.1 Généralité sur les cultures hydroponiques

IV.2.1.1 Définition

Les cultures hydroponiques désignent l'ensemble des cultures réalisées sans sol (Sami et al, 2023). Les plantes sont cultivées dans une solution nutritive aqueuse, apportant tous éléments nécessaires à leur croissance et à leur développement optimal.

IV.2.1.2 Avantages et inconvénients des cultures hydroponique

Avantage	Inconvénients
Utilisation efficace de l'eau. Utilisation précise des nutriments Croissance plus rapide des plantes Réduction des maladies et des ravageurs Utilisation de l'espace optimisée Elimination des problèmes liés au sol Cultures tout au long de l'année et contrôle précis de l'environnement	Coût initial élevé Complexité technique : Défaillance du système Dépendance à l'énergie électrique Équilibre de la solution nutritive Sensibilité aux pannes d'eau ou de pompe Gestion des déchets

IV.2.1.3 Composantes d'un système hydroponique

Tout système de culture hors-sol repose sur trois composantes matérielles essentielles : le substrat, le conteneur et la solution nutritive.

a. Substrat

En agriculture, le terme substrat désigne à tout matériau, naturel ou artificiel, pur ou mélange servant de support de culture. Il permet l'ancrage du système racinaire et joue un rôle essentiel dans le maintien et le développement de la plante.

b. Conteneurs

C'est les récipients qui contiennent le substrat. Leur taille varie en fonction de l'espèce cultivée et de son système racinaire. En générale, ils sont en matière plastique, chimiquement inerte, étanches, pas chers, durables et dont la mise en place doit être facile, comme le cas des gobelets en plastique.

c. Solution nutritive

La solution nutritive est composée d'un ensemble de sels minéraux et d'oligo-éléments indispensable au bon développement des plantes :

- Sels minéraux : Azote, Phosphore, Potassium, Calcium, Sodium et Soufre.
- Oligo-éléments : Fer, Cuivre, Brome, Cobalt, Zinc, Aluminium, Silicium, Manganèse, Molybdène et Sélénium.

Par ailleurs, deux paramètres caractérisent la solution nutritive et qui nécessite un contrôle régulier :

- ❖ pH : il est optimal entre 5,8 et 6,5. Sa valeur détermine la disponibilité des nutriments pour la plante, ce qui nécessite un réglage quotidien pour une bonne absorption des nutriments. Lorsqu'il est alcalin, il est suggéré de rajouter de vinaigre blanc, alors que dans le cas contraire, avec une solution trop acide il faut rajouter les bicarbonates de soude .
- ❖ Conductivité électrique (CE) : elle est optimale entre 1,5 à 2,5 dS/m. Elle indique la concentration totale de la solution nutritive. Lorsqu'elle est élevée, elle empêche l'absorption des nutriments en augmentant la pression osmotique, alors que si elle est inférieure, elle peut gravement affecter la santé des plantes et le rendement (Samiet al., 2023) .

IV.2.2 Généralité sur les serres

IV.2.2.1 Définition

Une serre est une structure close ou semi-ouverte translucide, en verre ou plastique, soutenue par une structure métallique ou en bois, destinée en général à la production agricole. Elle vise à soustraire aux éléments climatiques les cultures vivrières ou de loisir pour une meilleure gestion des besoins des plantes et pour en accélérer la croissance ou les produire indépendamment des saisons. (Iskander, 2021/2022)

IV.2.2.2 Les différents types de serres

Il existe une grande diversité de serres en termes d'architecture, de matériaux de fabrication, de régulation thermique et de taille. Le choix de la serre utilisée dépend des objectifs globaux du projet dans lequel la culture s'intègre. Cependant, en termes de forme, il existe deux types de serres les serres chapelles et les serres tunnels. Il existe également des serres dites « serres châssis » destinées à des productions réduites. (Iskander, 2021/2022)

a. Les serres chapelles

Les serres chapelles (Figure 6) présentent les caractéristiques suivantes :

- ❖ toits généralement à versants symétriques (mais alternatives possibles en toits courbes, dissymétriques, etc.) ;
- ❖ taille modulable en fonction du nombre de chapelles constituant la serre : serres monochapelles, serres doubles, serres multichapelles ;
- ❖ largeur des chapelles variable de 4 à 8 m ;
- ❖ aération par ouvrants en toiture ;
- ❖ utilisation pour production à moyenne ou grande échelle ;
- ❖ conviens à un système chauffé ;
- ❖ coût élevé de la structure ;
- ❖ grande durée de vie (matériaux en aluminium / acier, verre)
- ❖ poids élevé (charpentes et fondations lourdes) ;



Figure 6: serre chapelle (multi chapelle) (Google)

b. Serres tunnels

Les serres tunnels (Figure 7) présentent les caractéristiques suivantes :

- ❖ Forme **cylindrique** avec armature métallique (arceaux) et couverture plastique ;
- ❖ Idéales pour pratiquer le maraîchage à **petite ou moyenne échelle** ;
- ❖ **Coût peu élevé** et installation aisée ;
- ❖ **Microclimat** intérieur difficilement maîtrisé ;
- ❖ **Couverture** à changer régulièrement (tous les 3 à 5 ans) ;
- ❖ Ne conviennent pas pour des cultures chauffées.



Figure 7: serre tunnel (source Google)

Avantages liés à l'utilisation des serres :

- création d'un **microclimat propice** à la croissance végétale (température, humidité et luminosité) ;
- allongement de la **période de production**, de récolte et de mise en marché ;
- réduction de la **pénibilité du travail** en cas de conditions météorologiques difficiles (pluie, vent, froid) ;
- protection des cultures aux **conditions météorologiques** difficiles (grêle, vent, températures basses) ;
- **rendement plus élevé** par rapport aux cultures extérieures pour certaines espèces (tomates, concombres, aubergines, poivrons, melons, fraises, etc.) ;
- environnement favorable pour la **levée des semis** ;
- permet de possibles échanges de **flux énergétiques et CO₂** avec les bâtiments à proximité ;
- **multifonctionnalité** du lieu : production, lieu de détente et de convivialité ;
- Utilisation des surfaces de couverture pour la **récupération d'eau de pluie**.

Inconvénients liés à l'utilisation des serres :

- **coût** pouvant être important en fonction du type de serre utilisée (investissement, maintenance) ;
- **irrigation** nécessaire ;
- risque que les plantations développent des **maladies** dans le cas d'un manque d'aération (conditions trop humides) ;
- **travail pénible** en cas de fortes chaleurs ;
- savoir-faire de la culture sous serre se fait suivant un **long apprentissage**.

IV.2.3 Généralité sur les substrats

Les substrats jouent un rôle fondamental dans la croissance des plantes, en servant de support aux racines et en facilitant l'absorption de l'eau et des nutriments. Contrairement au sol naturel, un

substrat est un milieu de culture qui peut être naturel, organique, minéral ou artificiel, utilisé en culture hors-sol, notamment en hydroponie.

IV.2.3.1 Fonctions des substrats

Un substrat a pour principales fonctions :

- **Support physique** : Il maintient les racines et permet le développement stable des plantes. Il doit permettre à la plante de tenir physiquement et de pouvoir porter ses fruits
- **Rétention d'eau et de nutriments** : il stocke et libère progressivement l'humidité et les éléments nutritifs nécessaires à la croissance.
- **Aération racinaire** : Il assure un bon équilibre entre l'eau et l'oxygène pour éviter l'asphyxie des racines.
- **Drainage** : Il empêche l'excès d'eau qui pourrait entraîner la pourriture des racines.

IV.2.3.2 Types de substrats

Les substrats sont classés selon leur origine et leurs propriétés :

- **Substrats organiques** : Fibres de coco, tourbe, écorces de pin, compost. Ils ont une bonne rétention d'eau et sont biodégradables.
- **Substrats minéraux** : Perlite, vermiculite, laine de roche, pouzzolane, sable. Ils sont stables et offrent une excellente aération.
- **Substrats inertes** : Argile expansée, billes de verre, géotextiles. Ils ne contiennent pas de nutriments, mais permettent un bon drainage et une bonne oxygénation.

IV.2.3.3 Substrats en culture hydroponique

Dans les systèmes hydroponiques, les plantes ne poussent pas dans le sol, mais dans des supports appelés substrats, qui permettent de maintenir les racines, de stocker l'eau et les nutriments, et de garantir une bonne aération. Ces substrats sont généralement inertes, c'est-à-dire qu'ils n'apportent pas de nutriments par eux-mêmes, ce qui permet un contrôle très précis de la fertilisation via la solution nutritive.

Parmi les plus pratiques, utilisées :

➤ **Fibre de coco**

La fibre de coco (Figure 8) est un substrat organique issu du mésocarpe de la noix de coco, c'est-à-dire de la partie fibreuse située entre la coque dure et l'enveloppe externe du fruit. Après récolte des noix de coco, les coques sont trempées dans l'eau (processus appelé « rouissage ») pendant plusieurs semaines pour ramollir les fibres. Celles-ci sont ensuite extraites mécaniquement (broyé), lavées pour éliminer les sels et autres impuretés, puis séchées. Le produit obtenu est soit compressé en blocs, soit conditionné en vrac pour l'usage agricole.

Caractéristiques et avantages :

- Très **bonne rétention en eau** (peut absorber 8 à 9 fois son poids), ce qui garantit une alimentation régulière des racines.
- Excellente **aération** grâce à sa structure fibreuse, entraînant l'asphyxie racinaire.
- pH généralement neutre à légèrement acide (entre 5.5 et 6.5), compatible avec la plupart des cultures.
- **Durable** : un même substrat peut être utilisé sur plusieurs cycles si correctement désinfecté.

Inconvénients :

- Si mal préparée, elle peut contenir **des sels résiduels**, d'où l'importance de choisir une fibre de qualité « low EC » (faible conductivité électrique).
- Nécessite un ajustement minutieux de la fertilisation



Figure 8: fibre de coco pour hydroponie (source Google)

➤ Laine de roche

La laine de roche (figure 3) est un **substrat minéral** fabriqué à partir de roches volcaniques, principalement du **basalte** . Le procédé de fabrication consiste à chauffer ces roches à environ 1 600 °C jusqu'à ce qu'elles fondent. La roche en fusion est ensuite filée (comme du sucre filé) pour produire des fibres très fines, similaires à la laine. Ces fibres sont ensuite compactées et formées en pains, cubes ou plaques adaptés à l'hydroponie.

Caractéristiques et avantages :

- ✓ Grande **capacité de rétention d'eau** tout en gardant une porosité élevée pour l'air (jusqu'à 95 % de porosité).
- ✓ Offre un **support stable**, hygiénique, exempt de pathogène.
- ✓ Facile à manipuler et à calibrer selon les exigences de la culture.
- ✓ Très utilisé dans les **grandes exploitations sous serre** (tomate, poivron, concombre).

Inconvénients :

- ✓ **Non biodégradable** : pose des défis environnementaux en fin de cycle de culture.
- ✓ Les fibres peuvent être irritantes lors de la manipulation (gants et masques recommandés).
- ✓ Doit être bien **saturée en eau avant utilisation**, car initialement hydrophobe.



Figure 9: laine de roche (source Google)

➤ Billes d'argile

Les billes d'argile, également appelées **argiles expansées**, sont des granules sphériques issues d'un processus de cuisson à haute température d'argile naturelle. L'argile utilisée est généralement de type argile illitique ou kaolinitique, riche en silicates et en oxydes de fer.

Le procédé de fabrication se déroule en plusieurs étapes :

- ✓ **Broyage et façonnage** : l'argile est broyée, humidifiée puis moulée en petites granules sphériques.
- ✓ **Séchage** : Ces granules sont séchées pour éliminer l'humidité résiduelle.
- ✓ **Cuisson à haute température (environ 1 200 °C)** dans un four rotatif : cette étape provoque une expansion de l'argile grâce à la libération de gaz internes, créant une structure poreuse à l'intérieur et une croûte dure à l'extérieur.
- ✓ Le résultat est un matériau léger, résistant, inerte et très stable dans le temps.

Caractéristiques et avantages :

- ✓ **Excellente aération** : grâce à leur forme sphérique et leur porosité interne, les billes d'argile assurent un bon niveau d'oxygène autour des racines.

- ✓ **Drainage efficace** : elles permettent une évacuation rapide de l'eau excédentaire, limitant les risques d'asphyxie ou de pourriture racinaire.
- ✓ **Inerte chimiquement** : elles ne réagissent pas avec la solution nutritive, ce qui permet un meilleur contrôle de la composition minérale.
- ✓ **Réutilisables** : après nettoyage et démontage, elles peuvent être utilisées plusieurs fois.
- ✓ **Stables physiquement** : elles ne se décomposent pas et ne changent pas de structure avec le temps.

Inconvénients :

- ✓ **Capacité de rétention en eau limitée** par rapport à d'autres substrats, comme la fibre de coco ou la laine de roche. Elles doivent donc être accompagnées d'un arrosage plus fréquent.
- ✓ **Nécessité d'un bon calibrage du système d'irrigation** pour éviter les stress hydriques.
- ✓ Un rinçage préalable est conseillé avant utilisation pour éliminer la poussière d'argile qui pourrait obstruer les systèmes d'irrigation



Figure 10: bille d'argile pour hydroponie (source Google)

Grâce à leur diversité et leurs caractéristiques spécifiques, les substrats constituent un élément clé de la production agricole moderne, notamment en culture hors-sol et hydroponique, où ils optimisent l'apport en eau et en nutriments tout en favorisant une croissance saine des plantes.

IV.2.4 Acquisition de donnée et traitement

Cette étape a consisté à relever les données de l'évapotranspiration à partir du logiciel CLIMWAT et CROPWAT ainsi qu'auprès des structures dédiées (SODEXAM, Direction régionale du Ministère de l'Agriculture).

IV.2.4.1 Données climatologie

Les données climatiques (pluviométrie et évapotranspiration potentielle) utilisées dans le cadre de cette étude sont celles issues des stations synoptiques des départements de Ferkessédougou, de Yamoussoukro et de Dimbokro. Les données sont issues de l'année 2022.

IV.2.4.2 Données agrophysiologie

L'évaluation des besoins en eau a été faite que pour les cultures considérées maraîchères qui sont les plus grandes consommatrices d'eau (Oignon, tomate, piment, aubergine). Les données agrophysiologie des différentes cultures ont été obtenues à l'aide du logiciel cropwap de la FAO.

IV.2.5 Mesure d'infiltration

Afin de choisir un type de goutteurs adaptés à notre substrat, nous avons évalué la vitesse d'infiltration et déterminé le K_{sat} de notre substrat. La mesure de l'infiltration vise à évaluer la capacité d'un substrat à absorber et à drainer l'eau. Dans le cadre de ce projet, cette analyse permet de vérifier si la fibre de coco utilisée comme support de culture en hydroponie peut convenablement restituer l'eau aux racines tout en assurant un bon drainage.

La méthodologie repose sur l'observation de la vitesse à laquelle un volume donné d'eau traverse une colonne de substrat. On mesure la quantité d'eau versée dans le substrat et le volume récupéré après un temps donné. Ces données permettent d'évaluer la vitesse d'infiltration, c'est-à-dire le taux auquel l'eau pénètre et circule à travers le substrat.

Les résultats obtenus ont permis de :

- Valider la performance du substrat en termes de rétention et de drainage.
- Approcher la valeur de conductivité hydraulique (K_{sat}) utile pour les simulations dans des logiciels comme **SPAW** afin d'obtenir un sol équivalent au substrat et d'utiliser les valeurs approchées des humidités pour le dimensionnement.

- Adapter les volumes d'irrigation à appliquer pour éviter à la fois la saturation et le stress hydrique des plantes

Dans le cadre de cette étude, deux approches complémentaires ont été utilisées pour évaluer la vitesse d'infiltration de l'eau dans le substrat de culture (fibre de coco), afin de mieux dimensionner le système d'irrigation goutte à goutte.

IV.2.5.1 Évaluation préliminaire par temps d'apparition de l'écoulement

Une première série d'observations a consisté à mesurer le temps nécessaire avant le début de l'écoulement de l'eau à la base du sachet de culture. Ce temps a été interprété comme un indicateur de la vitesse de déplacement du front d'humidité dans le substrat.

La vitesse d'infiltration est estimée à partir de la formule :

$$\boxed{V_{dinf} = \frac{H}{t}} \quad (1) \quad \text{Avec } \begin{cases} V_{dinf}: \text{vitesse d'écoulement} \\ H: \text{hauteur du substrat} \\ t: \text{temps du début d'écoulement} \end{cases}$$

IV.2.5.2 Mesure expérimentale sur 10 minutes

Une seconde série de tests a permis de mesurer le volume d'eau infiltré après 10 minutes (600 s). Douze tests ont été réalisés avec un volume versé constant de 1 200 ml, et la surface d'exposition de chaque sachet était de 0,1225 m² (35 cm × 35 cm). En soustrayant le volume récupéré à la base du sachet, le volume effectivement infiltré a été utilisé pour calculer la vitesse d'infiltration selon la formule :

$$\boxed{V_{inf} = \frac{\text{volume infiltré}}{\text{surface} \times \text{temps}}} \quad (2) \quad \text{Avec } V_{inf} : \text{vitesse d'infiltration}$$

IV.2.6 Formules pour dimensionnement préliminaire et final de l'aménagement.

Les formules ci-dessous ont été déterminées selon le cours d'irrigation localisé du Dr Amadou KEITA (AMADOU, 2008) . La culture ou spéculation choisie pour le dimensionnement est la tomate. C'est une culture maraîchère consommatrice en eau.

IV.2.6.1 Calcul des besoins en eau de la plante

Le calcul des besoins en eau d'une culture vise à estimer la quantité d'eau nécessaire pour assurer une croissance optimale. Il dépend de plusieurs facteurs, notamment la nature de la plante, les conditions climatiques (température, humidité, rayonnement), le type de substrat/sol et le stade phénologique de la culture.

IV.2.6.2 Calcul de l'ETM peak

L'ETM représente la quantité maximale d'eau perdue par la plante et le sol par évaporation et transpiration, dans des conditions optimales de croissance. Elle se calcule en multipliant l'évapotranspiration de référence (ET₀) par un coefficient cultural (K_c) propre à chaque stade de la culture. Elle est calculée par la formule ci-dessous :

Avec :

$$ETM_{peak}(mm/j) = ET_0 * K_c$$

(3) *ETM_{peak} : Evapotranspiration maximale de pointe*

ET₀ : Evapotranspiration de référence

K_c : Coefficient cultural

Les coefficients culturaux (K_c) sont déterminés en fonction du nombre de jours et du stade de croissance de la plante obtenue dans le bulletin 33 de la FAO. La formule est la suivante :

$$K_c = \frac{K_{ci} \times N_i + K_{cj} \times N_j}{N} \quad (4)$$

Avec :

K_{ci}=Coefficient cultural pour la phase i ;

K_{cj}= Coefficient cultural pour la phase j ;

N_i=Nombre de jours dans la phase i pour le mois considéré ;

N_j= Nombre de jours dans la phase j pour le mois considéré ;

N=Nombre total du jour du mois (somme de N_i et N_j).

En irrigation localisée, les plantes ne couvrent qu'une partie du sol. D'où l'introduction d'un facteur de réduction de la couverture végétale Kr ou GC.

$$ETM_{loc}(mm/j) = ETM_{peak} * Kr \quad (5)$$

$$ETM_{loc}(mm/j) = ETM_{peak} * 0,1 * \sqrt{GC(\%)} \quad (6)$$

avec : $\begin{cases} ETM_{loc}: \text{évapotranspiration maximal en localisé} \\ GC: \text{pourcentage de couverture végétale} \\ ETM_{peak}: \text{évapotranspiration maximal de pointe} \end{cases}$

IV.2.6.3 Calcul du besoin net

Le besoin net correspond à la quantité d'eau nécessaire à la plante pour couvrir son évapotranspiration, sans considérer les pertes du système. Il constitue la base du calcul pour estimer les volumes à apporter à la plante pour son bon fonctionnement.

Le calcul des besoins net (BN) et besoin brut (BB) est défini par la formule ci-dessous :

$$BN(mm/j) = ETM_{loc} - (R + Pe) \quad (7)$$

avec $\begin{cases} Bn: \text{Bésoin net} \\ Pe: \text{pluie efficace} \\ R: \text{apport d'eau autre que l'irrigation} \end{cases}$

Dans notre cas, Pe et R sont égal à 0 car nous somme en culture sous serre donc les besoins nets sont égal à ETM loc

IV.2.6.4 besoin brut (BB)

Le besoin brut tient compte des pertes dans le système (distribution, drainage, etc.). C'est la quantité réelle d'eau à apporter à la parcelle pour satisfaire les besoins de la culture.

$$BB(mm/j) = \frac{BN}{Ea} + LR = \frac{BN}{Ea} + (1 + Lrt) \quad (8)$$

avec $\begin{cases} Ea: \text{efficience du système} \\ LR: \text{taux de lessivage} \\ Lrt: \text{taux de lessivage en irrigation goutte à goutte} \end{cases}$

IV.2.6.5 La réserve utile (RU) et la réserve facilement utilisable (RFU)

La RU est la quantité d'eau disponible dans le sol que la culture peut utiliser pour sa maturation. Elle est fonction de l'humidité à la capacité au champ et de l'humidité au point de flétrissement.

$$RU(mm) = (\theta_{FC} - \theta_{wp}) * Z_r(mm) \quad (9)$$

Avec $\begin{cases} \theta_{FC}: \text{humidité à la capacité au champ} \\ \theta_{wp}: \text{humidité au point de flétrissement permanent} \\ Z_r: \text{profondeur d'enracinement} \\ RU: \text{réserve utile} \end{cases}$

La réserve facilement utilisable par la plante est déterminée par l'expression suivante :

$$RFU(mm) = RU * p \quad (10)$$

Avec p le coefficient de tarissement est fonction du groupe auquel appartient la culture et de l'ETM de la période de pointe. Dans le cas de ce projet, nous prendrons p égale à 2/3.

IV.2.6.6 La fréquence d'arrosage (F)

C'est la durée maximale, en jours, durant laquelle la plante peut puiser dans la Réserve Facilement Utilisable (RFU) lorsque sa consommation en eau est équivalente au Besoin Maximal en Eau (BMP ou BN).

$$F(j) = \frac{RFU}{BN} \quad (11)$$

Avec : $\begin{cases} F: \text{fréquence d'arrosage} \\ RFU: \text{réserve facilement utilisable} \\ BN: \text{besoin net} \end{cases}$

IV.2.6.7 Le tour d'eau (T)

Le tour d'eau représente l'intervalle de temps, en jours, entre deux irrigations successives sur une même parcelle. Il est déterminé de manière à être inférieur à la fréquence d'arrosage (F).

IV.2.6.8 La dose réelle (Dr)

La dose réelle d'irrigation est la quantité d'eau effectivement appliquée à la parcelle lors d'un arrosage, prenant en compte les pertes éventuelles (besoin net).

$$Dr(mm) = BN * T \quad (12) \quad \text{Avec } \begin{cases} Dr: \text{dose réelle} \\ BN: \text{besoins net} \\ T: \text{tour d'eau} \end{cases}$$

IV.2.6.9 La dose brute (Db)

La dose brute d'irrigation est la quantité totale d'eau qui doit être apportée à la parcelle pour compenser les besoins en eau des plantes, en tenant compte des pertes liées au système d'irrigation.

$$Db(mm/j) = \frac{Dr}{Ea} + LR * T \quad (13) \quad \text{Avec } \begin{cases} Dr: \text{dose brut} \\ LR: \text{taux de lessivage} \\ T: \text{tour d'eau} \end{cases}$$

IV.2.6.10 Nombre d'heures par poste d'arrosage (Ts)

Le temps de poste est la durée pendant laquelle une unité d'irrigation (rampe, serre, etc.) est alimentée. Il est fonction du volume d'eau à fournir et du débit disponible du système.

$$Ts(h/j) = \frac{T_{max}}{Nsh} \quad (14)$$

Avec : $\begin{cases} Ts : \text{nombre d'heure par poste d'arrosage} \\ T_{max} : \text{le temps maximum d'irrigation par jour} \\ Nsh : \text{nombre de posse d'arrosage} \end{cases}$

IV.2.6.11 Le débit d'équipement

Il est un facteur de base pour le dimensionnement des équipements. Il permet d'évaluer la quantité d'eau requise pour une surface. En d'autres termes c'est le débit que doit fournir le système d'irrigation pour irriguer la surface concernée dans le temps imparti. Il s'exprime généralement en litres par seconde (l/s/ha). Il est donné par l'expression suivante.

$$q_e(l/s.ha) = \frac{Db}{T * Ts * Nsh * 0,36} \quad (15)$$

Avec : $\begin{cases} q_e : \text{débit d'équipement} \\ Db : \text{dose brute} \\ T : \text{tour d'eau} \\ Ts : \text{temps de poste d'arrosage} \\ Nsh : \text{nombre de posse d'arrosage} \end{cases}$

IV.2.7 Formule de dimensionnement final

IV.2.7.1 La pluviométrie horaire de goutteur

La pluviométrie horaire est un paramètre qui permet de quantifier l'intensité d'arrosage d'un goutteur exprimé en millimètres par heure (mm/h). Elle dépend du débit du goutteur et de l'espacement entre les goutteurs et les rampes. Elle permet de vérifier si l'arrosage est adapté à l'infiltration du substrat pour éviter les pertes. La pluviométrie horaire doit être inférieure à la vitesse d'infiltration.

$$P(mm/h) = \frac{q_{emit}}{e_r * e_{emit}} \quad (16)$$

Avec : $\begin{cases} P: \text{pluviométrie horaire du goutteur} \\ q_{emit} : \text{débit du goutteur} \\ e_r: \text{espacement entre les rampes} \\ e_{emit}: \text{espacement entre les goutteurs} \end{cases}$

IV.2.7.2 Débit de la rampe

Le débit de la rampe est déterminé par la formule ci-dessous :

$$Q_{rp}(l/s) = \frac{q_{emit} * N_{emit}/r_p}{3,6} \quad (17)$$

Avec : $\begin{cases} Q_{rp}: \text{débit de la rampe} \\ q_{emit} : \text{débit du goutteur} \\ N_{emit}: \text{nombre de goutteur par rampe} \end{cases}$

IV.2.8 Formule pour le dimensionnement des conduites

IV.2.8.1 Détermination des diamètres

Pour la détermination du diamètre, nous calculerons le diamètre théorique par la formule ci-dessous ensuite nous choisirons la valeur du diamètre dans le catalogue. La valeur correspondant sera la valeur supérieure la plus proche de la valeur théorique.

$$D_{th}(mm) = \sqrt{\frac{Q(m^3/h)}{V(m/s)}} * 18,811 \quad (18)$$

Avec : $\begin{cases} D_{th}: \text{diamètre théorique} \\ Q : \text{le débit dans la conduite} \\ V : \text{vitesse} \end{cases}$

$V \leq 1.7$ m/s pour les plastiques

$V \leq 2$ m/s pour les fontes ou métaux

IV.2.8.2 Pression admissible et condition de CHRISTIANSEN

La variation de pression est égale à la pression admissible (qui est égale à 20% de la pression nominale du gouteur) moins les pertes de charge cumulées sur la conduite. Ce critère consiste à vérifier l'uniformité d'arrosage sur les conduites. Il y a uniformité lorsque :

$$\Delta P_{reliquat} = \Delta H_{conduite} - (E_{amont} - E_{aval}) \leq \Delta P_{restant} \quad (19)$$

IV.2.8.3 Calcul des pertes de charge linéaire

Les pertes de charge sont des pertes de pression subies par l'eau lorsqu'elle circule dans la canalisation. Elles sont causées par la résistance que l'eau rencontre à l'intérieur des tuyaux. On distingue deux types de charges : pertes de charge singulière dues aux coudes, vannes, filtres, gouteurs, etc. et la perte de charge linéaire due à la friction de l'eau contre les parois du tuyau sur toute sa longueur. Dans le cas de notre projet, les pertes de charge seront calculées à l'aide de la formule **Calmon Lechapt**, car elle est simple à appliquer et bien adaptée aux systèmes d'irrigation localisée comme le goutte à goutte. Elle permet une estimation fiable des pertes linéaires dans les conduites de petit diamètre et à faible débit, ce qui correspond aux caractéristiques de notre installation. En outre, cette formule est largement reconnue dans la littérature en hydraulique agricole et compatible avec les outils de calcul usuels comme Excel. Son choix est donc justifié par sa pertinence, sa précision et sa facilité d'utilisation dans le contexte du dimensionnement d'un système d'irrigation sous serre. Ci-dessous la formule :

$$\Delta H_{conduite} = a * \left(\frac{[Q]^N}{[D]^M} \right) * L_{conduite} \quad (20)$$

Avec : $\begin{cases} \Delta H_{conduite} : \text{perte de charge dans la conduite} \\ L_{conduite} : \text{longueur de la conduite} \\ a, N \text{ et } M \text{ les coefficients de Calmon Lechapt.} \end{cases}$

IV.2.8.4 La hauteur manométrique totale (HMT)

La hauteur manométrique est une grandeur permettant de choisir la pompe convenable. Elle est calculée en tenant comptes de toutes les pertes de charge du système, de la hauteur géométrique la plus contraignante, de la pression nominale et les pertes de charge des filtres et injection.

$$HMT (m) = H_{totale} (m) + \Delta H_{geom} (m) + \Delta H_{pièces} (m) + \Delta H_{filtres\ injecteurs} (m) \quad (21)$$

IV.2.8.5 Dispositif de pompage

Un système de pompage définit l'ensemble des équipements et installations permettant d'extraire, de transporter et de réguler le flux d'eau depuis une source vers un point de stockage ou un dispositif de distribution. Il comprend généralement une pompe, des conduites, un réservoir de stockage, des vannes de régulation et des systèmes de commande. Dans le cadre de notre projet, une électropompe immergée assurera l'acheminement de l'eau depuis le forage vers un réservoir de stockage, tandis qu'un surpresseur sera mis en place en sortie de ce réservoir afin de maintenir une pression constante et alimenter efficacement le réseau d'irrigation. Le dimensionnement de l'électropompe est basé sur les exigences en débit d'exploitation et sur la hauteur manométrique totale (HMT) nécessaire au bon fonctionnement de l'ensemble du système. Les formules de calcul de puissance sont ci-dessous :

$$P_h = \frac{\rho \times g \times Q \times HMT}{1000} \quad \text{avec} \begin{cases} P_h: \text{Puissance hydraulique (Kw)} \\ HMT: \text{Hauteur Manométrique Totale} \\ g: \text{intensité de pesanteur} \end{cases} \quad (22)$$

$$P_A = \frac{P_h}{\eta_p} \quad \text{Avec} \begin{cases} P_A: \text{Puissance Absorbée} \\ P_h: \text{Puissance Hydraulique} \\ \eta_p: \text{Rendement de la pompe} \end{cases} \quad (23)$$

$$P_m = \frac{P_A}{\eta_m} \quad \text{Avec} \begin{cases} P_m: \text{Puissance moteur} \\ P_A: \text{Puissance Absorbée} \\ \eta_m: \text{Rendement moteur} \end{cases} \quad (24)$$

IV.2.9 Dimensionnement du réservoir

Dans le cadre de ce projet, notre réservoir sera en poly tank. Du fait que le système sera alimenté par une source hybride, nous prendrons 30% du volume d'irrigation par poste d'arrosage.

IV.2.10 Source d'énergie

Dans le cadre de notre projet, nous avons opté pour une source d'énergie hybride qui alterne le photovoltaïque et le groupe électrogène.

IV.2.9.1 Système solaire

Pour le dimensionnement des panneaux photovoltaïques, elle a été évaluée par la formule ci-dessous :

$$P_c = \frac{P_m * T_{ens}}{3600 * \eta_{ond} * Y_i} \text{ Avec } \begin{cases} P_c: \text{Puissance crête (wc)} \\ P_m: \text{Puissance moteur (w)} \\ \eta_{ond}: \text{rendemen de l'onduleur} \\ Y_i: \text{intensité d'insolation journalière} \\ T_{ens}: \text{Temps d'ensoleillement journalière} \end{cases} \quad (25)$$

Nombre de panneaux photovoltaïques

L'estimation des nombres de panneaux solaires est faite par la formule ci-dessous :

$$N_{pan} = \frac{P_c}{P_{c/panneau}} \quad (26)$$

$$\text{Avec } \begin{cases} N_{pan}: \text{Nombre de panneaux} \\ P_c: \text{Puissance crête} \\ P_{c/panneau}: \text{puissance d'un panneau solaire} \end{cases}$$

IV.2.9.2 Groupe électrogène

Le groupe électrogène est dimensionné pour assurer l'irrigation pendant les périodes de faible ensoleillement. Dans le cadre de notre étude, nous allons utiliser la formule approchée du calcul du groupe électrogène de Schiller, Royer, Djiako, & Sy, 1998, valable pour les pompes dont la puissance du moteur est inférieure à 20 Kw. L'expression de cette formule est la suivante :

$$P_{app} = \text{Max}(2xN_p x \frac{\rho x g x Q H M T}{\eta_p x \eta_m x \cos(\varphi)} ; 2xN_p x \frac{\sqrt{3} x U x I_n x \cos(\varphi)}{1000} x 1,25)$$

Avec $\begin{cases} P_{app} : \text{Puissance apparente du groupe en kVA} \\ U : \text{Tension du moteur en volt (V)} \\ I_n : \text{Intensité nominale du moteur en A} \\ \cos(\varphi) : \text{fateur de puissance} \end{cases} \quad (27)$

V. RESULTATS DE L'ETUDE TECHNIQUE

V.1. Etude technique de base

V.1.1 Diagnostic de la situation actuelle

➤ CAPSIKAN

Le site de CAPSIKAN est aménagé pour l'irrigation goutte-à-goutte en culture plein champ. Les principales spéculations maraîchères cultivées sont le piment, la tomate et l'aubergine...



Figure 11: parcelle irriguée par système goutte-à-goutte(source : Lucien KOFFI lors de la visite chantier)

V.1.2 Source d'eau

Le site de CAPSIKAN dispose d'un forage équipé d'un système solaire. Le forage a un débit de 12 m³/h.



Figure 12: forage équipé (source : Lucien KOFFI lors de la visite chantier)

V.1.3 Serre agricole

Le site dispose de 15 Serres tunnel installées par l'entreprise Score Holding, la superficie d'une serre est de 500 m² (0.05 ha). Cependant, une température interne très élevée est constatée à l'intérieur des serres, ce qui peut nuire au bon développement des plantes.



Figure 14: vue intérieure de la serre (source : Lucien KOFFI lors de la visite chantier)



Figure 13: vue extérieure de la serre (source : Lucien KOFFI lors de la visite chantier)

➤ ZATTA

Le site de ZATTA présente les mêmes installations que le site de CAPSIKAN, cependant le site de ZATTA dispose de 10 serres agricoles (la superficie d'une serre est de 500 m²) et d'un forage équipé d'un système solaire, le forage a un débit de 2 m³/h

V.1.4 Choix du système d'irrigation

L'irrigation des périmètres se fera par pompage direct sous pression. Le système d'irrigation projeté est celui du goutte-à-goutte(micro-jet).

V.1.5 Choix de la serre

La serre sélectionnée est la **serre tunnel**, en raison de ses nombreux avantages techniques, économiques et environnementaux. Ce type de serre, constitué d'une armature cintrée en acier galvanisé recouverte d'un film plastique traité anti-UV, est particulièrement adapté aux conditions climatiques des zones d'étude. Sa forme arquée favorise une bonne évacuation des eaux de pluie et une meilleure résistance au vent, tout en assurant une transmission lumineuse suffisante pour le développement optimal des cultures hors-sol. La serre tunnel offre une ventilation naturelle efficace grâce à ses ouvertures latérales, tout en présentant un excellent rapport qualité-prix grâce à son coût réduit et à sa facilité d'entretien.

V.1.6 Choix du substrat

➤ Synthèse des avantages et inconvénients des substrats les plus utilisés

Substrat	Avantages	Inconvénients
Fibre de coco	- Bonne rétention d'eau - Bonne aération - pH stable - Réutilisable	- Peut contenir du sel si non lavé - Nécessite un bon drainage

Laine de roche	- Excellente rétention d'eau - Inerte et stérile - Très bonne aération	- Non biodégradable - Irritante pour la peau - Coût élevé à long terme
Bille d'argile	- Très légère - Bonne aération	- Faible rétention d'eau

➤ Justificatif du choix de la fibre de coco

Le choix de la fibre de coco comme substrat pour ce projet se justifie par son excellent compromis entre capacité de rétention d'eau et aération des racines, deux critères essentiels pour le bon développement des cultures en hydroponie. D'origine organique et renouvelable, elle constitue une alternative durable et respectueuse de l'environnement et est réutilisable sur plusieurs cycles après traitement. Elle est également légère, facilement transportable et disponible sur le plan local à un coût raisonnable.

V.1.7 Mesure de l'humidité du substrat de fibre de coco

Cette section vise à identifier et à caractériser le substrat. Elle permet d'estimer la conductivité hydraulique saturée (Ksat) de sacs remplis de substrat de fibre de coco, afin d'évaluer leur capacité à laisser passer l'eau sous conditions saturées. Ainsi nous avons effectué une douzaine de mesures. Ces résultats ont été traités et interprétés par les logiciels Excel et SPAW pour les différentes humidités du substrat (voir tableaux 1 et 2).

V.1.5.1 Résultat d'évaluation préliminaire par temps d'apparition de l'écoulement

Tableau 1: résultat d'évaluation préliminaire par temps d'apparition d'écoulement

Test n°	Volume versé (mL)	Temps écoulement (s)	Hauteur substrat (mm)	Volume récupéré (mL)	Observations	Vitesse écoulement (mm/s)	Vitesse écoulement (mm/h)
1	2400	45	350	990		7.77777778	28000
2	1200	600	350	202.5		0.58333333	2100
3	600	300	350	4		1.16666667	4200
4	1200	300	350	315		1.16666667	4200

5	600	120	350	5		2.91666667	10500
6	600	300	350	270		1.16666667	4200
7	600	240	350	220		1.45833333	5250
8	1200	420	350	400		0.83333333	3000
9	1200	360	350	340		0.97222222	3500
10	600	300	350	200		1.16666667	4200
11	600	300	350	100		1.16666667	4200
12	1200	360	350	320		0.97222222	3500
					MOYENNE		4440.90909

Les résultats donnent une vitesse moyenne de début d'écoulement de 4 440 mm/h. Cette valeur représente une vitesse maximale théorique et reflète une réaction rapide du substrat, mais ne traduit pas la quantité réelle d'eau absorbée ou drainée.

V.1.5.2 Résultat de mesure expérimentale sur 10 minutes

Test n°	Volume versé (mL)	Temps écoulement (s)	Hauteur substrat (mm)	Volume récupéré (mL)	Volume restant	SURFACE	Vitesse d'infiltration (m/h)	vitesse d'infiltration (mm/h)
1	2400	600	350	990	1410	0.1225	0.01918367	19.1836735
2	1200	600	350	202.5	997.5	0.1225	0.01357143	13.5714286
3	1200	600	350	400	800	0.1225	0.01088435	10.8843537
4	1200	600	350	415	785	0.1225	0.01068027	10.6802721
5	1200	600	350	300	900	0.1225	0.0122449	12.244898
6	1200	600	350	450	750	0.1225	0.01020408	10.2040816
7	1200	600	350	220	980	0.1225	0.01333333	13.3333333
8	1200	600	350	400	800	0.1225	0.01088435	10.8843537
9	1200	600	350	340	860	0.1225	0.01170068	11.7006803
10	1200	600	350	200	1000	0.1225	0.01360544	13.6054422
11	1200	600	350	100	1100	0.1225	0.01496599	14.9659864
12	1200	600	350	320	880	0.1225	0.01197279	11.9727891
						MOYENNE		12.7692744

Les vitesses calculées varient de 10,2 mm/h à 19,2 mm/h, avec une moyenne de 12,77 mm/h.

La valeur de 12,77 mm/h a été retenue comme vitesse d'infiltration moyenne du substrat pour les besoins de simulation (SPAW) et pour le dimensionnement de la pluviométrie du système d'irrigation. Cette vitesse est jugée réaliste pour une fibre de coco modérément tassée, assurant à la fois une bonne rétention d'eau et un drainage adéquat. (Abad et al., 2005)

V.1.5.3 Résultat du logiciel SPAW

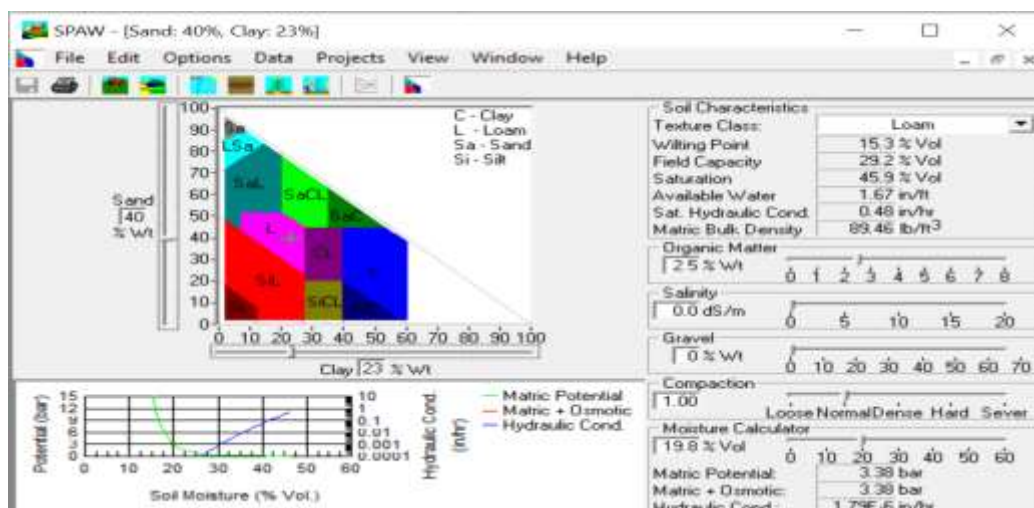


Figure 15: résultat du logiciel SPAW

La valeur proche de notre vitesse d'infiltration est celle du sol Loam. Le sol équivalent à la fibre de coco est le sol Loam considéré comme un sol meuble à texture équilibrée.

V.2. Dimensionnement de l'aménagement hydroagricole

V.2.1 Dimensionnement préliminaire

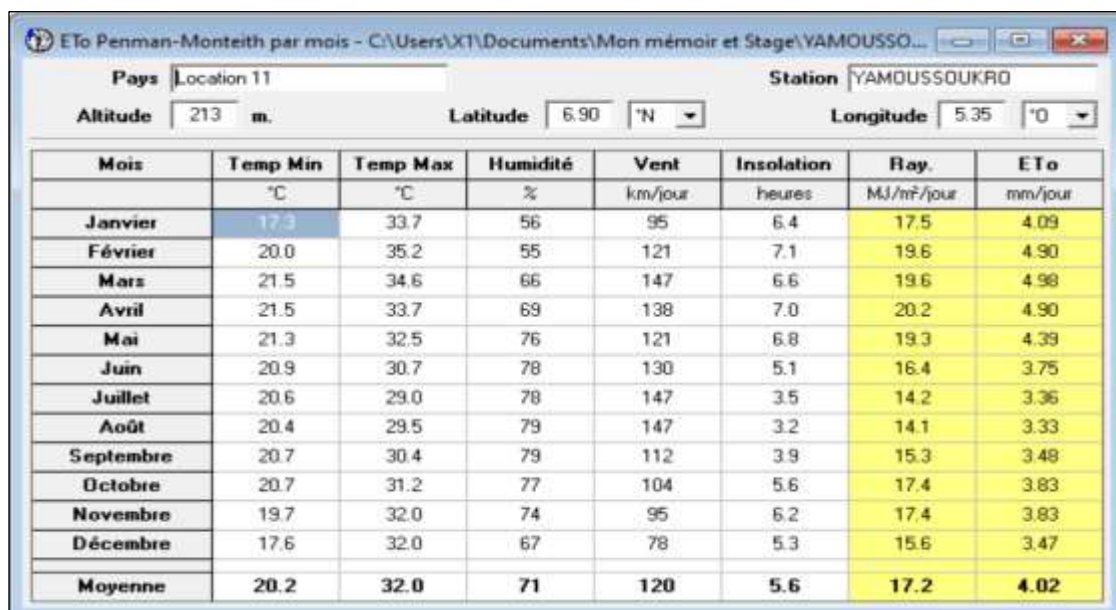
Le dimensionnement préliminaire consiste à définir les grandeurs de base jusqu'au calcul du débit d'équipement du système d'irrigation. Ce débit correspond au volume total d'eau requis pour alimenter l'ensemble de l'installation à un instant donné, lorsque toutes les unités (plantes, rampes, goutteurs) fonctionnent simultanément ou selon un scénario de fonctionnement défini. L'unité parcellaire considérée est de 500 m², correspondant à la surface d'une serre. Le système d'irrigation le plus adapté aux cultures hydroponiques sous serre est le **goutte à goutte**. La culture

de référence retenue pour le dimensionnement est la tomate, en raison de sa forte demande en eau et de sa prédominance parmi les cultures maraîchères pratiquées dans la zone d'étude.

V.2.1.1 Caractéristique des cultures et climatique

Les caractéristiques des cultures et climatiques ont été obtenus à l'aide du logiciel CLIMWAT et CROPWAT de FAO version 8.0, elles ont permis d'évaluer les besoins en eau des cultures.

➤ ZATTA



Mois	Temp Min °C	Temp Max °C	Humidité %	Vent km/jour	Insolation heures	Ray. MJ/m²/jour	ETo mm/jour
Janvier	17.3	33.7	56	95	6.4	17.5	4.09
Février	20.0	35.2	55	121	7.1	19.6	4.90
Mars	21.5	34.6	66	147	6.6	19.6	4.98
Avril	21.5	33.7	69	138	7.0	20.2	4.90
Mai	21.3	32.5	76	121	6.8	19.3	4.39
Juin	20.9	30.7	78	130	5.1	16.4	3.75
Juillet	20.6	29.0	78	147	3.5	14.2	3.36
Août	20.4	29.5	79	147	3.2	14.1	3.33
Septembre	20.7	30.4	79	112	3.9	15.3	3.48
Octobre	20.7	31.2	77	104	5.6	17.4	3.83
Novembre	19.7	32.0	74	95	6.2	17.4	3.83
Décembre	17.6	32.0	67	78	5.3	15.6	3.47
Moyenne	20.2	32.0	71	120	5.6	17.2	4.02

Figure 16: valeur de ETO de ZATTA

➤ FERKE

Les données climatiques (pluviométrie et évapotranspiration potentielle) utilisées dans le cadre de cette étude sont celles issues des stations synoptiques des départements de Ferkessédougou, de Ouangolodougou et de Kong.

Elles ont été mises à disposition par la Direction Régionale du Ministère de l'Agriculture de Ferkessédougou. Ces données utilisées couvrent la période de 2016 à 2022 (cf Tableau 2).

Tableau 2: valeur de ET0 et pluie de CAPSIKAN

Pluie moyenne mensuelle											
Jan	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juill.	Aout	Sept	Oct.	Nov.	Déc.
11.8	39.8	86.1	121.7	136.7	133.6	93.5	152.2	174.1	112.3	30.1	9.8
ETP moyenne mensuelle											
143.0	153.0	161.0	151.0	140.0	119.0	110.0	109.0	115.0	123.0	125.0	127.0

➤ Caractéristique des cultures

Tableau 3: caractéristiques des cultures maraîchères

culture		initial développement	croissance	Fin développement	Maturation	Total
oignons	durée	20	40	30	30	120
	kc	0.5	0.75	1.05	0.85	
choux	durée	20	25	60	15	120
	kc	0.45	0.75	1.05	0.9	
piment	durée	30	35	40	20	125
	kc	0.6	1.15	1.15	0.85	
Tomate	durée	30	40	45	30	145
	kc	0.6	1.15	1.15	0.8	

V.2.1.2 Evaluation des besoins en eaux des cultures maraîchères et du débit d'équipement

Les résultats de l'évaluation des besoins en eau sont présentés dans le tableau ci-dessous. Ils indiquent un volume total de 7 352 m³ à prélever à la source pour l'irrigation pour le site de ZATTA et 7 800 m³ pour Ferkessédougou. Le débit d'équipement retenu est de **0,84 l/s/ha** pour ZATTA et **0,92 l/s/ha**. Le débit d'équipement obtenu se situe dans la plage recommandée pour le système d'irrigation choisi (voir Figure 17).

Type d'irrigation	q_e (l/s/ha) Débit équip.
Localisée	0.5-1.5
Aspersion	1.5-2.5
Gravitaire	2.5-6.0

Figure 17: plage de débit d'équipement en fonction du système d'irrigation/ source support de cours de Dr Amadou KEITA 2021

Tableau 4: Résultat du dimensionnement préliminaire de ZATTA

	TOMATE	
	Février	
Surface (ha)	0.5	ha
Humidité à la capacité au champ (HCC)	0.27	
Humidité au point de flétrissement permanent (HPF)	0.15	
profondeur racinaire (ZR)	1000	mm
Réserve Utile (RU)	139	mm
P	0.67	
réserve facilement utilisable (RFU)	92.67	mm
Besoin net d'irrigation (BMP)	5.0715	mm
Fréquence d'arrosage (F)	18.27	jours
Tour d'eau (T)	4	jours
Dose réelle	20.286	mm
LR	1	mm
Efficiencie du système (Ea)	0.9	
Dose brute (mm)	26.54	mm
Nsh	2	heure
Tmax(h)	22	heure
Ts	11	heure
Débit d'équipement (q_e)	0.83775253	l/s/ha
Débit total du système (Q_{tot})	0.83775253	l/s

Tableau 5: résultat du dimensionnement préliminaire de CAPSIKAN

	TOMATE	
	Février	
Surface (ha)	0.75	ha
Humidité à la capacité au champ (HCC)	0.27	
Humidité au point de flétrissement permanent (HPF)	0.09	
profondeur racinaire (ZR)	1000	mm
Réserve Utile (RU)	180	mm
P	0.66666667	
réserve facilement utilisable (RFU)	120	mm
Besoin net d'irrigation (BMP)	5.65553571	mm
Fréquence d'arrosage (F)	21.2181491	jours
Tour d'eau (T)	4	jours
Dose réelle	22.6221429	mm
LR	1	mm
Ea	0.9	
Dose brute (mm)	29.1357143	mm
Nsh	2	heure
Tmax (h)	22	heure
Ts	11	heure
qe	0.91968795	l/s/ha
Qtot	0.91968795	l/s

V.2.2 Dimensionnement final

Le dimensionnement final consiste à faire le choix des goutteurs, déterminer les diamètres des conduites d'irrigation tout en respectant les critères de Christiansen.

Choix du goutteur

Le choix du goutteur a été guidé par les exigences de la culture de tomate en hydroponie sur substrat de fibre de coco, caractérisée par des besoins hydriques réguliers et modérés. Un goutteur auto-régulant (Micro-jet) de **2 L/h** a été retenu afin d'assurer une distribution uniforme de l'eau, indépendamment des variations de pression dans le réseau. Ce type de goutteur est adapté aux substrats drainants comme la fibre de coco, car il permet des apports fréquents en petites quantités, limitant ainsi les risques de saturation ou de stress hydrique. L'espacement entre les plantes étant

de **40 cm**, un goutteur est installé par plante, garantissant un pilotage précis de l'irrigation. Le Tableau 6 ci-dessous présente les caractéristiques du goutteur.

Tableau 6: caractéristique du goutteur

Noms du produit	Catalogue Netafim
Débit	2 l/h
Pression	1 bar
Espacement	0.4 m
Code goutteur	CNL2-21020-001300
Pluviométrie	5mm/h

V.2.3 Résultat du dimensionnement final

V.2.3.1 ZATTA

Le site a été subdivisé en dix (10) unités parcellaires de 500 m² chacune, correspondant aux parcelles de 10 m × 50 m. Chaque unité représente l'emprise au sol d'une serre sur le site. Un espacement de 3 mètres est prévu entre les parcelles, sur la largeur, afin de faciliter la circulation, l'entretien et les aménagements techniques.

Parmi les cultures maraîchères identifiées dans la zone, la tomate a été retenue comme culture de référence , en raison de ses besoins hydriques élevés et de sa sensibilité aux stress environnementaux, ce qui en fait une espèce particulièrement exigeante.

Le débit d'une rampe d'irrigation par unité parcellaire est estimé à **0,065 l/s**. Le débit du porte-rampe est évalué à **1,13 l/s**, tandis que le débit de la conduite principale et de la conduite de transport , couvrant l'ensemble des unités, est évalué à **2,36 l/s**. Voir **annexe 1**

Nombre de rampes :	9
Nombre de rampes simultanées :	18 (soit 2 serres)
Nombre de goutteurs par rampe :	118
Nsh	: 3
Ts	: 5.31 heures

Choix des diamètres

rampe	: PVC PN 6 DN 16
Porte-rampe	: PVC PN 6 DN 32
Tube secondaire	: PVC PN 6 DN 50
Primaire et principale:	PVC PN 6 DN 50

Critère de Christiansen

$Pe=5\text{mm/h}$, $K_{sat}=12\text{ mm/h}$, donc $Pe < K_{sat}$;

$Ts=5.31\text{h}$; $Ns = 3$; $Tw_{max}=22\text{h}$; donc $Ts \times Ns < Tw_{max}$;

V.2.3.2 CAPSIKAN

Le site a été subdivisé en 15 unités parcellaires de 500 m^2 chacune, correspondant à des parcelles de $10\text{ m} \times 50\text{ m}$. Chaque unité représente l'emprise d'une serre sur le site. Un espacement de 3 mètres est prévu entre les parcelles, sur la largeur, afin de faciliter la circulation et l'aménagement.

Parmi les cultures maraîchères identifiées pour cette zone, la tomate a été retenue comme espèce de référence, en raison de ses exigences élevées en eau et de sa forte sensibilité, ce qui en fait une culture contraignante.

Le débit d'une rampe d'irrigation par unité parcellaire est estimé à **0,065 l/s**. Le débit du porte-rampe est évalué à **1,13 l/s**, tandis que le débit de la conduite principale et de la conduite de transport , couvrant l'ensemble des unités, est évalué à **2,36 l/s**. Voir **annexe 1**

Nombre de rampes : 9
 Nombre de rampes simultanées : 18 (soit 2 serres)
 Nombre de goutteurs par rampe : 118
 Nsh : 4
 Ts : 5.82 heures

Choix des diamètres

rampe : PVC PN 6 DN 16
 Porte-rampe : PVC PN 6 DN 32
 Tube secondaire : PVC PN 6 DN 50
 Primaire et principale: PVC PN 6 DN 50

Critère de Christiansen

$Pe=5\text{mm/h}$, $K_{sat}=12\text{ mm/h}$, donc $Pe < K_{sat}$;

$T_s=5.31\text{h}$; $N_s =3$; $T_{wmax}=22\text{h}$; donc $T_s \times N_s < T_{wmax}$;

V.2.3.3 Résultat de HMT

Tableau 7: résultat de la HMT DE ZATTA

Hauteur géométrie (m)	23
ΔH_{total} (m)	10.8681759
ΔH_{fifing} (m)	1.08681759

ΔH filtre (m)	5
HMT (m)	39.9549935

Tableau 8: résultat de HMT DE CAPSIKAN

Hauteur géométrique (m)	36.63
ΔH_{total} (m)	15.3877759
ΔH fifting (m)	1.53877759
ΔH filtre (m)	5
HMT (m)	58.5565535

V.2.4 Capacité du réservoir

Le volume des réservoirs sera de 13 530 L à ZATTA et 18 879 L à CAPSIKAN (voir tableau 9 et 10). Pour des raisons de disponibilité sur le marché, nous avons opté pour deux réservoirs de 10000 L chacun afin de mieux assurer l'irrigation.

Tableau 9: calcul du volume du réservoir de ZATTA

VOLUME DU RESERVOIR ZATTA	
POURCENTAGE	0.3
BESOIN EN EAU PAR POSTE (L)	45096.768
CAPACITE UTILE (L)	13529.0304

Tableau 10:calcul du volume du réservoir de CAPSIKAN

VOLUME DU RESERVOIR CAPSIKAN	
POURCENTAGE	0.3
BESOIN EN EAU PAR POSTE (L)	62933.1429
CAPACITE UTILE (L)	18879.9429

V.2.5 Evaluation de la ressource en eau disponible

V.2.5.1 ZATTA

Les besoins en eau pour l'irrigation sur le site de ZATTA sont estimés à **45 m³ par jour**. Le forage actuellement en service présente un débit moyen de **2 m³/h**, ce qui impliquerait un temps de pompage de **23 heures** par jour pour satisfaire entièrement les besoins hydriques des cultures. Une telle durée de pompage est évidemment élevée, ce qui traduit un déficit important entre la ressource disponible et les besoins en eau.

Afin de garantir une alimentation continue et suffisante pour le système d'irrigation, deux options s'offrent à nous :

- **La réalisation d'un second forage**, avec un débit unitaire supérieur à 5 m³/h,
- **Ou le captage de l'eau à partir du lac de N'Gattakro**, situé à environ **1,5 km à vol d'oiseau** du périmètre aménagé.

Dans l'hypothèse d'une plage de pompage quotidien de **18 heures**, il serait nécessaire de disposer d'une ressource capable de fournir un **débit minimal de 3 m³/h**, que ce soit à travers un forage unique ou un système de prélèvement depuis le lac.

Cette évaluation met en évidence la nécessité de renforcer l'approvisionnement en eau, condition essentielle à la viabilité du projet.



Figure 18: distance entre le lac et le site de ZATTA (Source : Google earth)

V.2.5.2 CAPSIKAN

Le forage existant sur le site présente un débit de **12 m³/h**, ce qui permet de couvrir largement les besoins en eau des cultures .

Dans l'hypothèse d'un temps de pompage journalier de **13 heures**, une pompe d'un débit de **5 m³/h** serait suffisante pour satisfaire l'ensemble des besoins hydriques quotidiens des plantes. La ressource disponible est **donc adéquate et adaptée** aux exigences du système d'irrigation.

V.2.6 Choix de la pompe

❖ CAPSIKAN

Après l'obtention de la HMT et du débit d'exploitation du forage, le site de CAPSIKAN sera équipé d'une pompe immergée **GRUNDFOS SP 14-6** d'un moteur triphasé **MS 402** d'une puissance de 1,5 kW. Les caractéristiques de la pompe choisie sont mentionnées dans le Tableau 11 et la Figure 19 pour le point de fonctionnement.

Tableau 11: caractéristiques de la pompe choisie

Caractéristiques de la pompe choisie						
Type de pompe	Moteur				Rendement de la pompe (%)	Rendement du moteur
GRUNDFOS	Type	Puissance (KW)	Tension nominale (V)	poids (Kg)	65%	75%
SP14-6	MS 402	1.5	3x400	20.2		

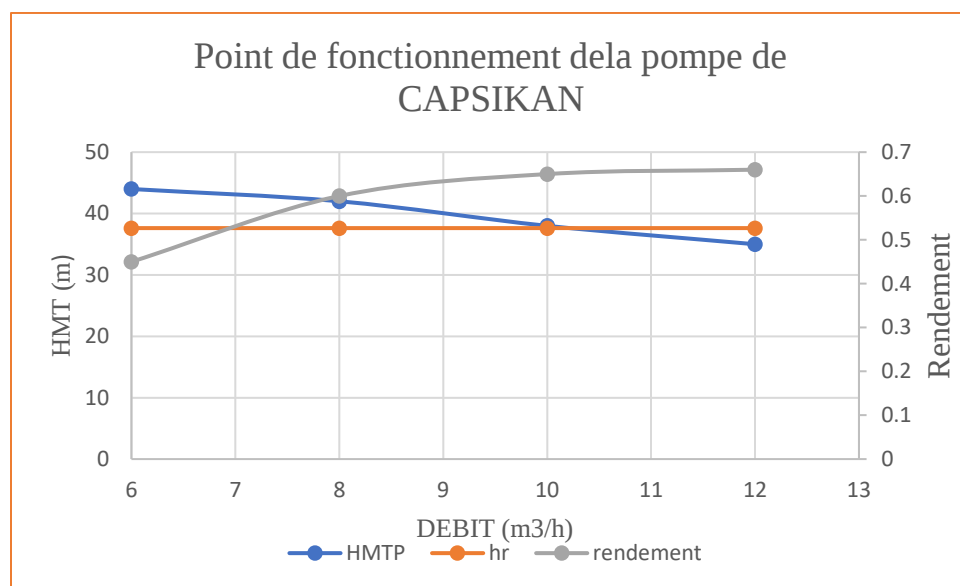


Figure 19: point de fonctionnement de la pompe de CAPSIKAN

❖ ZATTA

Le site de ZATTA sera équipé d'une pompe immergée pour le forage, ainsi que d'une pompe de surface pour le captage de l'eau du lac. La pompe sélectionnée pour l'équipement du forage est une GRUNDFOS SP 3A-15, associée à un moteur triphasé MS 402 d'une puissance de 1,1 kW. Ses caractéristiques techniques sont présentées dans le Tableau 12, ainsi que le point de fonctionnement correspondant Figure 20.

Tableau 12: caractéristiques de la pompe de ZATTA

Caractéristiques de la pompe choisie						
Type de pompe	Moteur				Rendement de la pompe (%)	Rendement du moteur(%)
GRUNDFOS	Type	Puissance (KW)	Tension nominale (V)	poids (Kg)	55%	65
SP3A-15	MS 402	1.1	3x400	14		

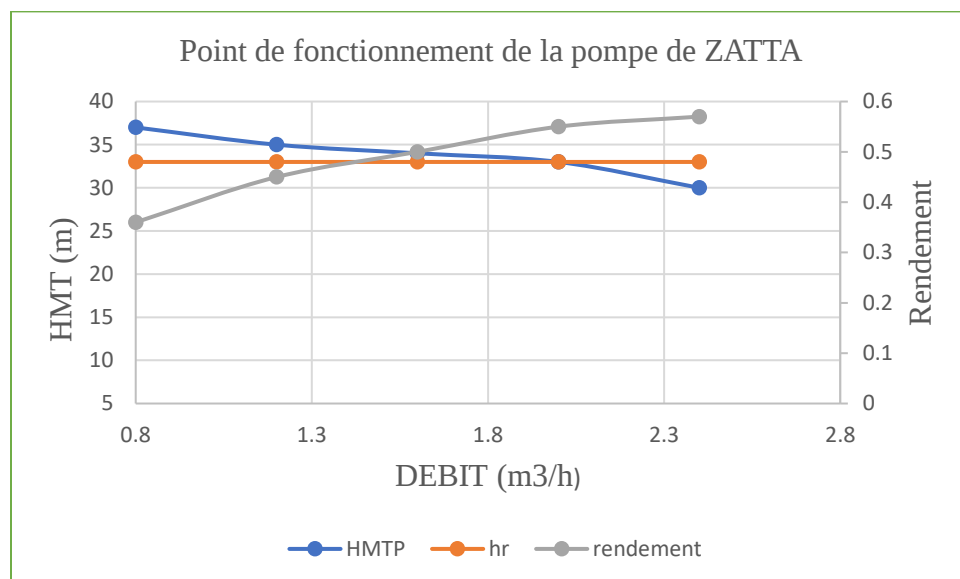


Figure 20: point de fonctionnement de la pompe de ZATTA

La pompe de surface sélectionnée est un modèle **LEROY SOMER LSMH9-4T**, d'une puissance nominale de **1,5 kW**. Ses principales caractéristiques techniques sont résumées dans le Tableau 13 ci-dessous, tandis que son point de fonctionnement, déterminé en fonction des exigences hydrauliques du système, est représenté à la Figure 21. Le débit au point de fonctionnement est de 11 m³/h avec une HMT de 28 mètres. (voir annexe 2)

Tableau 13: caractéristique de la pompe de surface de ZATTA

Caractéristique de la pompe choisie					
Type de pompe	Moteur				Rendement de la pompe (%)
	Code	Puissance (KW)	Tension nominale (V)	poids (Kg)	Rendement du moteur (%)
LEROY SOMER					69%
LSMH 9-4T	T152 PC 38	1.5	3x400	16.4	

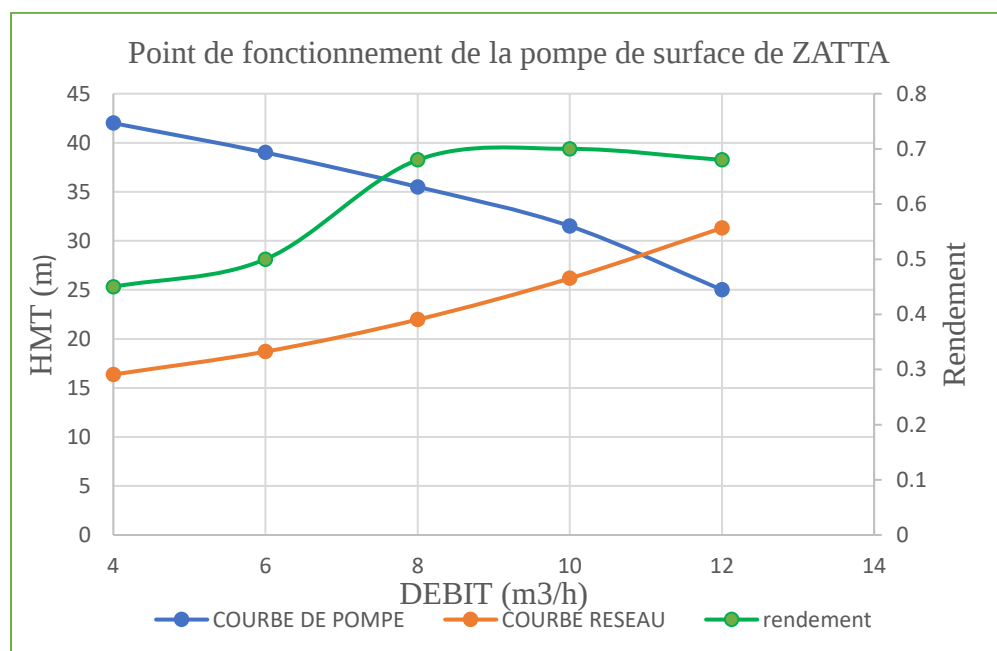


Figure 21 : point de fonctionnement de la pompe de surface de ZATTA

V.2.7 Source d'énergie

V.2.7.1 Energie solaire

A l'issu du dimensionnement de l'énergie solaire, nous obtenons une puissance crête de 4,18 kWc pour le suppresseur et 4,18 kWc pour la pompe immergée soit 10 panneaux pour le suppresseur et 10 panneaux pour la pompe immergée. Ce qui faire un total de 20 Panneaux de 445 Wc par panneau pour le site CAPSIKAN. Nous retiendrons les mêmes valeurs pour le site de ZATTA. (Voir annexe 3 pour les caractéristique du dimensionnement). Les 20 panneaux solaires de 445 Wc chacun sont

configurés en deux strings de 10 panneaux montés en série, les deux chaînes étant ensuite connectées en parallèle pour assurer une puissance totale de 8 900 Wc, avec une tension de fonctionnement de 415 V et un courant de 21,4 A.

V.2.7.2 Energie thermique

La puissance électrique absorbée par le moteur étant inférieure à 20 kW, le dimensionnement du groupe électrogène a été réalisé à l'aide de la formule proposée par Schiller, Royer, Djiako et Sy (1998). Il en résulte le choix d'un groupe électrogène de marque FG Wilson, modèle P16.5-6S, d'une puissance nominale de 15 kVA. Les caractéristiques sont en **annexe 3**.

V.2.8 Disposition du système d'irrigation

Le système d'irrigation goutte-à-gouttemis en place pour le projet repose sur une organisation hiérarchisée et fonctionnelle, assurant une distribution efficace de l'eau à chaque serre, tout en optimisant les pertes et en facilitant la maintenance. Il se compose des éléments suivants :

V.2.8.1 Source d'eau et Salle de contrôle

L'eau est prélevée depuis le forage, puis dirigée vers polytank. Le système est doté :

- d'une **pompe immergé fonctionnant avec l'énergie solaire**,
- d'un **filtre principal** pour éliminer les particules en suspension située en amont de chaque serre, et après le supprimeur (voir figure 10)
- d'un **manomètre** pour le contrôle de la pression,
- d'un **débitmètre** pour la vérification des volumes d'eau distribués,
- un supprimeur alimenté par énergie solaire
- et éventuellement d'un système **d'injection d'engrais** (fertigation) par venturi placé en amont de chaque serre.



Figure 22:disposition des batteries pour l'énergie solaire(source : Lucien KOFFI lors de la visite chantier)



Figure 23: image du supprimeur pour la gestion de la pression (source : Lucien KOFFI lors de la visite chantier)

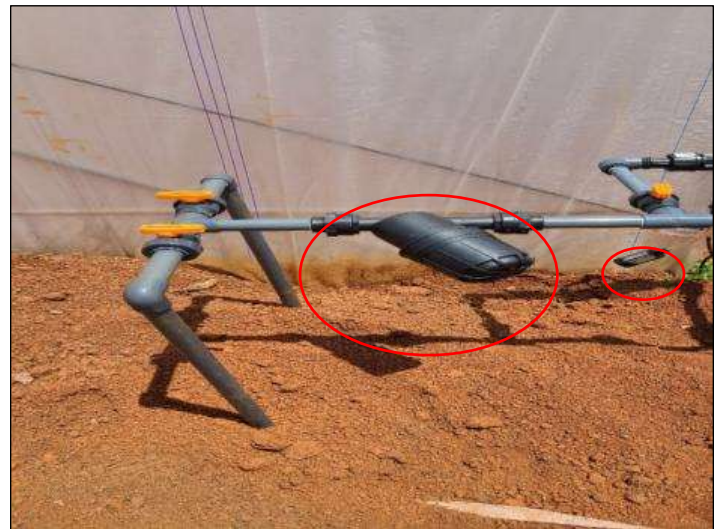


Figure 24: filtre et venturi (source : Lucien KOFFI lors de la visite chantier)

V.2.8.2 Conduite de transport

Depuis la station de pompage, une conduite principale PE achemine l'eau vers les différentes serres. Cette conduite est enterrée à une profondeur de 50 cm. Elle dessert une ligne de distribution principale sur laquelle sont connectées les conduites secondaires vers chaque serre.

V.2.8.3 Conduites secondaires (ou conduites primaires par serre)

Chaque unité parcellaire est desservie par une conduite secondaire qui alimente les lignes de rampes goutte à goutte. Un porte-rampe est installé à l'entrée de chaque serre, équipé de :

- ✚ d'un robinet de sectionnement (vanne),
- ✚ d'un filtre secondaire.

V.2.8.4 Rampes d'irrigation

À l'intérieur de chaque serre, des rampes goutte-à-goutte sont installées parallèlement sur toute la largeur (cf Annexe 10):

- ✚ **Espacement entre rampes** : 1,0 m
- ✚ **Nombre de rampes par serre** : 9
- ✚ Chaque rampe est constituée d'un tuyau souple avec goutteurs intégrés.

V.2.8.5 Goutteurs

Le choix des goutteurs est basé sur les besoins hydriques de la tomate et les caractéristiques de la fibre de coco :

- **Type** : goutteurs intégrés ou auto-régulant (pour une pression uniforme),
- **Débit unitaire** : 2 L/h,
- **Espacement entre goutteurs** : 40 cm,
- **Nombre de goutteurs par plante** : 1.

V.2.8.6 Système de drainage

Chaque sachet de culture (substrat de fibre de coco) est percé à la base pour permettre le drainage de l'excès d'eau. Un système de collecte (rigoles ou tuyaux) est prévu à la sortie de chaque serre pour évacuer les eaux de drainage.

V.2.8.7 Commande et automatisation

Le système peut fonctionner manuellement ou être automatisé via :

- **Programmateurs d'irrigation,**
- **Capteurs d'humidité ou d'humectation du substrat,**
- **Système solaire** avec régulation intelligente.

Le système peut fonctionner de manière automatique grâce à l'intégration de **capteurs** (d'humidité, de température, de pH, de conductivité électrique – EC), **d'actionneurs** (électrovannes, pompes, relais), et d'un **microcontrôleur ou automate programmable** (comme Arduino, Raspberry Pi ou un automate industriel). Les capteurs collectent en temps réel les données sur l'environnement de culture. Par exemple, un capteur EC déclenche l'injection automatique de solution nutritive lorsque la concentration baisse sous un seuil prédéfini, tandis qu'un capteur d'humidité ou de substrat peut déclencher l'irrigation selon les besoins. La régulation de la température et de l'humidité intérieures peut également être assurée par des systèmes motorisés d'ouverture de fenêtres latérales ou de ventilation forcée, activés automatiquement selon les valeurs relevées. De même, les **brumisateurs** peuvent être automatisés à l'aide de **capteurs de température et d'humidité relative**. Lorsque la température dépasse un seuil critique ou que l'humidité descend en dessous d'un niveau optimal, une électrovanne s'ouvre automatiquement pour activer les brumisateurs. Cela permet de rafraîchir rapidement l'atmosphère interne de la serre, particulièrement en milieu de journée, et de maintenir un microclimat favorable aux cultures, sans gaspillage d'eau.

Toutes ces opérations peuvent être programmées et pilotées à distance via une interface mobile ou un ordinateur, à l'aide d'un **système intelligent de gestion** tel que **l'AgriSmart Controller**.

Gestion de la température dans les serres tunnels

Lors des visites de terrain, une température excessive a été constatée à l'intérieur des serres tunnels implantées sur le site. Cette chaleur accrue, notamment durant les heures les plus chaudes de la journée, nuit au développement des cultures comme la tomate, en provoquant un stress thermique important pouvant réduire la floraison, la fructification et la qualité des récoltes.

Les serres tunnels, bien qu'économiques et faciles à mettre en œuvre, présentent souvent une ventilation naturelle limitée, surtout lorsqu'elles ne disposent pas d'ouvertures latérales ou faîtières suffisantes. Pour atténuer ce phénomène, nous utiliserons ces solutions suivantes :

- **Mise en place de filets d'ombrage** (40 à 50 % d'occultation) à l'intérieur ou au-dessus de la serre pour réduire l'entrée directe du rayonnement solaire.
- **Installation de systèmes de brumisation** à basse pression : ces systèmes abaissent la température ambiante par évaporation et améliorent le taux d'humidité.
- **Choix de films plastiques thermo-réflecteurs** (type anti-UV ou anti-infrarouge) comme couverture de serre afin de limiter l'accumulation de chaleur.

La mise en œuvre combinée de ces mesures permet d'améliorer le **microclimat intérieur des serres tunnels**, garantissant un environnement de culture plus stable, productif et durable. En plus de ces systèmes, des **capteurs d'humidité** seront installés dans les serres. Nous disposerons de 45 capteurs par serre. *Cf annexe 10*

VI. ETUDE DE COUT

L'étude des coûts portera sur l'évaluation des dépenses liées à la réalisation de la serre hydroponique et des équipements annexes, incluant les prestations du maître d'œuvre. Une simulation du chiffre d'affaires attendu pour les producteurs ainsi qu'une estimation de leurs charges d'exploitation seront également proposées. Ces éléments permettront de déterminer le bénéfice annuel et par conséquent, la Durée de Retour sur Investissement (DRI), afin d'évaluer la rentabilité économique du projet. Les coûts unitaires ont été estimés à partir des prix réels des intrants agricoles, des frais de fonctionnement du système hydroponique, des coûts de main-d'œuvre, ainsi que des charges fixes liées à l'exploitation de la serre.

VI.1 Coût estimatif du projet de ZATTA

Le résumé de l'évaluation des coûts est présenté dans le tableau ci-dessous : cf annexe 4.

Tableau 14: devis estimatif de l'aménagement de ZATA

Désignation	Coûts unitaires	Quantité	Coût total
Amené et repli	10 000 000	1	10 000 000
Terrassement	7 600 000	1	7 600 000
Fourniture et pose de la serre	10 000 000	10	100 000 000
Fourniture et pose des installations solaires	15 000 000	1	15 000 000
Fourniture et pose de brumisateur et filets d'ombrages	6 355 000	1	6 355 000
Fourniture et pose des capteurs	6 190 000	1	6 190 000
Fourniture et pose du système d'irrigation	7 659 500	1	7 659 500
Construction des aires de stockage	2 300 000	1	2 300 000
Fourniture et pose des pompes	22 000 000	1	22 000 000
Réalisation de forage	5 000 000	1	5 000 000
Maitrise d'œuvre	10 000 000	1	10 000 000
TOTAL HT			192 104 500

VI.2 Coût estimatif du projet de CAPSIKAN

Le résumé de l'évaluation des coûts est présenté dans le tableau ci-dessous : cf annexe 4.

Tableau 15: devis estimatif des travaux de l'aménagement de CAPSIKAN

Désignation	Coûts unitaires	Quantité	Coût total
Amené et repli	10 000 000	1	10 000 000
Terrassement	8 796 000	1	8 796 000
Fourniture et pose de la serre	10 000 000	15	150 000 000
Fourniture et pose des installations solaires	15 000 000	1	15 000 000
Fourniture et pose de brumisateur et filets d'ombrages	10 102 500	1	10 102 500
Fourniture et pose des capteurs	9 285 000	1	9 285 000
Fourniture et pose du système d'irrigation	10 000 000	1	10 000 000
Construction des aires de stockage	2 300 000	1	2 300 000
Fourniture et pose des pompes	7 000 000	1	7 000 000
Réalisation de forage	5 000 000	1	5 000 000
Maitrise d'œuvre	10 000 000	1	10 000 000
TOTAL HT			237 483 500

VI.3 Estimation de la durée de retour sur investissement

L'estimation du chiffre d'affaires a été réalisée à partir du rendement moyen (en considérant 2 cycles par an), en tenant compte des prix de vente appliqués à la production au niveau du champ (bord champ), dans une optique de prudence visant à intégrer les scénarios les plus défavorables. Parallèlement, les charges d'exploitation ont été évaluées selon une approche conservatrice, en considérant des hypothèses de coût majorées afin de couvrir les éventuelles fluctuations ou imprévus techniques. Le bénéfice annuel, défini comme la différence entre le chiffre d'affaires et les charges d'exploitation, a ensuite servi de base au calcul de la Durée de Retour sur Investissement (DRI), obtenue par le rapport entre l'investissement initial et le bénéfice annuel moyen.

Tableau 16: estimation du DRI ZATTA

ESTIMATION DU DRI ZATTA	
Chiffre d'affaire par an (FCFA)	53 100 000
Charge d'exploitation par an (FCFA)	14 000 000
Bénéfice net par an (FCFA)	39 100 000
Total investissement initial (FCFA)	192 104 500
Durée de Retour sur Investissement	5

Tableau 17: estimation du DRI DE CAPSIKAN

ESTIMATION DU DRI CAPSIKAN	
Chiffre d'affaire par an (FCFA)	79 650 000
Charge d'exploitation par an (FCFA)	21 000 000
Bénéfice net par an (FCFA)	58 650 000
Total investissement initial (FCFA)	237 483 500
Durée de Retour sur Investissement	4

Ainsi, ces investissements deviennent rentables à partir de la cinquième année d'exploitation pour le site de ZATTA, et dès la quatrième année pour celui de CAPSIKAN. Étant donné que la durée de vie des infrastructures est estimée à au moins vingt ans, il est possible d'affirmer que la réalisation de ce projet est économiquement viable et présente une rentabilité satisfaisante sur le long terme. (CHRISTIAN, 2019)

VII. NOTICE D'IMPACT ENVIRONNEMENTALE

Ce projet soumis à notre étude est de catégorie B de la listes travaux assujettie à une étude d'impact ou une notice d'impact environnementale et sociale. De ce fait ce projet sera soumis à une notice d'impact environnemental en vue de mieux maîtriser les aspects environnementaux du projet. Cf annexe 5.

VII.1 Identification des impacts

En fonction des activités à réaliser nous avons identifié et évalué les impacts suivants :

- ✚ Consommation d'eau souterraine via le forage
- ✚ Production d'effluents nutritifs (eau de drainage)
- ✚ Génération de déchets plastiques (emballages, tuyaux, films)
- ✚ Risque de pollution liée aux engrais et produits de traitement
- ✚ Modifications paysagères
- ✚ Impacts sociaux positifs : création d'emplois, formation, revenu local accru

VII.2 Mesure de prévention et d'atténuation

Pour la prévention et l'atténuation des impacts, les mesures suivantes seront prises :

- ✓ Installation d'un système de recyclage des solutions nutritives
- ✓ Gestion stricte des déchets plastiques et compostage des déchets organiques
- ✓ Formation du personnel à la manipulation des intrants
- ✓ Contrôle régulier de la qualité de l'eau
- ✓ Plantation de haies végétales autour de la serre pour atténuer l'impact visuel

VII.3 Suivi et surveillance environnementale

Un dispositif de suivi environnemental sera mis en place pour évaluer régulièrement les impacts et l'efficacité des mesures d'atténuation :

- ✓ Suivi trimestriel de la qualité de l'eau
- ✓ Enregistrement des volumes d'eau utilisés

- ✓ Rapport semestriel sur les déchets produits
- ✓ Évaluation sociale annuelle sur les impacts perçus par la population locale.

VIII. CONCLUSION

Dans le cadre de cette étude, nous avons entrepris la conception, le dimensionnement, l'analyse technico-économique et environnementale d'un projet d'aménagement de serres hydroponiques pour les cultures maraîchères sur deux sites distincts : ZATTA et CAPSIKAN. L'hypothèse de départ postulait qu'un tel aménagement, basé sur un système hors-sol performant, serait techniquement réalisable, économiquement rentable et respectueux de l'environnement dans le contexte agro-climatique local. Les résultats obtenus confirment pleinement cette hypothèse. Sur le plan technique, la serre permet d'atteindre un rendement de 5310 kg par serre de 500 m² et par cycle, démontrant l'efficacité du système hydroponique dans l'optimisation de la production maraîchère. D'un point de vue économique, les simulations montrent une rentabilité satisfaisante :

- Pour ZATTA, le chiffre d'affaires annuel est estimé à 53,1 millions FCFA, avec un bénéfice net de 39,1 millions FCFA et une Durée de Retour sur Investissement (DRI) de 5 ans ;
- Pour CAPSIKAN, les performances sont encore plus élevées, avec un chiffre d'affaires de 79,65 millions FCFA, un bénéfice net de 58,65 millions FCFA et une DRI ramenée à 4 ans.

Ces résultats indiquent que, malgré un investissement initial conséquent (entre 187 et 232 millions FCFA selon le site), le projet est économiquement viable sur le long terme, d'autant plus que la durée de vie des installations est estimée à 20 ans minimum. Sur le plan environnemental, l'étude a permis d'identifier les impacts potentiels liés à l'usage intensif de l'eau, aux déchets de substrats et aux consommations énergétiques. Toutefois, les mesures proposées dans le plan de gestion environnementale et sociale (PGES) permettent de maîtriser ces effets, assurant ainsi une intégration harmonieuse du projet dans son environnement.

Cependant, certaines questions nouvelles ont émergé au cours de l'étude, notamment :

- La gestion durable des résidus organiques issus du système hydroponique ;
- La nécessité d'un encadrement technique renforcé pour garantir une production continue et maîtrisée.

Face à ces constats, des perspectives d'amélioration peuvent être envisagées. Il s'agit notamment de mettre en place des dispositifs de recyclage des nutriments, et de développer un accompagnement technique local pour renforcer la capacité des producteurs. En définitive, nos résultats démontrent que la mise en œuvre de serres hydroponiques constitue une solution innovante, productive et durable pour répondre aux défis agricoles dans les régions ciblées, tout en garantissant un retour sur investissement convaincant pour les opérateurs.

IX. RECOMMANDATIONS ET PERSPECTIVES

Dans le cadre de la mise en œuvre d'un projet agro-hydroponique d'envergure, il est crucial de ne pas limiter l'intervention aux seules phases de conception et d'exécution. La réussite à long terme repose en grande partie sur la qualité du suivi, l'engagement des acteurs et l'anticipation des défis futurs. Ainsi, nous avons formulé des recommandations destinées à orienter les actions des principales parties concernées, notamment l'entreprise en charge de la réalisation et le maître d'ouvrage. Ces recommandations visent à garantir la durabilité :

➤ À l'attention de l'entreprise réalisatrice :

- Renforcer la qualité de mise en œuvre : Il est recommandé de veiller scrupuleusement à la qualité des matériaux et équipements utilisés, notamment pour les structures de serre, le système d'irrigation et les équipements hydroponiques, afin d'assurer la durabilité de l'investissement et de limiter les besoins en maintenance.
- Mettre en place un système de suivi post-installation : L'entreprise devra prévoir un dispositif de suivi technique et de maintenance pendant les premières années d'exploitation. Cela inclut la formation des exploitants, le contrôle des équipements, et des visites régulières de vérification de performance.
- Réduire les impacts environnementaux : L'entreprise devra appliquer rigoureusement le Plan de Gestion Environnemental et Social (PGES), notamment pour la gestion des effluents, la récupération des eaux usées et le recyclage des substrats.

À l'attention du maître d'ouvrage :

- Soutenir la formation continue des exploitants : Nous recommandons fortement de mettre en place un programme de formation continue et d'accompagnement technique au bénéfice des exploitants afin d'assurer une bonne maîtrise du système et d'optimiser les rendements. Et aussi réaliser une étude comparative entre le plein champ et le hors-sol en vue d'une adoption de l'hydroponique à l'échelle nationale ;
- Planifier une évaluation périodique des performances
- Faciliter l'accès au financement afin de permettre aux exploitants de renouveler les intrants, maintenir les installations et renforcer leur capacité de production.

Bibliographie

Ouvrages et articles

Abad M., Fornes F., Carrión C., Noguera V., Noguera P., Maquieira Á., & Puchades R. (2005). *Physical properties of various coconut coir dusts compared to peat.* HortScience, 40(7), 2138–2144.

BA, K. (2018) *Analyse climatique du nord ivoirien*. s.l., Revue Ivoirienne des Sciences et Technologies, 32, 55-68.

Banque africaine de Développement (2021) *Annual Report (2021) de la banque Africaine de developpement.*

DOUMBIA, (2025) *L'hydroponie comme solution agricole durable en Côte d'Ivoire.*

FAO (2021) *Diagnostic des filières maraîchères en zone nord de la Côte d'Ivoire.*

FAO (2021) *World Food and Agriculture – Statistical Yearbook 2021: Gross domestic product and agriculture value added 2013–2021.*FAO, Rome.

GLOBALTRT (2023) *Hydroponie en Afrique : retour vers une agriculture du Nil.*

INS (2015) *Repertoire des localité: région du TCHOLOGO.*

Iskander, F. (2021/2022) *Etude et conception d'une serre agricole autonome*.

KOUAKOU, K. F. J et KOUASSI K. G. (2024) *CHANGEMENT CLIMATIQUE EN CÔTE D'IVOIRE : IMPACT SUR LES SYSTÈMES CULTURAUX ET RÉSILIENCE PAYSANNE (1970 À LA FIN DES ANNÉES 1990).*

KEITA, A. (2008) *cours localized irrigation v2.21.* s.l., Ouagadougou: 2ie., .

PARE, C. (2019) *ETUDE D'AVANT PROJET DETAILLE DE CONCEPTION D'UN BARRAGE ET D'UN AMENAGEMENT HYDRO-AGRICOLE DANS LE VILLAGE DE GOUPANA.*

Rurale Direction de l'Hydraulique (2020) *Cartographie des forages et ressources hydriques du nord de la Côte d'Ivoire*.

Sami, L. F. (2023) *Conception et développement d'un système hydroponique a base de l'IOT.*

SUCAF. (2022) *Rapport annuel de production agricole.*

Yao, K. (2019) *Typologie des sols du nord ivoirien et potentiel agricole.* s.l., Revue Géosciences et Environnement, 12(2), 88-101.

SITE INTERNET

9.5-4 Diesel Generator Set—FG WILSON - Catalogue PDF | Documentation technique | Brochure. (s. d.), à l'adresse <https://pdf.directindustry.fr/pdf/fg-wilson/95-4-diesel-generator-set/19697-598189.html> Consulté 29 mai 2025

Etude-et-conception-dune-serre-agricole-autonome.pdf. (s. d.), à l'adresse <https://biblio.univ-annaba.dz/ingeniorat/wp-content/uploads/2023/07/Etude-et-conception-dune-serre-agricole-autonome.pdf> Consulté 21 février 2025

Fief de la tomate dans le Bélier, le village de ZATTA en perte de production à cause de la sécheresse (Feature)—Abidjan.net News. (s. d.), à l'adresse <https://news.abidjan.net/articles/580873/fief-de-la-tomate-dans-le-belier-le-village-de-ZATTA-en-perte-de-production-a-cause-de-la-secheresse-feature> Consulté 24 février 2025

Filtre Pour Irrigation Goutte À Goutte-filtre À Tamis Prix D'usine 120 Mesh Bonne Qualité Pour L'agriculture Et Le Jardinage—Buy Irrigation Screen Mesh Water Filter sand Filter For Drip Irrigation System farm Irrigation Filter water Filtration System watering Irrigation Filter plastic Irrigation Filter mesh Filter Element Product on Alibaba.com. (s. d.). french.alibaba.com., à l'adresse <https://french.alibaba.com/product-detail/Drip-Irrigation-Filter-Screen-Filter-Factory-1601055428996.html> Consulté 9 juin 2025

Les cultures hors-sol : Avantages et inconvénients—AgriMaroc.ma. (s. d.), à l'adresse <https://www.agrimaroc.ma/la-technique-des-cultures-hors-sol-avantages-et-inconvenients/> Consulté 25 février 2025.

ANNEXES

SOMMAIRE DES ANNEXES

ANNEXES	vii
Annexe 1 : Résultat du dimensionnement final	viii
Annexe 2 : dimensionnement des pompes	ix
Annexe 3 : Dimensionnement des panneaux solaires et du groupe électrogène.....	x
Annexe 4 : devis estimatif des travaux.....	xiii
Annexe 5 : liste des travaux assujettie à une EIES ou NIES.....	xvii
Annexe 6 : plan de la serre choisie.....	xviii
Annexe 7 : Caractéristiques du Goutteur	xix
Annexe 8 : caractéristiques du substrat de fibre de coco	xx
Annexe 9 : Calcul des besoins et programme d'irrigation hebdomadaire	xxi
Annexe 10 : système de brumisation, Filet d'ombrage, Capteurs et Plan du Réseau	xxiv

Annexe 1 : Résultat du dimensionnement final

Tableau 18 : résultat du dimensionnement final de CAPSIKAN

Longueur parcelle brute	150	m
Largeur parcelle brute	50	m
Surface parcelle brute	7500	m ²
Surface parcelle net	6375	m ²
Facteur pour le calcul de parcelle net	0.85	
Largeur parcelle net	47	m
Longueur parcelle net	135	m
qemit	2	l/h
Espacement goutteur	0.4	m
Espacement rampe	1	m
Pluviométrie des goutteurs	5	mm/h
Ts	5.82714286	h
Nombre de postes	135	
Nombre de rampes simultanées	18	
Nombre de goutteurs par rampe	118	
Débit par rampe	0.06555556	l/s
Nsh	4	
Tour d'eau	4	jours
Nombre de rampes par porte-rampe	9	
Débit par porte rampe	1.31	l/s
Nombre de portes-rampe simultanés	2	
Débit de la conduite primaire et secondaire	2.36	l/s
Débit de la conduite de transport	2.36	l/s

Tableau 19: résultat du dimensionnement final de ZATTA

Longueur parcelle brute	100	m
Largeur parcelle brute	50	m
Surface parcelle brute	5000	m ²
Surface parcelle net	4375	m ²
Facteur pour le calcul de parcelle net	0.85	
Largeur parcelle net	47	m
Longueur parcelle net	90	m
qemit	2	l/h
Espacement goutteur	0.4	m
Espacement rampe	1	m
Pluviométrie des goutteurs	5	mm/h
Ts	5.308	h

Nombre de postes	90	
Nombre de rampes simultanées	18	
Nombre de goutteurs par rampe	118	
Débit par rampe	0.06555556	l/s
Nsh	3	
Tour d'eau	4	jours
Nombre de rampes par porte-rampe	9	
Débit par porte-rampe	1.31	l/s
Nombre de portes-rampe simultanés	2	
Débit de la conduite primaire et secondaire	2.36	l/s
Débit de la conduite de transport	2.36	l/s

Annexe 2 : Dimensionnement des pompes

Tableau 20: dimensionnement de la pompe de CAPSIKAN

Q (m ³ /h)	6	8	10	12
HMTP (m)	44	42	38	35
Hgeo (m)	34.63	34.63	34.63	34.63
ΔH (m)	1.15	2.04	3.19	4.59
HR (m)	35.78	36.67	37.82	39.22
Rendement	0.45	0.6	0.65	0.66

Tableau 21: dimensionnement de la pompe de ZATTA

Q (m ³ /h)	0.8	1.2	1.6	2	2.4
HMTP (m)	37	35	34	33	30
Hgeo (m)	33	33	33	33	33
ΔH (m)	0.03	0.06	0.10	0.16	0.24
HR (m)	33.03	33.06	33.10	33.16	33.24
Rendement	0.36	0.45	0.5	0.55	0.57

Tableau 22: dimensionnement de la pompe de surface de ZATTA

Q (m ³ /h)	4	6	8	10	12
HMTP (m)	42	39	35.5	31.5	25
Hgeo (m)	14.5	14.5	14.5	14.5	14.5
ΔHasp (m)	0.016098395	0.03622139	0.06439358	0.100614972	0.14488556
ΔHref (m)	1.851315476	4.16545982	7.4052619	11.57072172	16.6618393
Hr (m)	16.36741387	18.7016812	21.9696555	26.1713367	31.3067248
rendement	0.45	0.5	0.68	0.7	0.68

Annexe 3 : Dimensionnement des panneaux solaires et du groupe électrogène

Tableau 23 : dimensionnement panneaux solaires

LES DONNEES DE BASE		
Q (m ³ /h)		10
HMT (m)		40
Rend pompe (m)		0.65
Rend batterie (m)		0.9
Rend onduleur (m)		0.95
Geffe (radiation)		4.5
Puissance hydraulique fournie par la pompe		
ρ	Kg/m ³	1000
g	(m/s ²)	9.81
Ph (puissance électrique	(KW)	1.677
Puissance absorbée par le moteur		
Pm	kW	2.2358974
Durée de fonctionnement		6
Energie quotidienne	(kW)	13.4153846
Les batteries		
V batterie	48	V
Capacité de batterie		
Cbatt	0.27948718	
Profondeur de décharge	0.05	
Cbatt/final	0.29346154	
Cbatt Ah	293.461538	
Nombre de Batteries		
choix du batterie (V)	12	200
Nbat en série	4	
Ngroupe en parallèle	2	
Nbat	0.73365385	
NBATTERIES TOTAL	4	
Champ photovoltaïque		
PV	3.48677963	kWc
coef	1.2	
Ppv	4.18413555	kWc
Puissance 1 PANNEAU	445	Wc

Nombre de panneaux		
Npanneaux	9.4025518	
Nombre de Panneaux retenus	10	



www.FGWilson.com

P16.5-6S

Puissances

Tension, Fréquence	Continue	Secours
230V, 50 Hz	15,0 kVA / 15,0 kW	16,5 kVA / 16,5 kW
240V, 60 Hz	17,6 kVA / 17,6 kW	19,4 kVA / 19,4 kW

Puissance sous Cos Phi 1,0

Veuillez consulter la fiche technique des puissances pour connaître les puissances des groupes électrogènes selon la tension.

Puissance continue

Ces puissances s'appliquent à la fourniture d'énergie électrique continue (à une charge variable) en lieu et place du secteur. Aucune limitation du nombre d'heures de fonctionnement par an ; ce modèle peut assurer une surcharge de 10 % pendant une heure toutes les douze heures.

Puissance secours

Ces puissances s'appliquent à la fourniture d'énergie électrique continue (à une charge variable) en cas de panne du secteur. Aucune surcharge n'est permise sur ces puissances. L'alternateur sur ce modèle est classé selon la puissance continue de pointe (définition ISO 8528-3).

Conditions de référence standard

Remarque : Conditions de référence standard : température d'air en entrée 25°C (77°F) humidité relative 30 % à 100 m (328 ft) au-dessus du niveau de la mer.

Données de consommation de carburant à pleine charge avec un fioul de densité 0,85 (BS 2869: 1998, classe A2).

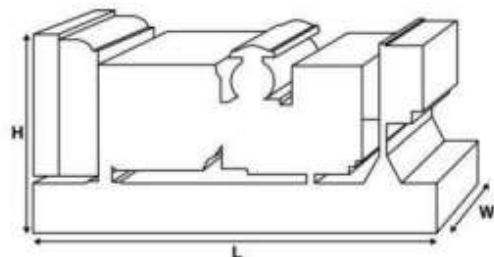


Image à titre d'illustration uniquement

Valeurs nominales et performance

Marque et modèle de moteur:	Perkins® 404D-22G	
Alternateur fabriqué pour FG Wilson par:	Leroy Somer	
Modèle alternateur:	LLBT114M	
Tableau de commande:	DCP-10	
Type de Châssis:	Acier robuste	
Type/calibre du disjoncteur:	Tripolaire MCB	
Fréquence:	50 Hz	60 Hz
Vitesse moteur : tr/min	1500	1800
Capacité du réservoir carburant: (gallons)	66 (17,4)	
Consommation de carburant: l/h (galons/h) (Charge 100%)		
- Continue	4,9 (1,3)	5,7 (1,5)
- Secours	5,5 (1,5)	6,3 (1,7)

Options disponible

FG Wilson propose une gamme d'accessoires en option pour adapter nos groupes électrogènes à vos besoins. Ces options comprennent :

- l'amélioration pour la certification CE
- une vaste gamme de capots insonorisés
- divers coffrets de commande et de synchronisation pour les groupes électrogènes
- des alarmes et des dispositifs d'arrêt supplémentaire

Pour obtenir plus d'informations sur tous les accessoires de base et en option pour ce produit, veuillez contacter votre concessionnaire local ou vous rendre sur : www.FGWilson.com

Dimensions et poids

Longueur (L) mm (in)	Largeur (W) mm (in)	Hauteur (H) mm (in)	Net kg (lb)	Brut kg (lb)
1500 (59,1)	620 (24,4)	1115 (43,9)	447 (985)	454 (1001)

Net = Avec huile

Brut = Avec huile et liquide de refroidissement

Spécifications conformes aux normes ISO 8528, ISO 3046, CEI 60034, BS 3000 et NEMA MG-1. Le groupe électrogène photographié peut inclure des accessoires en option.

Figure 1 : caractéristique du groupe électrogène

Annexe 4 : devis estimatif des travaux

DEVIS ESTIMATIF POUR SITE DE ZATTA				
Désignation	Unité	Coûts unitaires (FCFA)	Quantité	Coût total (FCFA)
Amené et repli		10 000 000	1	10 000 000
Terrassement				0
Débroussaillage des arbres	FF	400 000	1	400 000
Terrassement et compactage du périmètre	FF	3 000 000	1	3 000 000
Piste d'accès	ml	1000	200	200 000
Excavation pour les conduites	ml	800	5000	4 000 000
Sous total Terrassement				7 600 000
Fourniture et pose de la serres				
Fondation des serres	FF	2 000 000	10	20 000 000
Installation du support métallique et du film plastique	FF	8 000 000	10	80 000 000
Sous total Fourniture et pose de la serres		10 000 000	10	100 000 000
Fourniture et pose de brumisateurs et filets d'ombrage				
Fourniture et pose de brumisateurs	u	1 140 000	5	5 700 000
Fourniture et pose des filets d'ombrage	u	65 500	10	655 000
Sous total fourniture et pose des brumisateurs et filets d'ombrage				6 355 000
Fourniture et pose des capteurs				
Fourniture et pose des capteurs d'humidité	u	13 200	450	5 940 000
Fourniture et pose des capteurs de température	u	25 000	10	250 000
Sous total de fourniture et pose des capteurs				6 190 000
Fourniture et pose des installations solaires et du groupe électrogène	FF	15 000 000	1	15 000 000
Fourniture et pose du système d'irrigation				
Installation des conduites	ml	500	5000	2 500 000
Installation kit goutteur et filtres	u	300	10620	3 186 000
Installation du polytank et support	FF	1973500	1	1 973 500

Sous total Fourniture et pose du système d'irrigation				7659500
Construction des aires de stockage				
Construction du local technique	FF	900 000	1	900 000
Magasins de stockage du matériels et des produits agricoles	FF	1 400 000	1	1 400 000
Sous total Construction des aires de stockage		2 300 000	1	2 300 000
Fourniture et pose de la pompe				
Pose de la pompe immergée	FF	5 000 000	1	5 000 000
Pose du supprimeur	FF	2 000 000	1	2 000 000
Pompe de surface	FF	15 000 000	1	15 000 000
Sous total Fourniture et pose de la pompe				22 000 000
Implantation et réalisation de forage				
Implantation	u	500 000	1	500 000
Réalisation de forage et essaie de pompage	u	4 500 000	1	4 500 000
Sous total implantation et réalisation de forage				5 000000
Maîtrise d'œuvre		10000000	1	10000000
Total HT				192 104 500

DEVIS ESTIMATIF POUR LE SITE DE CAPSIKAN				
Désignation	Unité	Coûts unitaires (FCFA)	Quantité	Coût total (FCFA)
Amené et repli		10 000 000	1	10 000 000
Terrassement				0
Débroussaillage des arbres	FF	400 000	1	400 000
Terrassement et compactage du périmètre	FF	3 000 000	1	3 000 000
Piste d'accès	ml	1000	200	200 000
Excavation pour les conduites	ml	800	6495	5 196 000
Sous total Terrassement				8796 000
Fourniture et pose de la serres				
Fondation des serres	FF	2 000 000	15	30 000 000
Installation du support métallique et du film plastique	FF	8 000 000	15	120 000 000
Sous total Fourniture et pose de la serres		10 000 000	15	150 000 000
Fourniture et pose de brumisateurs et filets d'ombrage				
Fourniture et pose de brumisateurs	u	1 140 000	8	9 120 000
Fourniture et pose des filets d'ombrage	u	65 500	15	982 500
Sous total fourniture et pose des brumisateurs et filets d'ombrage				10 102 500
Fourniture et pose des capteurs				
Fourniture et pose des capteurs d'humidité	u	13200	675	8 910 000
Fourniture et pose des capteurs de température	u	25 000	15	375 000
Sous total de fourniture et pose des capteurs				9 285 000
Fourniture et pose des installations solaires et du groupe électrogène	FF	15 000 000	1	15 000 000
Fourniture et pose du système d'irrigation				
Installation des conduites	ml	500	6495	3 247 500
Installation kit goutteur et filtres	u	300	15930	4 779 000
Installation du polytank et support	FF	1973500	1	1 973 500
Sous total Fourniture et pose du système d'irrigation		10 000 000	1	10 000 000
Construction des aires de stockage				
Construction du local technique	FF	900 000	1	900 000

Magasins de stockage du matériels et des produits agricoles	FF	1 400 000	1	1 400 000
Sous total Construction des aires de stockage		2 300 000	1	2 300 000
Fourniture et pose de la pompe				
Pose de la pompe immergée	FF	5000000	1	5 000 000
Pose du supprimeur	FF	2000000	1	2 000 000
Sous total Fourniture et pose de la pompe				7 000 000
Implantation et réalisation de forage				
Implantation	u	500 000	1	500 000
Réalisation de forage et essaie de pompage	u	4 500 000	1	4 500 000
Sous total implantation et réalisation de forage				5 000000
Maîtrise d'œuvre		10000000	1	10 000 000
Total HT				237 483 500

Annexe 5 : liste des travaux assujettie à une EIES ou NIES

Liste des Travaux, Ouvrages, Aménagements, Activités et Documents de planification assujettis à une Etude et ou Notice d'impact sur l'environnement			
Secteur d'activités	Catégorie A	Catégorie B	Catégorie C
I-EAU	- grands barrages et retenues d'eau hauteur de la digue >10m ; - Alimentation en eau potable des centres urbains ; -Irrigation et drainage (superficie > 200ha) ; - Travaux de dérivation et de détournement de cours d'eau. ; - Travaux de canalisation de cours d'eau (avec revêtement)	- Petits barrages et retenues d'eau (hauteur de la digue comprise entre 3 et 10 m) ; - Alimentation en eau potable des centres semi-urbains ; - Irrigation et drainage (superficie inférieur à 200 ha); - Schéma directeur d'aménagement et de gestion des eaux (SDAGE) ; - Schéma d'aménagement et de gestion des eaux (SAGE) ; - Plan d'Action/Eau ; Travaux d'aménagement de	- Petits barrages et retenues d'eau (hauteur de la digue inférieure à 3 m) ; - Alimentation en eau potable des centres ruraux ; - travaux de dragage ou curage de cours d'eau et d'étendues d'eau ; - Travaux de stabilisation des berges de cours d'eau ; -Travaux d'aménagement de cours d'eau ; - Travaux d'entretien et de grosses réparations ; - Travaux de conservation des eaux et des sols

Annexe 6 : plan de la serre choisie

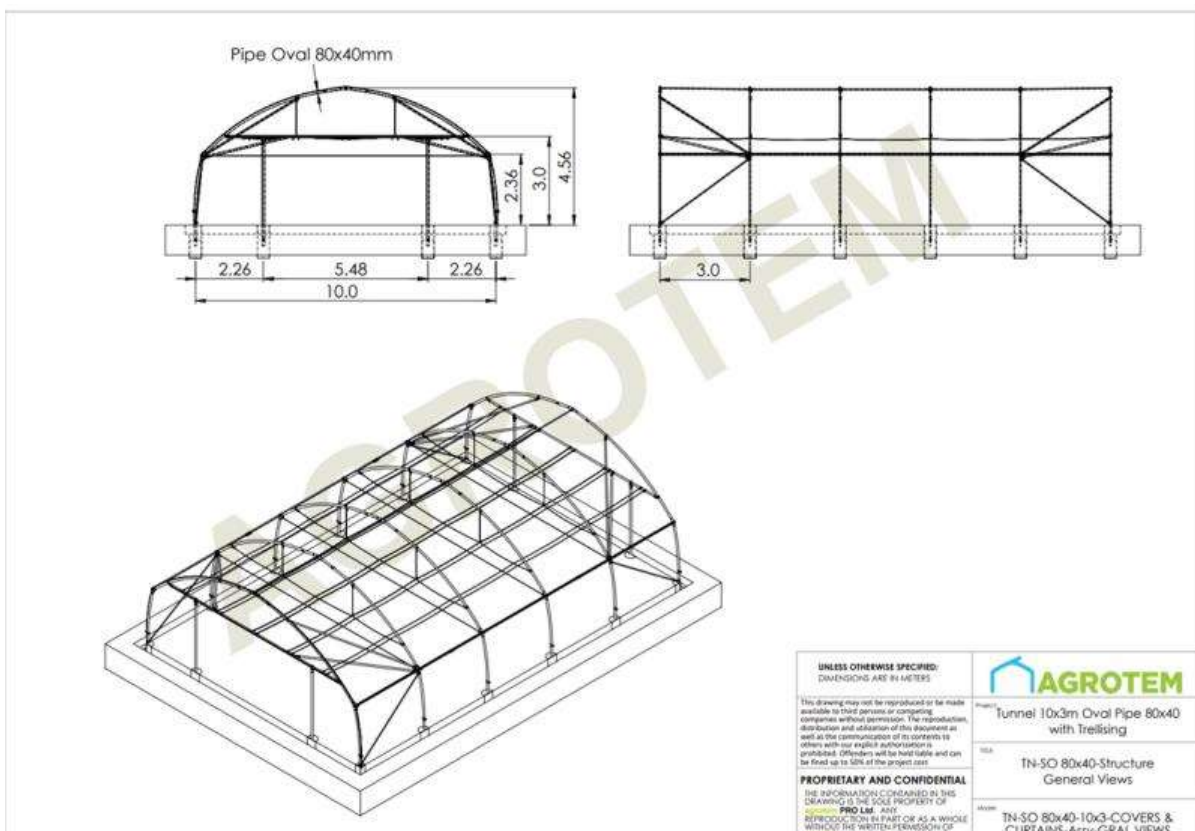
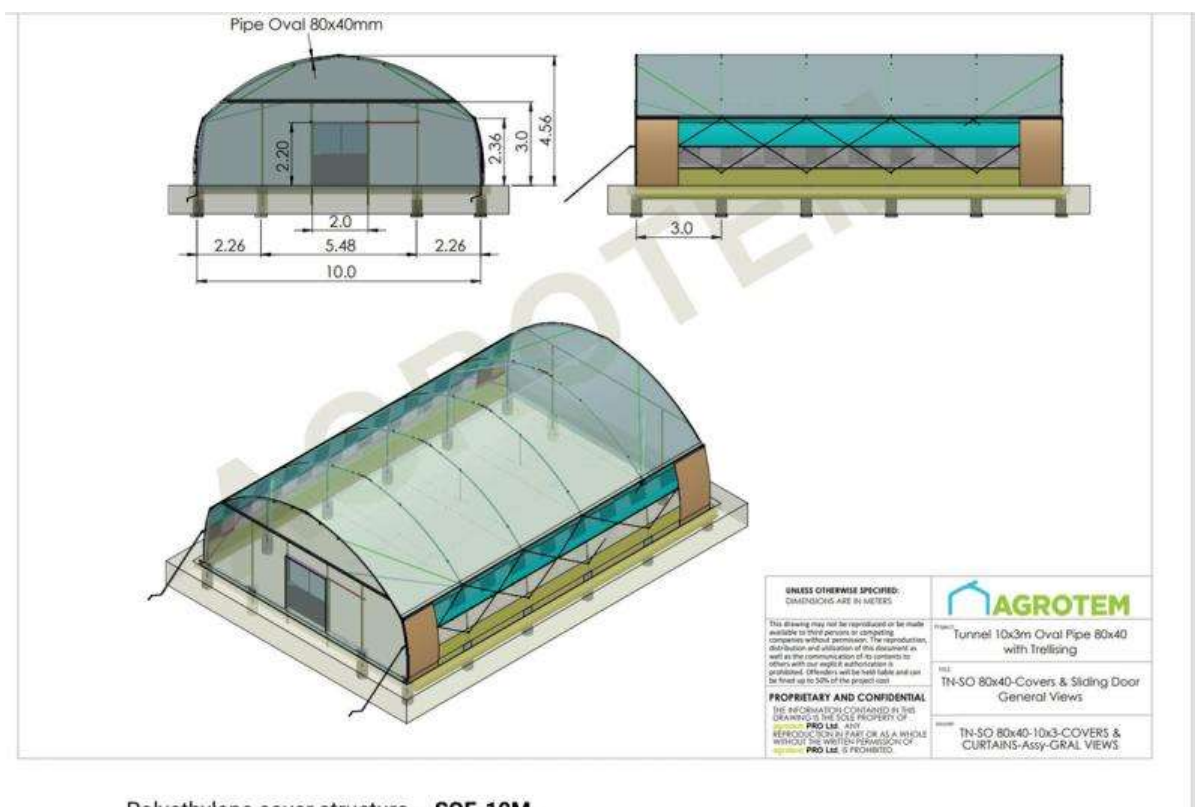


Figure 2: plan de la serre tunnel : source Agroteam

Annexe 7 : Caractéristiques du Goutteur

SYSTEME GOUTTEUR SORTIE LISSE ET MANIFOLDS (MULTI-SORTIES)									
GOUTTEURS PC CNL AUTOREGULANTS AUTONETTOYANTS ANTI-VIDANGE									
l/h	2,0	3,0	4,0	6,0	8,5	12,0			
0,15 b	21020-001300 CNL2	-	21020-001400 CNL4	-	21020-001500 CNL8	-	1,0 - 4 b	1	0,58
0,40 b	-	21060-001000 CNL3	-	21060-001200 CNL6	-	21060-001300 CNL12	1,4 - 4 b	1	0,58
Hors montage sur tube porteur : voir chapitre négoce page 23 à 25									
GOUTTEURS PCJ CNL SORTIE LISSE AUTOREGULANTS AUTONETTOYANTS ANTI-VIDANGE									
l/h	1,2	2,0	3,0	4,0	8,0	12,0			
0,12 b	-	-	-	-	21520-001700 PCJLCNL8SL	21520-001770 PCJLCNL12SL	0,7 - 4 b	1	0,30
0,18 b	21520-004000 PCJHCNL1SL	21520-004300 PCJHCNL2SL	21520-004600 PCJHCNL3SL	21520-004900 PCJHCNL4SL	-	-	1,5 - 4 b	1	0,30
Hors montage sur tube porteur : voir chapitre négoce page 23 à 25									

Figure 3: caractéristiques du goutteur choisi

Annexe 8 : caractéristiques du substrat de fibre de coco

Coco SOL Pour une agriculture saine, rentable et respectueuse de l'environnement

FICHE TECHNIQUE

Produit: FIBRES DE COCO

Désignation et caractéristiques	Conditionnement
Substrat de coco (nom commercial : COCOSOL Plantation ou médium) - Substrat de coco – Produits végétaux NF U 44551 - Grade : Type 20 (fibre de longueur comprise entre 0 à 20mm idéale pour les pépinières de culture pérennes) - pH compris entre 6,5 à 6,8 - Densité = 0,12kg / litre - Taux d'humidité ≤ 17% - CE ≤ 0,1 mS/cm (taux de salinité très bas et garanti) - Matière organique sèche = 89,47% - Taux de Na = 0,102 mg Na/g - Capacité de rétention en eau : 150 à 300% du poids	80 Litres
Tourbe de coco (nom commercial : COCOSOL Pépinière ou fine ou Peat) - Tourbe de coco – Produits végétaux NF U 44551 - Grade : 100% poussière de coco avec quelques traces de fibres. - pH compris entre 6,5 à 6,8 - Densité = 0,20kg / litre - Taux d'humidité ≤ 17% - CE ≤ 0,1 mS/cm (taux de salinité très bas et garanti) - Matière organique sèche = 89,47% - Taux de Na = 0,102 mg Na/g - Capacité de rétention en eau : 150 à 300% du poids	80 Litres

Fait à Abidjan, le 27 Septembre : 2024

Coco SOL
27 BP 707 ABJ 27
T: 06190101 / 03706866
Le Directeur Général

COCOSOL, SARL au capital de 1.000.000 FCFA, 27 BP 707 ABJ 27, Côte D'Ivoire.
N°CC 1409905 A - N°RCCM CI-ABJ-2014-B-5120 - Cpte ECOBANK N° CI 059 01034 221222536501
Tél: (225) 22433884 / 47843384 / 47842699 - Email: cocosol1@live.com - Skype: spaceman_4000

Figure 4: caractéristiques de la fibre de coco de COCOSOL

Annexe 9 : Calcul des besoins et programme d'irrigation hebdomadaire

PROGRAMME D'IRRIGATION HEBDOMADAIRE						
CAPSIKAN						
jour	LUNDI	MARDI	MERCREDI	JEUDI	VENDREDI	SAMEDI
SERRE 1						
SERRE 2						
SERRE 3						
SERRE 4						
SERRE 5						
SERRE 6						
SERRE 7						
SERRE 8						
SERRE 9						
SERRE 10						
SERRE 11						
SERRE 12						
SERRE 13						
SERRE 14						
SERRE 15						

PROGRAMME D'irrigation HEBDOMADAIRE						
ZATTA						
jour	LUNDI	MARDI	MERCREDI	JEUDI	VENDREDI	SAMEDI
SERRE 1						
SERRE 2						
SERRE 3						
SERRE 4						
SERRE 5						
SERRE 6						
SERRE 7						
SERRE 8						
SERRE 9						
SERRE 10						

CULTURE	MOIS	Dec	janv	fevr	mars	avril	mai	juin	juillet	août	septembre	octobre	novembre
TOMATE	ETO	4.09677419	4.61290323	5.46428571	5.19354839	5.03333333	4.51612903	3.96666667	3.5483871	3.51612903	3.83333333	3.96774194	4.16666667
	KC	0.6	1.15	1.15	1.09	0.8	0.6	1.15	1.15	1.09166667	0.8		
	KR	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9		
	ETMpeak	2.45806452	5.30483871	6.28392857	5.66962366	4.02666667	2.70967742	4.56166667	4.08064516	3.83844086	3.06666667		
	ETMloc	2.21225806	4.77435484	5.65553571	5.10266129	3.624	2.43870968	4.1055	3.67258065	3.45459677	2.76		
	Pe	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
	BN(besoin net)	2.21225806	4.77435484	5.65553571	5.10266129	3.624	2.43870968	4.1055	3.67258065	3.45459677	2.76		
	Ecw	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2		
	Max Ecw												
	LRt												
	LR	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
	Ea	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9		
	BB (besoin brut)	103.741935	189.145161	218.517857	200.08871	150.8	111.290323	166.85	152.419355	145.153226	122		
	BB (besoin brut) m3/ha	1037.41935	1891.45161	2185.17857	2000.8871	1508	1112.90323	1668.5	1524.19355	1451.53226	1220		
OIGNON	ETO	518.709677	945.725806	1092.58929	1000.44355	754	556.451613	834.25	762.096774	725.766129	610		
	KC	3.47	4.09	4.9	4.98	4.9	4.39	3.75	3.36	3.33	3.48	3.83	3.83
	KR	0.58	0.75	1.05	0.85	0.58	0.75	1.05	0.85				
	ETMpeak	2.02416667	3.0675	5.145	4.233	2.85833333	3.2925	3.9375	2.856				
	ETMloc	1.82175	2.76075	4.6305	3.8097	2.5725	2.96325	3.54375	2.5704				
	Pe	0	0	0	0	0	0	0	0				
	BN(besoin net)	1.82175	2.76075	4.6305	3.8097	2.5725	2.96325	3.54375	2.5704				
	Ecw	2											
	Max Ecw												
	LRt												
	LR	1	1	1	1	1	1	1	1				
	Ea	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9				
	BB (besoin brut)	90.725	122.025	184.35	156.99	115.75	128.775	148.125	115.68				
	BB (besoin brut) m3/ha	907.25	1220.25	1843.5	1569.9	1157.5	1287.75	1481.25	1156.8				
PIMENT	ETO	453.625	610.125	921.75	784.95	578.75	643.875	740.625	578.4				
	KC	3.47	4.09	4.9	4.98	4.9	4.39	3.75	3.36	3.33	3.48	3.83	3.83
	KR	0.6	1.15	1.15	1.05	0.85	0.6	1.15	1.15	1.05	0.85		
	ETMpeak	2.082	4.7035	5.635	4.233	2.94	5.0485	4.3125	2.856				
	ETMloc	1.8738	4.23315	5.0715	3.8097	2.646	4.54365	3.88125	2.5704				
	Pe	0	0	0	0	0	0	0	0				
	BN(besoin net)	1.8738	4.23315	5.0715	3.8097	2.646	4.54365	3.88125	2.5704				
	Ecw	2											
	Max Ecw												
	LRt												
	LR	1	1	1	1	1	1	1	1				
	Ea	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9				
	BB (besoin brut)	92.46	171.105	199.05	156.99	3.94	6.0485	5.3125	3.856				
	BB (besoin brut) m3/ha	924.6	1711.05	1990.5	1569.9	39.4	60.485	53.125	38.56				
CHOUX	ETO	462.3	855.525	995.25	784.95	19.7	30.2425	26.5625	19.28				
	KC	3.47	4.09	4.9	4.98	4.9	4.39	3.75	3.36	3.33	3.48	3.83	3.83
	KR	0.55	0.9	1.05	0.975	0.55	0.9	1.05	0.975				
	ETMpeak	1.9085	3.681	5.145	4.8555	2.695	3.951	3.9375	3.276				
	ETMloc	1.71765	3.3129	4.6305	4.36995	2.4255	3.5559	3.54375	2.9484				
	Pe	0	0	0	0	0	0	0	0				
	BN(besoin net)	1.71765	3.3129	4.6305	4.36995	2.4255	3.5559	3.54375	2.9484				
	Ecw	2						2					
	Max Ecw												
	LRt												
	LR	1	1	1	1	1	1	1	1				
	Ea	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9				
	BB (besoin brut)	87.255	140.43	184.35	175.665	110.85	148.53	148.125	128.28				
	BB (besoin brut) m3/ha	872.55	1404.3	1843.5	1756.65	1108.5	1485.3	1481.25	1282.8				
	BB (besoin brut) m3	436.275	702.15	921.75	878.325	554.25	742.65	740.625	641.4				
TOTAL des besoins		518.709677	945.725806	1092.58929	1000.44355	754	556.451613	834.25	762.096774	725.766129	610	0	

Figure 5 : calcul des besoins en eau des plantes de CAPSIKAN

CULTURE	MOIS	Dec	janv	fevr	mars	avril	mai	juin	juillet	août	septembre	octobre	novembre
TOMATE	ETO	3.47	4.09	4.9	4.98	4.9	4.39	3.75	3.36	3.33	3.48	3.83	3.83
	KC	0.6	1.15	1.15	1.09	0.8	0.6	1.15	1.15	1.09166667	0.8		
	KR	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9		
	ETMpeak	2.092	4.7035	5.635	5.4365	3.92	2.634	4.3125	3.864	3.63525	2.784		
	ETMloc	1.8738	4.23315	5.0715	4.89285	3.528	2.3706	3.88125	3.4776	3.271725	2.5056		
	Pe	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
	BN(bésoin net)	1.8738	4.23315	5.0715	4.89285	3.528	2.3706	3.88125	3.4776	3.271725	2.5056		
	Ecw	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2		
	Max Ecw												
	LRt												
	LR	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
	Ea	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9		
	BB (besoin brut)	92.46	171.105	199.05	193.095	147.6	109.02	159.375	145.92	139.0575	113.52		
OIGNON	BB (besoin brut)												
	m3/ha	924.6	1711.05	1990.5	1930.95	1476	1090.2	1593.75	1459.2	1390.575	1135.2		
	BB (besoin brut)												
	m3	462.3	855.525	995.25	965.475	738	545.1	796.875	729.6	695.2875	567.6	3.83	3.83
	ETO	3.47	4.09	4.9	4.98	4.9	4.39	3.75	3.36	3.33	3.48		
	KC	0.58	0.75	1.05	0.85	0.58	0.75	1.05	0.85				
	KR	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9				
	ETMpeak	2.02416667	3.0675	5.145	4.233	2.85833333	3.2925	3.9375	2.856				
	ETMloc	1.82175	2.76075	4.6305	3.8097	2.5725	2.96325	3.54375	2.5704				
	Pe	0	0	0	0	0	0	0	0				
	BN(bésoin net)	1.82175	2.76075	4.6305	3.8097	2.5725	2.96325	3.54375	2.5704				
	Ecw	2											
	Max Ecw												
	LRt												
PIMENT	LR	1	1	1	1	1	1	1	1	1			
	Ea	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9				
	BB (besoin brut)	90.725	122.025	184.35	156.99	115.75	128.775	148.125	115.68				
	BB (besoin brut)												
	m3/ha	907.25	1220.25	1843.5	1569.9	1157.5	1287.75	1481.25	1156.8				
	BB (besoin brut)												
	m3	453.625	610.125	921.75	784.95	578.75	643.875	740.625	578.4				
	ETO	3.47	4.09	4.9	4.98	4.9	4.39	3.75	3.36	3.33	3.48	3.83	3.83
	KC	0.6	1.15	1.15	0.85	0.6	1.15	1.15	0.85				
	KR	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9				
	ETMpeak	2.082	4.7035	5.635	4.233	2.94	5.0485	4.3125	2.856				
	ETMloc	1.8738	4.23315	5.0715	3.8097	2.646	4.54365	3.88125	2.5704				
	Pe	0	0	0	0	0	0	0	0				
	BN(bésoin net)	1.8738	4.23315	5.0715	3.8097	2.646	4.54365	3.88125	2.5704				
CHOUX	Ecw	2											
	Max Ecw												
	LRt												
	LR	1	1	1	1	1	1	1	1	1			
	Ea	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9				
	BB (besoin brut)	92.46	171.105	199.05	156.99	3.94	6.0485	5.3125	3.856				
	BB (besoin brut)												
	m3/ha	924.6	1711.05	1990.5	1569.9	39.4	60.485	53.125	38.56				
	BB (besoin brut)												
	m3	462.3	855.525	995.25	784.95	19.7	30.2425	26.5625	19.28	3.33	3.48	3.83	3.83
	ETO	3.47	4.09	4.9	4.98	4.9	4.39	3.75	3.36				
	KC	0.55	0.9	1.05	0.975	0.55	0.9	1.05	0.975				
	KR	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9				
	ETMpeak	1.9085	3.681	5.145	4.8555	2.695	3.951	3.9375	3.276				
	ETMloc	1.71765	3.3129	4.6305	4.36995	2.4255	3.5559	3.54375	2.9484				
	Pe	0	0	0	0	0	0	0	0				
	BN(bésoin net)	1.71765	3.3129	4.6305	4.36995	2.4255	3.5559	3.54375	2.9484				
	Ecw	2						2					
	Max Ecw												
	LRt												
	LR	1	1	1	1	1	1	1	1				
	Ea	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9				
	BB (besoin brut)	87.255	140.43	184.35	175.665	110.85	148.53	148.125	128.28				
	BB (besoin brut)												
	m3/ha	872.55	1404.3	1843.5	1756.65	1108.5	1485.3	1481.25	1282.8				
	BB (besoin brut)												
	m3	436.275	702.15	921.75	878.325	554.25	742.65	740.625	641.4				
TOTAL des besoins		462.3	855.525	995.25	965.475	738	545.1	796.875	729.6	695.2875	567.6	0	

Figure 6: calcul des besoins en eaux des plantes de ZATTA

Annexe 10 : système de brumisation, Filet d'ombrage, Capteurs et Plan du Réseau



Figure 7: Appareil de Brumisation (source Google)

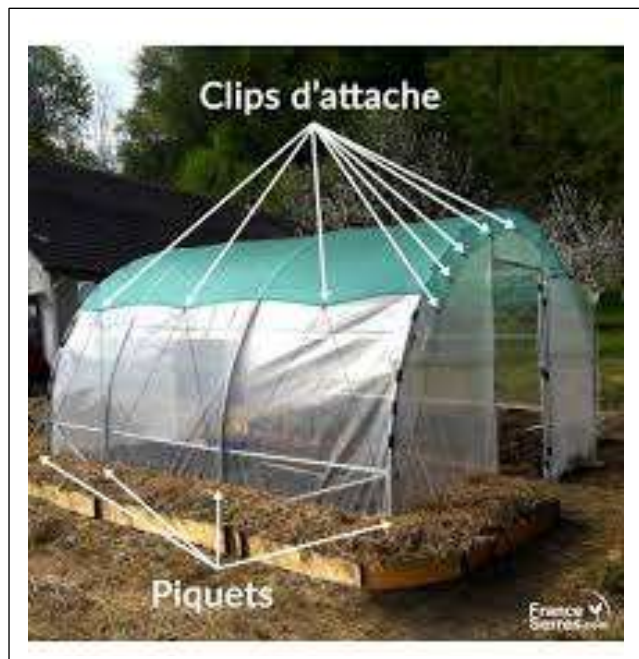


Figure8: filet d'ombrage (Source Google)



Figure 9: Capteurs (Source : Google)

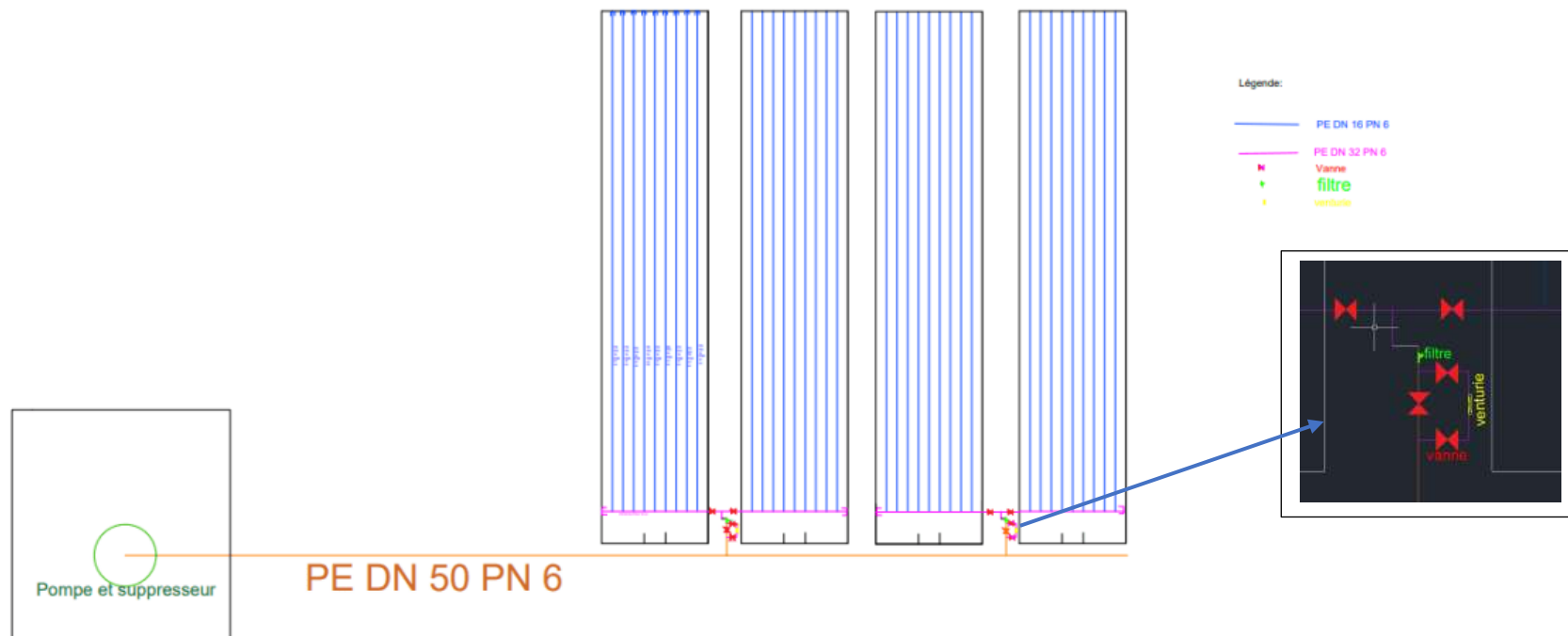


Figure 10: Plan du Réseau