Royaume du Maroc
Ministère de l'Agriculture et de la Pêche Maritime, du développement rural et des eaux et forêts
---
Office Régional de Mise en Valeur Agricole du Souss-Massa

المملكة المغربية
وزارة الفلاحة والصيد البحري و التنمية القروية و المياه و الغابات

المكتب الجهوي للاستثمار الفلاحي لسوس ماسة

Étude Sur La Télégestion Des Stations De Pompage: Faisabilité et Perspectives

Réalisé par :
Mohamed Bellouch

Encadré par :
Monsieur El Hachemi El Abdallaoui

Lieu : Agadir - ORMVA/SM
Date de remise : Août 2025

Adresse: Rue des Administrations publiques, BP. 21, Agadir – العنوان: شارع الإدارات العمومية، ص.ب. 21، أكادير
Tél. 0528 82 35 45 / 0528 82 45 00 - **F**ax: 0528 84 65 21 - **E**mail: contact@ormvasm.ma

Sommaire :

Remerciements..... 2
Présentation de l'étude..... 3
Démarche de conduite du développement de l'étude de mise en place d'un système de télégestion:..... 6
Introduction..... 9
Principes et architecture d'un système de télégestion:..... 12
Couche physique (Capteurs et Actionneurs) :..... 13
Couche de communication :..... 13
Couche d'application (Interface Utilisateur) :.....14
Principes de fonctionnement des stations de pompages:.....15
Les Stations de pompage aux spécificités de l'ORMVA/SM :.....19
Architecture des réseaux et télécommunications du système:... 25
Couverture 4G/LTE Maroc Telecom (IAM) et INWI autour des cinq stations de Massa :.....31
-L'Architecture au niveau des stations :.....35
Plate-forme techniques et l'intégration de l'intelligence artificielle:..... 39
Conception de l'Interface De Commande et de Télésupervision (Application - Télégestion SP) :.....41
Stack Technologique :.....41
Fonctionnalités de l'application Télégestion SP :.....42
- Système d'Authentification :.....43
- Tableau de bord interactif :.....44
- Gestion des stations de pompage :.....46
- Gestion des capteurs :.....48
- Gestion de l'irrigation :.....48
L'intégration de l'intelligence artificielle:.....49
Conclusion :..... 51
Références :.....53

Remerciements

Je remercie l'Office Régional de Mise en Valeur Agricole du Souss-Massa de m'avoir accordé l'opportunité de réaliser cette étude
Je tiens plus particulièrement à exprimer ma gratitude :

- à Monsieur El Hachemi El Abdallaoui, chef du bureau informatique, pour son encadrement attentif et la confiance accordée à ce projet.

- à Monsieur Mourad El Jayi, pour ses orientations méthodologiques éclairées et ses retours réguliers.

- à Monsieur Abdellah Driouich, chef du bureau maintenance des réseaux d'irrigation , pour le partage de son expertise terrain et son accompagnement attentif et continu.

- à Monsieur Errida Mokhtar, chef du bureau des équipements électromécanique , pour l'accord d'accès aux stations et au installations.

- à Monsieur Abdallah Saber, pour son accompagnement durant les missions sur site , dont l'organisation des déplacements, l'accès aux stations de pompage et la présentation détaillée des équipements.

- à Monsieur El Bengaoui Elhoussine, pour ses conseils et ses recommandations professionnelles.

- à Monsieur Kmad Lahoussine, chef du bureau de formation continue pour sa confiance et son encadrement rapproché.

Présentation de l'étude

L'Office régional de mise en valeur agricole du Souss-Massa (ORMVA/SM), opérationnel à travers ses différents services constitue le fer de lance pour l'élaboration et la mise en œuvre de la politique gouvernementale dans le domaine agricole dans la région de Souss de Souss-Massa.

L'une des trois principales missions de l'ORMVA/SM est la gestion des réseaux d'irrigation.
Cette activité consiste en :

- Assurant le service de l'eau aux usagers des périmètres irrigués
- Gestion des ressources en eau allouées.
- Veiller à la maintenance des systèmes d'irrigation.
- Amélioration des conditions d'utilisation de l'eau.
- Optimisation du coût de mise à disposition de l'eau.
- Création et promotion des associations des usagers de l'eau agricole.
- Assurer la police de l'eau.

Les efforts de modernisation des stations de pompage gérées par l'ORMVA/SM dans le context technologique et gestionnaire , et dans le cadre des actions continues de l'ORMVA/SM d'assurer le service d'eau dans les meilleures conditions techniques et économiques , conformément au objectifs initiaux du projet d'amenagement et la pérennité du patrimoine hydro agricole :

L'ORMVA/SM , conscient de la nécessité d'un système de télégestion intelligent , fiable et efficace , permettant l'interconnection des différentes stations de pompage et réseaux d'irrigation , en exploitant les nouvelles technologies de

l’information et de télécommunication , ce système vise les buts suivants :

- Adoption d’un système SCADA (Système de Contrôle et d'Acquisition de Données) pour assurer la surveillance en temps réel et une visualisation centralisée.
- Contrôle , suivi et évaluation des stations de pompage.
- Contrôle , suivi et évaluation des réseaux d’irrigation et les ressources en eau.
- Optimisation des conditions d’utilisation d'énergies.
- Mise en place une base de données partagée avec tous les utilisateurs afin de suivre en temps réel les différentes mesures.
- Mise en place d'une interface de commande.
- Interconnection subdivisions et les responsables afin de faciliter les échanges de données.
- Collecte de données et surveillance.
- Amélioration des conditions d’utilisation des eaux agricoles.
- Mise en place d'un intranet pour diffuser et partager les données.
- Renforcer les moyens Techno-Agricole de l’office.

Cette étude est réalisée dans le cadre du stage technicien de première année du cycle ingénieur dans le but du développement de l'accès aux techniques avancées et plus modernes de contrôle et gestion des stations de pompage dans le domaine agricole . Elle est réalisée en plusieurs étapes :

- Élaboration d’une fiche descriptive de l'étude.
- Élaboration d'une démarche pour la conduite du développement de l'étude.
- Analyse et évaluation des équipements et des besoins.
- Présentation fonctionnelle du système de télégestion.

Cette étude explore également les perspectives d'intégration des technologies avancées dans la prise de décision , notamment l'intelligence artificielle. Ces outils fournissent des recommandations précises pour optimiser les pratiques agricoles et la consommation énergétique . Les modèles prédictifs basés sur des algorithmes d'IA permettent d'anticiper les rendements, de suivre l'évolution des cultures, et d'ajuster de manière dynamique les besoins en irrigation.

L'Internet des Objets (IoT) notamment peut jouer un rôle central dans l'implémentation de ce système, en permettant la collecte en temps réel des données issues de capteurs intelligents installés sur le terrain : humidité du sol, température, niveau d'eau, débit d'irrigation, etc. Ces données sont transmises à des plateformes de gestion qui les analysent et les traduisent en recommandations opérationnelles.

Combiné à l'intelligence artificielle et aux logiciels de supervision, l'IoT permet d'optimiser l'usage des ressources, d'améliorer la réactivité face aux variations climatiques, et d'ajuster avec précision les apports en eau . Ces outils connectés renforcent ainsi la prise de décision, la performance agricole et la gestion des stations gérés par l'ORMVA/SM.

Démarche de conduite du développement de l'étude de mise en place d'un système de télégestion:

Cette étude concerne la mise en place d'un système de télégestion optimisé et fonctionnel des stations de pompage , pour une meilleure gestion de l'étude , et afin d'assurer que chaque initiative soit menée à bien avec une efficacité optimale, l'élaboration d'une démarche pour la conduite du développement de ce projet est nécessaire par un plan structuré.

Ce cadre est spécialement conçu pour offrir un plan de travail. Permettant ainsi de naviguer avec succès dans la complexité de ce projet et de garantir l'aboutissement de cette étude pour la solution d'un système robuste et performant.

L'objectif principal consiste à examiner minutieusement l'efficacité et la fluidité de la communication de l'information au sein des stations de pompage. Cet examen critique portera sur les canaux de communication utilisés, la pertinence et la clarté des messages transmis, ainsi que sur l'impact de cette communication sur la prise de décision et la performance opérationnelle.

Enfin, l'étude s'attachera à évaluer de manière exhaustive l'exploitation actuelle des ressources et des outils, en lien direct avec la communication de l'information. Cette évaluation mesurera la performance et l'efficience des méthodes d'exploitation en place, en quantifiant leur impact sur les objectifs stratégiques.

L'analyse portera également sur la manière dont la communication de l'information influence cette exploitation, en déterminant si

l'information est correctement partagée, comprise et utilisée pour maximiser le rendement.

Le tableau suivant propose un plan en six étapes pour la conception et le réalisation du système de gestion des stations de pompages à la zone de Souss Massa, intelligent et en temps réel.

Semaine	Etape	Description
S-1 (07 - 13 Juil.)	Analyse et évaluation de l'existant et des besoins	Caractériser le fonctionnement des stations , photo stations , réseaux pompes cultures, sols, besoins hydriques, infrastructures existantes
S-2 (14 - 19 Juil.)	Spécifications fonctionnelles	Déterminer les capteurs, points de mesure, fréquence d'échantillonnage, actions à distance.
S-3 (21 - 27 Juil.)	Définition des Plates-formes techniques	Exploitation des technologies de l'IOT et 4G LTE : couverture , latence , autonomie ,faisabilité.
S-4 (28 - 3 Juil.)	Définition de l'Architecture logicielle et de l'information	Fournir l'architecture technique qui permet d'extraction,transfert , traitement et la présentation des données, notamment la logique de la partie commande.
S-5 (04 - 10 Août)	Présentation fonctionnel du système de télégestion	Prototyper l'interface de commande (React) : dashboard pression/débit ,boutons START/STOP..,visualisation des données
S-6 (11 - 18 Août)	Elaboration d'une fiche descriptive du projet	Rédaction de la fiche descriptive du projet: Objectifs,choix technologique, logique du projet.

Chaque semaine couvre un aspect important de l'étude , afin de garantir une approche méthodique et progressive vers la réalisation des objectifs du projet.

Fiche descriptive de l'étude

Intitulé de l'étude	La faisabilité et les perspectives de mise en place d'un système de télégestion des stations de pompages.
Domaine thématique	Telecommunication Iot , Supervision et Contrôle.
Localisation de l'étude	Office Regional De Mise En Valeur Agricole De Souss Massa.
Contexte	Conscient du besoin impératif d'une gestion plus efficiente, l'ORMVA/SM s'engage à développer un système de télégestion agricole intelligent, fiable et efficace. Ce système vise à interconnecter les stations de pompage et les réseaux d'irrigation, en tirant parti des nouvelles technologies de l'information et de la communication.
Durée	6 semaines
Porteur	Mohamed Bellouch
Objectifs de l'étude	S'appuyer sur les technologies de télécommunication et de gestion pour la conception d'un système de télégestion des stations de pompages.
Groupe cible	ORMVA/SM
Résultats attendus	Version Définitive de L'étude.
Encadrant	Monsieur EL Hachemi El Abdallaoui
Mots Clés	Télégestion, IOT , Interconnection , Gestion, Supervision

Introduction

Les ressources en eau à l'échelle mondiale sont à 70% consacrées à l'agriculture, d'où la nécessité de rationaliser leur utilisation.

Au niveau du royaume, l'agriculture est le secteur qui consomme la plus grande part de l'eau, avec environ 80 à 88% de la consommation totale d'eau . Cette forte utilisation est due à l'importance de l'irrigation pour la production agricole, qui représente une part significative du PIB matinal et des exportations du pays.

Dans la région de Souss Massa, l'agriculture représente une activité majeure, soutenue en grande partie par l'irrigation. Cette région dispose de plusieurs infrastructures hydrauliques importantes, dont les barrages Youssef Ben Tachfine, Abdelmoumen et Mokhtar Soussi.

Ces barrages jouent un rôle clé dans le stockage et la régulation des ressources en eau, servant à alimenter les périmètres irrigués, mais aussi à répondre aux besoins en eau potable et à la protection contre les crues. Le réseau d'irrigation régional, alimenté en grande partie par ces retenues, couvre des milliers d'hectares et permet de valoriser les terres agricoles de la plaine du Souss. Cette organisation hydraulique constitue ainsi un élément fondamental du développement agricole dans la région.

L'étude de la mise en place du système de télégestion a été réalisée au niveau du périmètre de Massa, plus précisément au niveau des stations de pompage désignées SP1, SP2, SP3, SP4 et SP5.



Photo prise durant la visite de la SP1 (local abritant les pompes)

Ces stations, interconnectées par un canal principal d'une longueur de 44 km , jouent un rôle essentiel dans le transfert et la distribution de l'eau destinée à l'irrigation. Elles permettent d'assurer l'alimentation en eau des périmètres agricoles à partir des ressources stockées dans le barrage Youssef Ben Tachfine.



Ce dernier, implanté sur l'oued Massa, est l'un des principaux ouvrages hydrauliques de la région. Mis en service en 1972, il dispose d'une capacité de stockage d'environ **298 millions de mètres cubes**, et constitue la source d'approvisionnement principale du périmètre irrigué de Massa. Le système ainsi formé reliant le barrage aux différentes stations par le canal constitue une infrastructure hydraulique stratégique, assurant le pompage, la mise sous pression et l'acheminement efficace de l'eau vers les secteurs agricoles. L'analyse du fonctionnement coordonné de ces stations constitue le cœur de cette étude, afin de mieux comprendre leur rôle au sein du dispositif global d'irrigation du périmètre.

Dans le cadre d'une gestion moderne et optimisée des ressources en eau, cette étude s'inscrit dans une démarche d'innovation pour répondre aux défis de l'irrigation. L' approche se concentre sur l'exploitation de technologies de pointe et de systèmes connectés pour la télégestion des stations de pompage. Au-delà de l'exploration théorique de ces solutions, l'objectif principal de cette étude est d'en évaluer la faisabilité technique et économique en cherchant à déterminer non seulement si ces technologies innovantes peuvent être intégrées avec succès aux infrastructures existantes, mais aussi si elles représentent un investissement viable et bénéfique.

En somme, l'étude vise à concevoir la conception d'une solution réaliste et performante pour l'automatisation, le contrôle à distance et l'optimisation des stations de pompage, garantissant ainsi une utilisation plus efficiente et durable de l'eau.

Principes et architecture d'un système de télégestion:

La télégestion, également appelée commande à distance ou télécontrôle , désigne un système intelligent permettant de piloter, surveiller et réguler à distance l'ensemble des équipements d'un réseau technique, tel qu'un système d'irrigation agricole. Dans un contexte où l'optimisation de la ressource en eau est une priorité stratégique, la télégestion offre une solution performante pour assurer ce processus

Elle repose sur l'intégration de plusieurs couches technologiques telles que les capteurs qui mesurent en continu des paramètres environnementaux et techniques (humidité du sol, débit d'eau, pression, conditions météo, etc.) , un système de commande automatisée, capable de traiter les données reçues pour prendre des décisions en temps réel , une interface de supervision pour permettre aux opérateurs d'avoir une vision globale du système et d'intervenir à distance si nécessaire et des actionneurs sous forme de dispositifs physiques exécutant les ordres comme ouvrir une vanne, activer une pompe ou déclencher la fertigation.

En termes simples, la télégestion peut être définie par la capacité de contrôler et de surveiller à distance un système ou des équipements sans avoir besoin d'être physiquement sur place**.**

L'architecture adoptée par tel système peut être reconnue par les couches suivantes :

Couche physique (Capteurs et Actionneurs) :

À la base du système se trouve la couche physique, directement installée sur le terrain. Son rôle est de collecter des données brutes et d'exécuter des commandes. Elle se compose de :

- Capteurs: Ces dispositifs mesurent divers paramètres agronomiques et environnementaux tels que l'humidité du sol, la température, les conditions météorologiques, ou encore les niveaux d'eau.
- Actionneurs: Il s'agit d'équipements qui agissent sur l'environnement, comme les vannes motorisées pour l'irrigation, les pivots, ou encore les programmateurs d'arrosage. Ces terminaux, souvent appelés RTU (Remote Terminal Unit), exécutent les ordres reçus.

Couche de communication :

Cette couche intermédiaire assure la transmission des données collectées par les capteurs vers le système central, et inversement, des commandes vers les actionneurs.La fiabilité de cette couche est cruciale pour garantir la réactivité du système. Plusieurs technologies de communication peuvent être utilisées, qu'elles soient sans fil (GSM, GPRS, 4G/5G, radio) ou filaires (réseau téléphonique, Ethernet).

Couche de gestion et de supervision :

C'est le "cerveau" du système de télégestion . Elle est constituée d'un serveur central, souvent accessible via internet, qui a pour fonctions de :

- Collecter et stocker les données provenant du terrain.
- Traiter et analyser ces informations pour permettre une aide à la décision.
- Générer des alertes en cas d'anomalies (fuites, pannes, etc.).

Cette couche peut être interfacée avec des systèmes de supervision plus globaux de type SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition).

Couche d'application (Interface Utilisateur) :

C'est la couche avec laquelle l'utilisateur interagit directement. Elle lui permet de visualiser les données , de piloter à distance son exploitation et de prendre des décisions. Cette interface se présente généralement sous la forme :

- D'une application sur smartphone ou tablette.
- D'un logiciel accessible via un navigateur web sur un ordinateur.

Grâce à cette interface, l'utilisateur peut, par exemple, démarrer ou arrêter un système , ajuster les quantités en fonction des besoins et conditions.

En somme, l'architecture en couches de la télégestion permet de transformer des données de terrain en actions concrètes et optimisées, offrant ainsi un gain de temps, une meilleure réactivité et une gestion plus durable des ressources.

Principes de fonctionnement des stations de pompages:

Une station de pompage agricole est une installation conçue pour aspirer, filtrer et refouler l'eau vers les zones agricoles, permettant ainsi l'irrigation des cultures. Elle est composée de plusieurs éléments clés, dont une pompe (diesel ou électrique), un système de contrôle, un système de filtration et des accessoires hydrauliques.

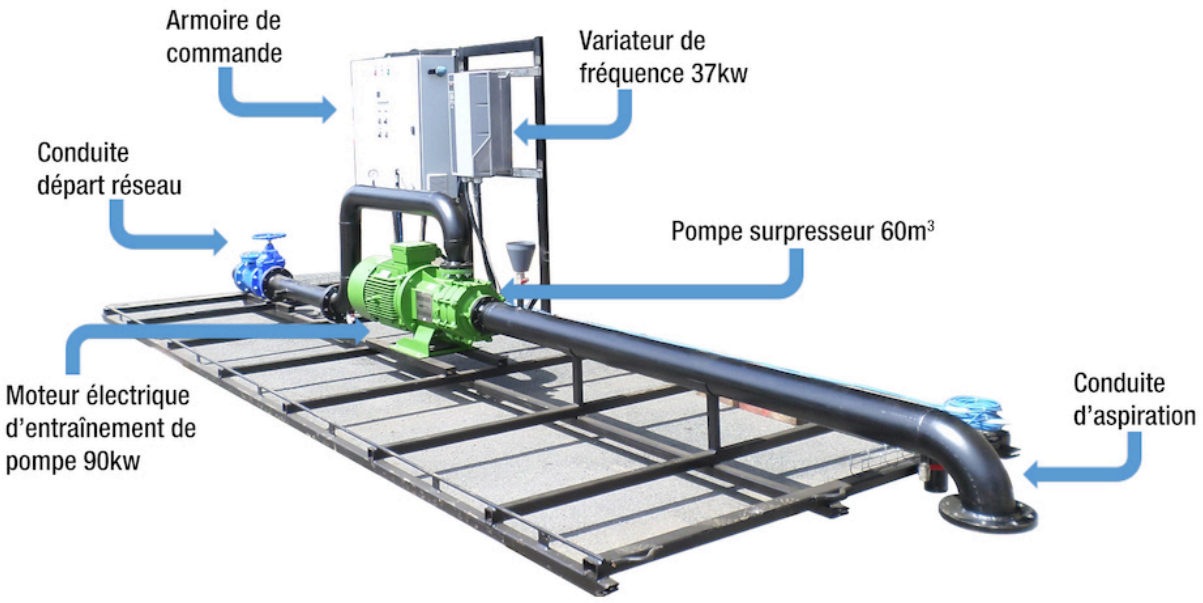


Schéma standard d'une station de pompage

La station de pompage illustrée sur l'image est une exemple d'un système complet conçu pour le transfert et l'augmentation de la pression de l'eau. Elle est composée des éléments principaux suivants:

Moteur électrique d'entraînement de pompe

C'est le cœur du système, fournissant la puissance mécanique nécessaire pour faire fonctionner la pompe.Il est capable de gérer des débits et des pressions importants, ce qui indique une application industrielle ou de grande envergure.





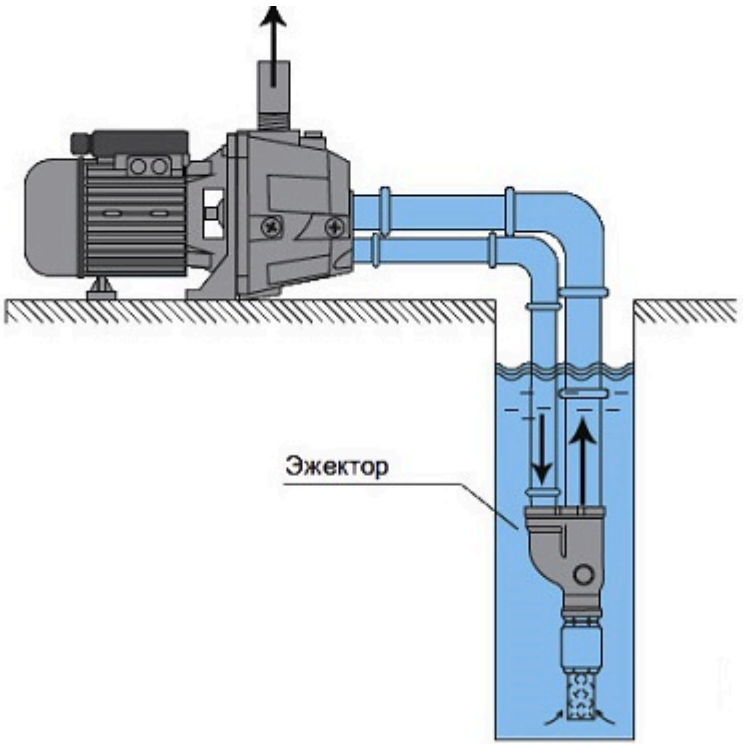
Pompe surpresseur

Cette pompe est directement accouplée au moteur électrique. Sa fonction est d'augmenter la pression de l'eau pour la distribuer dans un réseau.

Conduite d'aspiration : Il s'agit du tuyau par lequel l'eau est aspirée depuis la source (réservoir, puits, etc.) vers la pompe. Sa grande taille suggère un volume d'eau important à traiter.



Conduite départ réseau : C'est le tuyau par lequel l'eau sous pression est refoulée de la pompe vers le réseau de distribution.



Le système illustré explique plus précisément le processus conçu pour puiser l'eau de puits profonds. La pompe située en surface envoie une partie de l'eau qu'elle refoule vers un éjecteur immergé via un tuyau fin. À l'intérieur de l'éjecteur, cette eau sous pression passe à travers une buse, créant un effet Venturi (une zone de basse pression) qui aspire l'eau du puits environnant. L'eau du puits ainsi aspirée se mélange à l'eau motrice dans l'éjecteur, puis ce mélange remonte par un tuyau plus large vers la pompe en surface, qui finalise le refoulement de l'eau vers le point d'utilisation tout en bouclant le circuit de recirculation vers l'éjecteur, permettant ainsi un pompage efficace depuis des profondeurs importantes.

Variateur de fréquence : Cet équipement électronique est crucial pour optimiser le fonctionnement de la pompe. Un variateur de fréquence permet de contrôler la vitesse du moteur électrique, et par conséquent, le débit et la pression de la pompe. Il aide à économiser de l'énergie et à adapter les performances de la pompe aux besoins réels du système.





Armoire de commande : C'est le tableau électrique qui abrite les composants de contrôle et de protection de la station. Elle contient généralement les contacteurs, les disjoncteurs, les relais, les automates programmables (PLC) et l'interface homme-machine (HMI) pour la surveillance et le contrôle de l'ensemble du système. C'est le cerveau de la station, permettant son démarrage, son arrêt et la gestion de ses différentes fonctions.

Les Stations de pompage aux spécificités de l'ORMVA/SM :

Après avoir exploré le fonctionnement et les composants essentiels d'une station de pompage de manière générale, il est crucial de se pencher sur le contexte spécifique des installations présent au sein des centres de mise en valeur (CMV) , les stations de pompage jouent un rôle vital dans l'irrigation agricole, mais elles présentent des défis et des opportunités uniques liés à notre environnement et à nos objectifs. L'exploitation et la découverte de ces stations est essentielle vers une gestion plus intelligente et automatisée de ces infrastructures c'est donc une priorité stratégique pour optimiser l'utilisation de l'eau, réduire les coûts opérationnels et améliorer la fiabilité de notre réseau d'irrigation dans la région. Au niveau du périmètre de Massa , il existe cinq centres de mise en valeur agricole (CMV).

LIEU	ENTITÉ	STATION
MASSA	CMV 805	SP2
	CMV 806	SP3
	CMV 807	SP4
	CMV 808	SP5
	CMV 809	

Tableau de répartition des stations au niveau de Massa

Les Centres de Mise en Valeur Agricole du Souss-Massa jouent un rôle central et multifacette dans la gestion et le fonctionnement des stations de pompage. Leur rôle va bien au-delà de la simple opération technique et s'inscrit dans une démarche globale de développement agricole et de gestion durable de l'eau.

Dans le contexte de la gestion et l'exploitation des infrastructures, les centres sont investis de multiples responsabilités cruciales. Leur mission principale inclut la supervision et la conduite des opérations des stations de pompage au quotidien. Cela signifie qu'ils sont directement impliqués dans la planification et la distribution de l'eau d'irrigation aux agriculteurs, en coordonnant précisément le démarrage, l'arrêt et l'ajustement des groupes de pompage pour répondre aux besoins spécifiques des parcelles agricoles et aux contraintes du réseau.

Par ailleurs, ces centres sont également les garants de la fiabilité et de la longévité des équipements. Ils sont chargés de la maintenance préventive, qui anticipe les problèmes par des vérifications régulières et des entretiens planifiés, ainsi que de la maintenance curative, intervenant rapidement en cas de panne.

Cette double approche assure le bon fonctionnement continu de toutes les stations, des pompes aux moteurs, en passant par les armoires de commande et les systèmes de filtration.

Les CMVs sont en première ligne pour le suivi des performances des stations. Ils collectent et analysent des données vitales sur les débits, les pressions, les consommations énergétiques et les temps de fonctionnement. Cette démarche de collecte de données est essentielle pour évaluer l'efficacité des infrastructures, identifier les axes d'amélioration, et fournir des informations précises qui serviront de base à la prise de décisions stratégiques pour une gestion toujours plus optimisée des ressources en eau et en énergie.

En addition des équipement traditionnelles les stations de pompage de l'ORMVA sont dotées des équipement plus avancés et plus intelligents qui servent au déroulement continue et efficace du processus de pompage et irrigation.

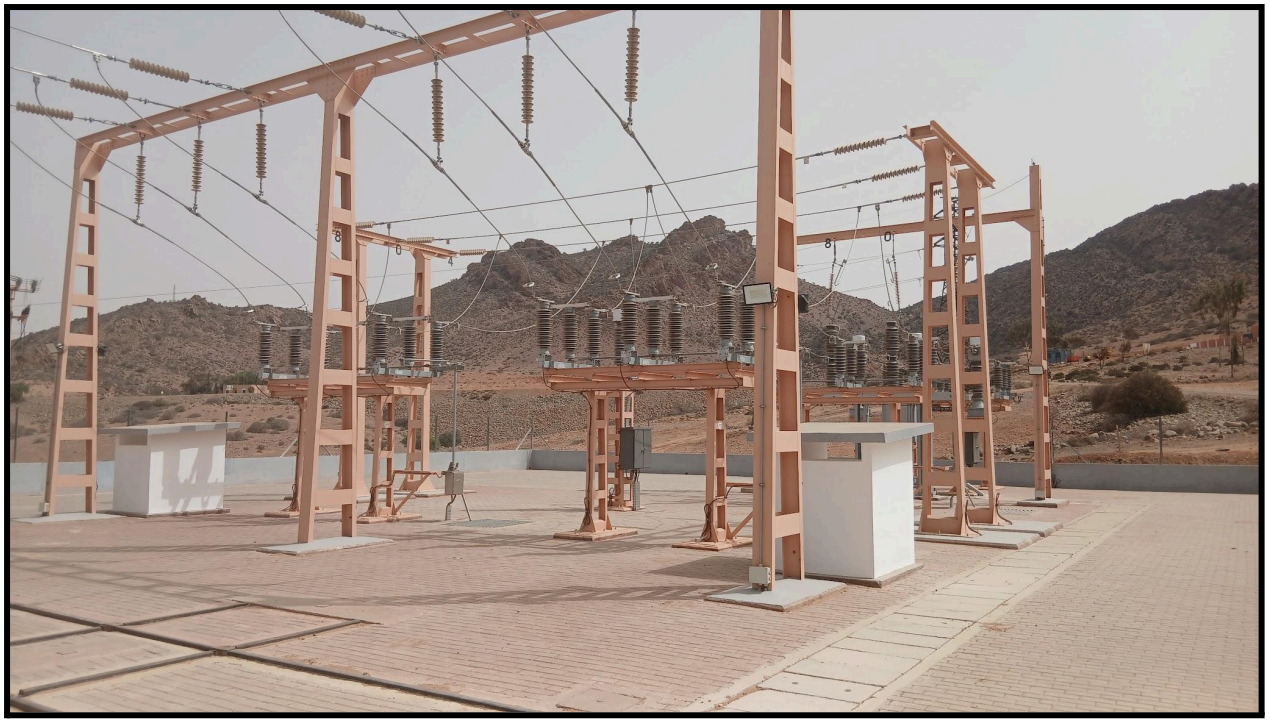


Photo prise durant la visite de la SP1 (local du transformateur)

Le transformateur est responsable d'abaisser la tension électrique fournie par le réseau principal, qui est généralement de l'ordre de 6 600 volts (V), à un niveau compatible avec les équipements de la station.



Installation Des Pompes



Débitmètre De Pression

L'ensemble des pompes est installé sur une structure métallique robuste, ce qui indique une conception préfabriquée ou modulaire.

Cette configuration facilite le transport, l'installation et la maintenance sur site, tout en garantissant une bonne stabilité mécanique et une protection adéquate contre les vibrations et les contraintes environnementales. Ce type de montage est souvent privilégié dans les environnements agricoles ou industriels pour sa rapidité de déploiement et sa fiabilité.



Armoire De Commande



Panneau De Supervision

Chaque station de pompage (SP1 à SP5) est équipée d'une armoire de commande centralisée et bien protégée. Cette armoire regroupe l'ensemble des équipements électriques et électroniques nécessaires pour assurer la gestion et le contrôle des pompes. Elle permet notamment de démarrer et d'arrêter les moteurs, de surveiller les paramètres de fonctionnement (courant, tension, pression, niveau

d’eau), ainsi que de déclencher des protections en cas de dysfonctionnement. L’armoire de commande joue un rôle crucial dans l’automatisation et la sécurité du système, garantissant un fonctionnement fiable et efficace des stations de pompage.

En somme les centres assurent le fonctionnement continue et efficace des stations de pompage , le personnel joue un rôle aussi essentiel le personnel de terrain joue un rôle tout aussi essentiel et irremplaçable dans cette équation. La véritable force du système réside dans la synergie entre la vision globale des centres et l'expertise pratique des équipes sur le terrain.

Les centres fournissent l'intelligence du système , ils gèrent la planification de l'irrigation, analysent les données de performance collectées (débits, consommations énergétiques) et prennent les décisions stratégiques pour optimiser les ressources. Grâce à des outils de télésurveillance, ils peuvent détecter à distance les anomalies, ajuster les paramètres de pompage et planifier les interventions.

La centralisation n'est viable que si elle est soutenue par l'action humaine. Le personnel sur site est indispensable pour la maintenance préventive qui prolonge la durée de vie des équipements et pour la maintenance curative qui permet de résoudre rapidement les pannes complexes. Leur connaissance approfondie du matériel, des spécificités de chaque station et des conditions environnementales locales leur confère une capacité de diagnostic et de résolution de problèmes qu'aucune technologie ne peut encore égaler. De plus, ils sont le lien direct avec les usagers de l'eau, les agriculteurs, et sont souvent les premiers à identifier les besoins et les problèmes émergents sur le réseau.

Architecture des réseaux et télécommunications du système :

La définition de l'architecture est importante pour satisfaire les besoins de l'organisation , notamment la centralisation de l'information et assurer une meilleure gestion : télémesure , contrôle et diffusion de données.

L'ORMVA est doté d'une connexion à un réseau privé virtuel (VPN) autour d'une architecture de sécurité basée sur une solution de firewalling redondante à deux niveaux avec une zone démilitarisée. L'utilisation d'un réseau privé couple, permettra ainsi un échange de données fluide et sécurisé de manière transparente et permanente.

L'objectif recherché est de définir et assurer une couverture totale du futur système au niveau des CMVs , et notamment de veiller à ce que le système soit adaptable aux spécificités des différentes stations.

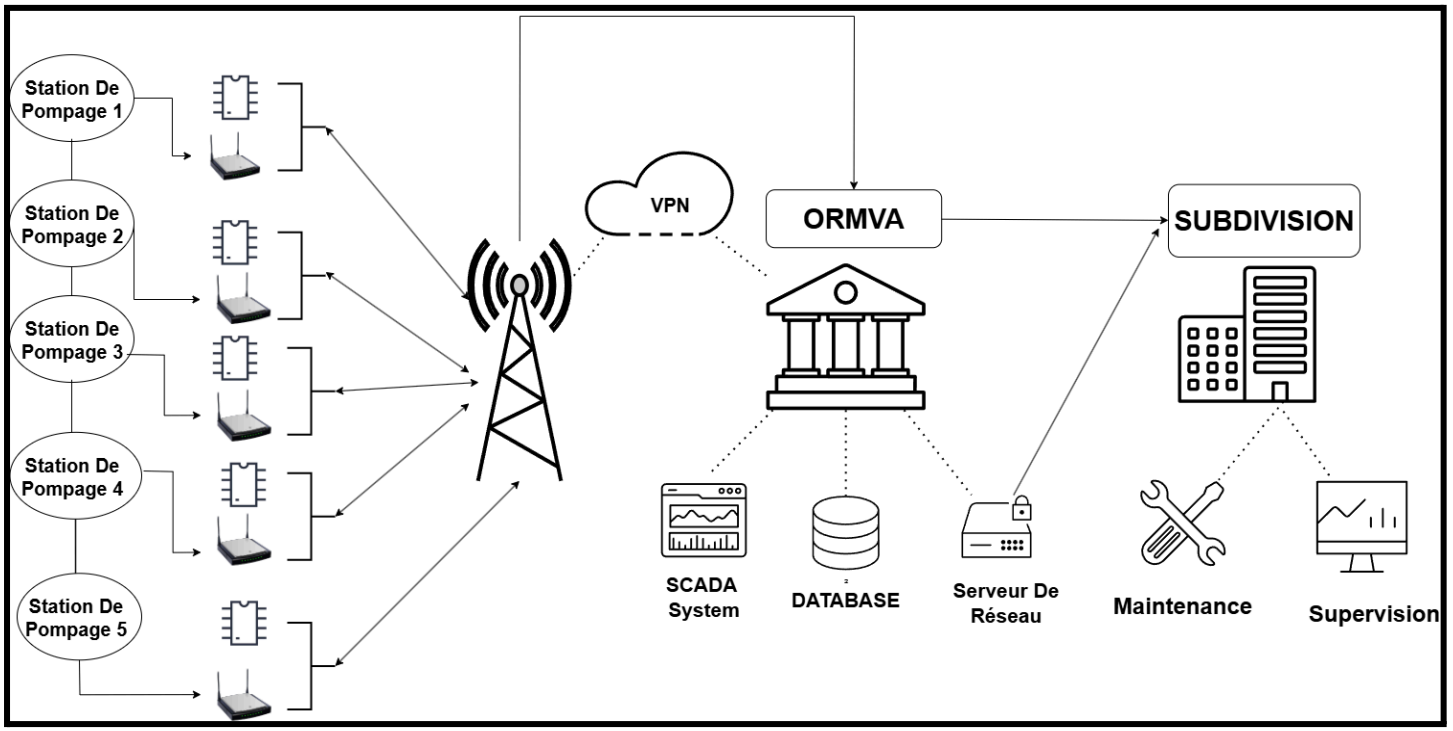
Au niveau de la connectivité des équipements IoT sur le terrain : Il faut s'assurer que chaque routeur réparti dans les stations sous la responsabilité de chaque CMV bénéficie d'un signal réseau (LoRaWAN, NB-IoT, 4G) suffisamment fort et stable. Un signal de -85 à -95 dBm (Très Bon) est l'objectif pour éviter toute interruption, permettant aux données de remonter sans accroc et aux commandes d'être exécutées instantanément. C'est la base pour éviter les "zones aveugles".

Il faut également assurer une connectivité sécurisée du routeur de chaque CMV vers le VPN : Chaque CMV, en tant que centre de gestion ou de collecte des données locales, disposera d'un routeur qui

agrège les informations. L'objectif est de garantir que ce routeur puisse établir et maintenir une connexion internet robuste et sécurisée via un VPN vers la plateforme centrale du système. Une connexion faible ou instable à ce niveau signifierait que même si les capteurs communiquent bien localement, leurs données ne parviendraient pas au "cerveau" du système, rendant la surveillance et le contrôle à distance impossibles pour l'ensemble des opérations du CMV.

Bien que ces résultats ne soient pas tous directement transposables à l'échelle de l'Office, ils offrent néanmoins des repères utiles pour positionner le futur système par rapport aux ressources actuellement disponibles, tout en permettant de s'inspirer des choix stratégiques et des orientations majeures adoptés par d'autres structures.

D'autres choix technologiques peuvent être introduits qui peuvent améliorer le service de transmission de données.



Architecture du système de télégestion au niveau globale

L'architecture dans l'image précédente se compose des éléments suivants :

Élément du dessin	Rôle dans le système	Comment le mettre en œuvre
Stations de pompage 1 – 5	Sites physiques contenant les équipements essentiels.	Garder un automate programmable (PLC/RTU) local pour la sécurité : arrêt marche-à-sec, sur-pression, etc.
Icône « puce »	Le PLC (ex. : Siemens S7-1200, Schneider M262). Il lit les capteurs et publie / reçoit des ordres via MQTT.	Adoption de la librairie MQTT du constructeur.
Petit boîtier avec antenne	Routeur industriel (ex : Milesight UR 75 - Routeur 5G industriel IoT…).	Deux cartes SIM (Orange + IAM) pour bascule automatique ; tunnel IPSec/OpenVPN.
Antenne relais	Pylône 4G de l'opérateur.	-
Nuage VPN	Tunnel chiffré qui protège tous les flux IoT sur Internet mobile.	IPSec site-à-site ou bridge TLS dans Mosquitto/EMQX.
Bloc Ormva	Héberger les serveurs centraux.	VM ou serveur physique sous Linux ; alimentation onduleur.
Bâtiment + fronton	Serveur « applicatif » : SCADA/Node/React, règles d'alarme.	-
Base cylindrique	Base de données pour l'historique pluriannuel des mesures.	Disque dédié, sauvegarde nocturne.
Écran SCADA	Tableau de bord web (Ignition, Things Board, ou React).	Affiches pressions, débits, boutons START/STOP.
Subdivision	Bureau distant qui consulte l'état en lecture seule.	Simple accès HTTPS au SCADA avec profil « viewer ».
Maintenance / Supervision	Laptops/tablettes des techniciens.	Alertes SMS/mail pour maintenance ; KPI mensuels pour supervision.

Cette architecture permet de superviser à distance plusieurs stations de pompage; elle vise également à optimiser le pilotage des équipements , améliorer la réactivité face aux incidents, et réduire les déplacements humains grâce à la transmission en temps réel des données opérationnelles.

Chaque station de pompage est équipée d'un automate programmable (PLC) couplé à un modem ou routeur de communication. Ces équipements assurent la collecte des paramètres critiques tels que la pression, le débit, le niveau des cuves, ainsi que l'état des équipements (pompes, vannes, alimentation électrique, etc.). En plus de cette fonction de surveillance, les automates peuvent exécuter des actions locales comme le démarrage ou l'arrêt automatique des pompes selon les consignes reçues.

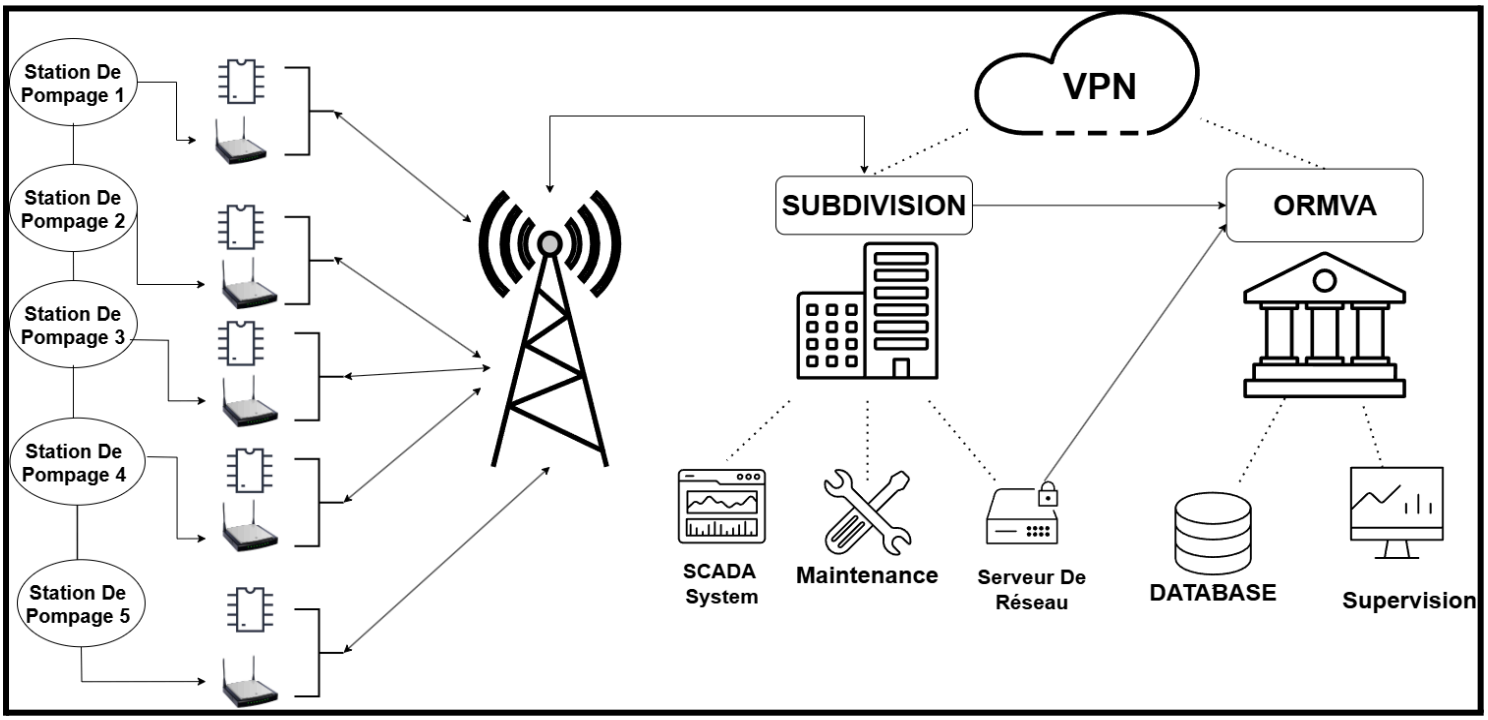
Les données collectées au niveau de chaque station sont transmises via une liaison sans fil (radio, GSM/4G ou Wi-Fi longue portée) vers une antenne relais centrale. Ce système de communication utilise un VPN (Virtual Private Network), garantissant ainsi une transmission sécurisée, chiffrée et protégée contre les accès non autorisés. Le VPN constitue un tunnel de communication fiable entre les équipements de terrain et le centre de supervision.

Le cœur du l'architecture est situé au niveau de l'ORMVA (Office Régional de Mise en Valeur Agricole), qui héberge l'infrastructure informatique centrale. Il dispose d'un système SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) chargé de la supervision en temps réel, de l'analyse des données, de la visualisation graphique des installations, et de l'émission d'alertes en cas d'anomalie. Une base de données centralise l'ensemble des informations reçues, permettant une traçabilité complète, l'exploitation historique des mesures, et l'optimisation des décisions opérationnelles. Le serveur réseau gère

quant à lui les connexions entre les différents modules du système et les utilisateurs autorisés.

La subdivision représente la branche opérationnelle du dispositif. Elle est responsable de la supervision continue des installations, du suivi des alarmes, ainsi que de la planification des opérations de maintenance préventive ou corrective. Grâce aux informations transmises par le système SCADA, l'équipe de maintenance peut intervenir de manière ciblée et rapide, réduisant ainsi les temps d'arrêt et les risques de dysfonctionnement prolongé.

Un autre exemple d'architecture est proposé , ou la subdivision joue le rôle de l'intermédiaire entre le terrain et l'office (Siège) . Cette architecture si adoptée va donner plus de contrôle des stations à la subdivision en s'appuyant sur la commande à distance et supervision, la direction ou siège va constituer uniquement un lieu de sauvegarde des données , supervision et de visualisation.



Architecture globale du système de télégestion

Accorder aux subdivisions locales un contrôle direct sur la commande et l'opération des stations de pompage constitue une stratégie pour décentraliser la gestion et en accroître l'efficacité. Cette approche,qui rapproche la prise de décision du terrain, permet de rendre la télégestion significativement moins complexe et plus réactive. En effet,la distance géographique réduite entre ces subdivisions et les stations qu'elles supervisent est un avantage considérable.Cette proximité physique et organisationnelle se traduit par des trajets de transmission de données nettement plus courts et directs,ce qui rend le processus de transmission des informations à la fois plus efficace.

Couverture 4G/LTE Maroc Telecom (IAM) et INWI autour des cinq stations de Massa :

Note : Comprendre la force du signal est essentiel, et c'est là qu'intervient le dBm (décibel-milliwatt). C'est une échelle qui mesure la "puissance" du signal reçu par un routeur : plus le chiffre est proche de zéro (donc moins négatif), plus le signal est fort et fiable. Par exemple, un signal à -85 dBm est excellent et assure une communication rapide et stable, tandis qu'un signal autour de -105 dBm est moyen, et à -115 dBm, il est trop faible pour fonctionner correctement.

Station (Coordonnées Indicatives)	Service IAM	Service INWI	Commentaire
SP-1 (29.996 N −9.564 W) — CMV 805	RSRP –85 / –95 dBm (Très bon)	–90 / –100 dBm (Bon)	Routeur 4 G + antenne MIMO 6 dBi suffit.
SP-2 (29.996 N −9.564 W) — CMV 805	–90 dBm (Très bon)	–95 dBm (Très bon)	Sim-simple possible ; latence < 70 ms.
SP-3 (30.035 N −9.506 W) — CMV 806	–95 / –100 dBm (Bon)	–100 / –105 dBm (Moyen)	Double-SIM IAM+inwi conseillé.
SP-4 (30.078 N −9.488 W) — CMV 807	–115 dBm (Faible / coupé)	–115 dBm (Faible)	Prévoir mât + antenne 9 dBi ou capteurs NB-IoT.
SP-5 (30.113 N −9.459 W) — CMV 808 - CMV 809	–90 dBm (Très bon)	–90 dBm (Très bon)	Liaison stable ; buffer edge pour résilience.

D'après le tableau ci-dessus , (SP-1, 2, 3, 5) sont pleinement exploitables en 4G IAM et INWI ; SP-4 reste en zone d'ombre et demande un renfort radio (antenne directive, double-SIM ou NB-IoT autonome).

En se basant sur l'outil de mesure de qualité du réseaux nPerf , un outil de mesure de la qualité de connexion internet, bien plus qu'un simple test de vitesse , c'est un site web qui permet de vérifier la performance de connexion ou du réseau , qu'elle soit mobile (2G, 3G, 4G, 5G) ou fixe (ADSL, fibre, Wi-Fi).

L'outil est doté d'une carte de couverture de réseau selon l'opérateur de télécommunication choisi. Cette carte représente la couverture 2G, 3G, 4G et 5G en fonction de la géolocalisation de chaque station.

Concernant la fiabilité et la précision des données nPerf, les mises à jour des cartes de couverture et de débits sur le site sont extrêmement fréquentes, garantissant une information quasi en temps réel. Les cartes de couverture réseau sont actualisées toutes les heures par un robot, tandis que les cartes des débits sont rafraîchies toutes les 15 minutes. Les données restent visibles pendant deux ans, puis les plus anciennes sont retirées mensuellement pour conserver la pertinence.

La fiabilité et la précision de ces informations reposent directement sur les mesures effectuées par les terminaux des utilisateurs eux-mêmes. La géolocalisation, essentielle pour placer ces mesures sur une carte, dépend fortement de la qualité de réception du signal GPS au moment de la capture. Pour assurer une haute précision, nPerf ne retient que les mesures de couverture réseau dont la localisation est précise à 50 mètres près maximum. Pour les données de débits, ce

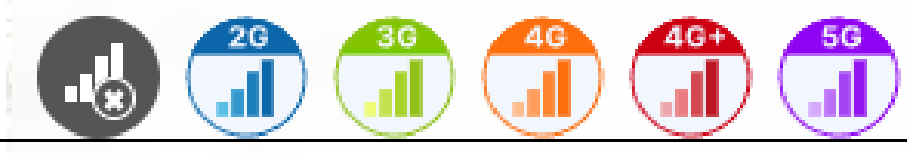
seuil de précision est étendu à 200 mètres. Cette approche assure que les cartes reflètent des performances réelles et localisées, offrant ainsi une vision fiable de la qualité du réseau dans différentes zones.

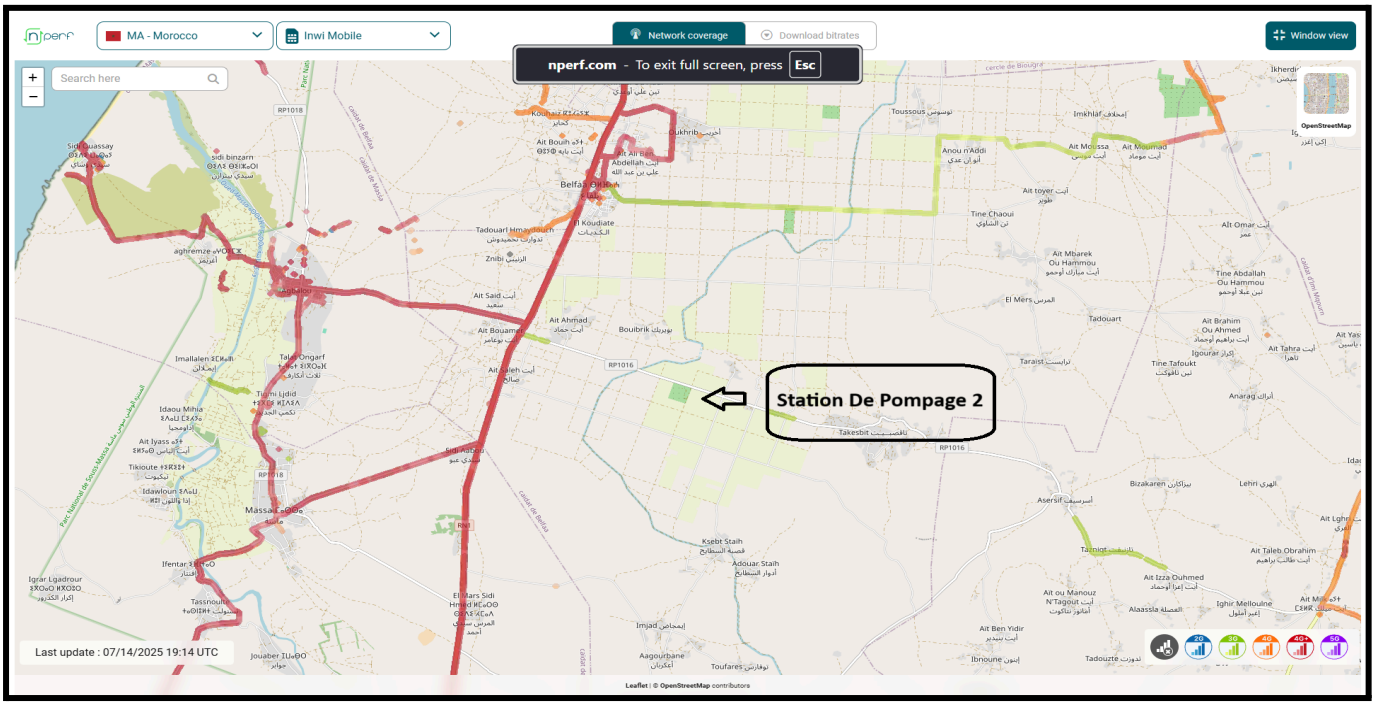


Carte de couverture réseaux d'opérateur INWI au niveau de la SP1

Comme illustré par la carte , la station de pompage (SP1) est située dans une zone bénéficiant d'une couverture réseau satisfaisante. Cette situation permet d'assurer une connectivité stable et continue, condition essentielle au bon fonctionnement des systèmes de supervision et de télégestion installés sur le site.

Ces interprétations sont structurées suivant cette légende en tant que code d'identification de pictogrammes de signal mobile, utilisé dans un système de classification d'après une base de données

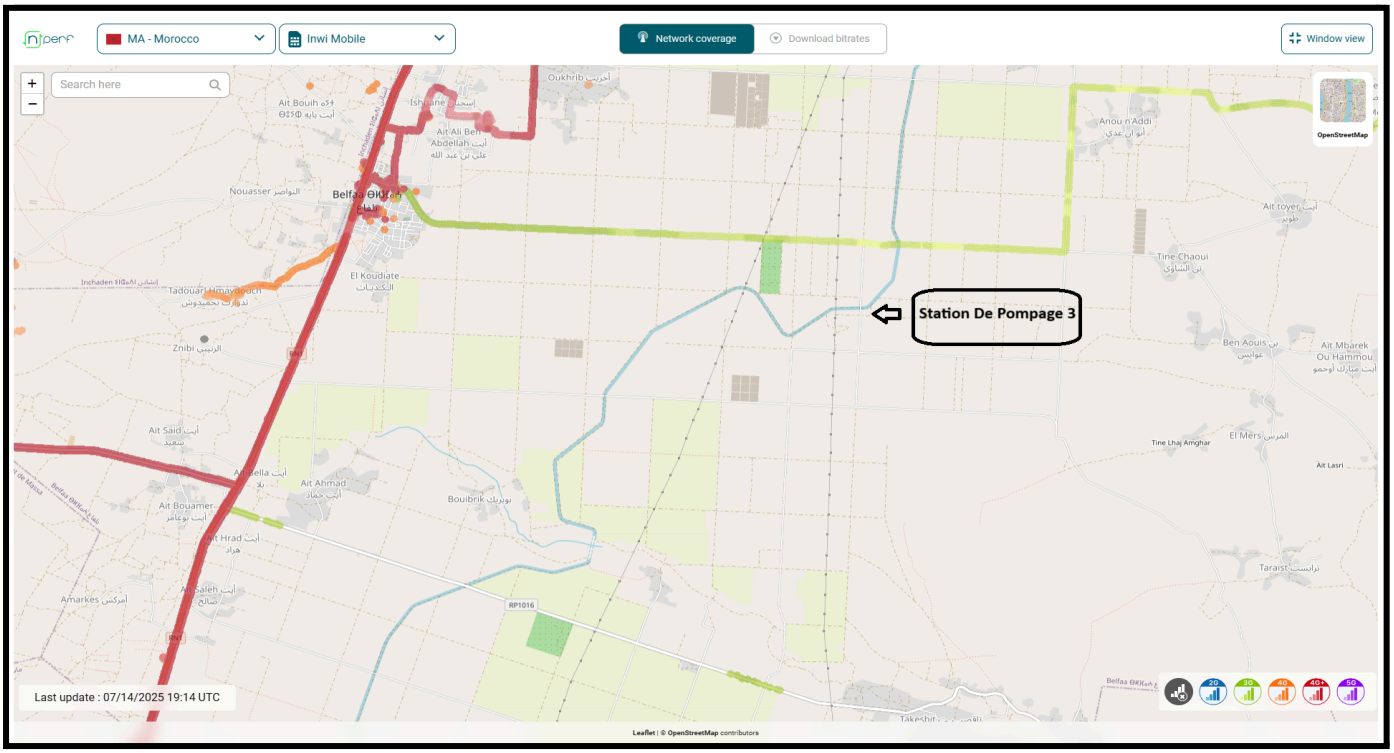




Carte de couverture réseaux d'opérateur INWI au niveau de la SP2

La carte de couverture montre que la Station de pompage (SP2) est implantée dans une zone bénéficiant d'une couverture réseau stable et homogène. Cette qualité de signal permet d'assurer la continuité des échanges de données, notamment pour les opérations de télégestion, d'alerte à distance et de supervision. La bonne performance du réseau à ce niveau réduit significativement les risques de pertes de connectivité ou de délais dans la transmission d'informations critiques liées à l'exploitation de la station.

La station de pompage (SP3) bénéficie également d'une connectivité réseau robuste et suffisante, clairement illustrée sur la carte de couverture ci-dessous. Cette couverture de qualité est essentielle pour garantir une connectivité efficace et continue, permettant ainsi une transmission fiable et rapide des données.



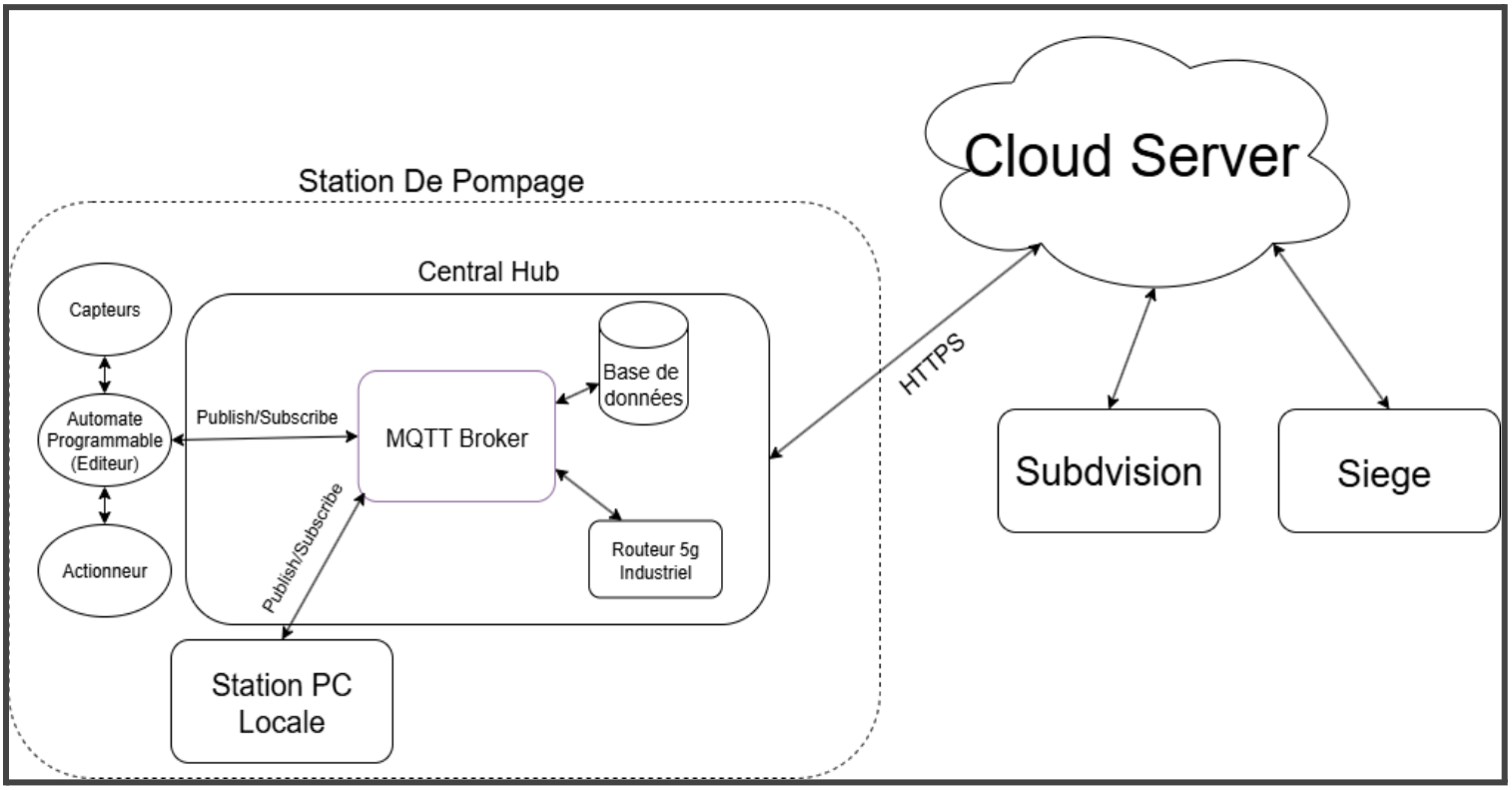
Carte de couverture réseaux d'opérateur INWI au niveau de la SP3

L'Architecture au niveau des stations :

Au niveau de chaque station de pompage, l'architecture repose sur un ensemble coordonné de capteurs, d'actionneurs et des automates programmables chargés d'orchestrer localement la sécurité , arrêt sur marche à sec, maintien de la pression nominale – tout en publiant, via le routeur 4G sécurisé, un flux MQTT chiffré vers le centre de supervision. Cette granularité "station" assure que chaque point d'eau dispose d'une intelligence embarquée capable de poursuivre

Il est donc nécessaire de poser une architecture alignée avec le choix de l'architecture globale et les processus des stations , en fonction des équipements présents et disponibles au sein des stations , sans négliger l'aspect technico-économique, une attention particulière doit également être portée à l'architecture du système mise en œuvre au

niveau des stations, afin d'assurer à la fois la performance opérationnelle, la pérennité des infrastructures, et l'optimisation des coûts.



L'Architecture Proposée Au Niveau Des Stations

-MQTT est une architecture de publication/abonnement développée principalement pour connecter des appareils à bande passante et à puissance limitée sur des réseaux sans fil. Il s'agit d'un protocole simple et léger qui s'exécute sur des sockets TCP/IP ou WebSockets. MQTT sur WebSockets peut être sécurisé avec SSL. L'architecture de publication/abonnement permet de pousser les messages vers les appareils clients sans que l' appareil ait besoin d'interroger en permanence le serveur.

-Le MQTT broker est le point central de communication et il est chargé de répartir tous les messages entre les expéditeurs et les destinataires légitimes. Un client est tout appareil qui se connecte au broker et peut publier ou s'abonner à des rubriques pour accéder aux informations. Une rubrique contient les informations de routage pour le broker. Chaque client qui souhaite envoyer des messages les publie dans un certain sujet, et chaque client qui

souhaite recevoir des messages s'abonne à un certain sujet. Le broker distribue tous les messages avec le sujet correspondant aux clients appropriés.

Le schéma ci-dessus illustre l'architecture détaillée du système , ce système repose sur une approche distribuée, où la collecte, le traitement et la transmission des données sont assurés localement par une infrastructure intelligente, puis synchronisées avec un serveur distant hébergé dans le cloud.

Au niveau de la station de pompage, plusieurs éléments doivent être déployés pour assurer une gestion automatisée. Les capteurs permettent de mesurer en continu les paramètres critiques tels que le débit, la pression, ou l'humidité du sol. Ces données sont transmises à un automate programmable, qui joue le rôle d'unité centrale locale, l'automate prend des décisions en fonction des seuils définis et pilote les actionneurs (vannes, pompes, etc.) en conséquence.

Toutes les interactions entre ces composants sont supervisées à travers une Station PC Locale, qui offre une interface homme-machine pour les techniciens sur site. Cette interface permet la configuration, la maintenance et la surveillance en temps réel des installations.

Le MQTT Broker , intégré au hub central, assure les échanges de données entre les capteurs, l'automate, le PC local et les services distants via le protocole publish/subscribe. Ce protocole, léger et efficace, permet une communication fluide et optimisée, même avec des ressources réseau limitées.

Les données collectées sont également stockées dans une base de données locale, ce qui assure une redondance et permet une analyse différée en cas de déconnexion du réseau. Un routeur industriel 5G connecte l'ensemble du système à l'extérieur, garantissant une transmission fiable et sécurisée vers le cloud, avec une tolérance aux environnements industriels hostiles.

Les données de la station sont transmises en toute sécurité via une connexion HTTPS vers un serveur cloud privé . Ce dernier centralise les informations provenant de plusieurs stations, les analyse et les rend accessibles aux décideurs. Grâce à des interfaces adaptées, les centres de supervision régionaux (Subdivisions) ainsi que le siège de l'organisation peuvent visualiser l'état du système, analyser les performances, et piloter à distance certaines fonctions.

Le Central Hub constitue du système local au niveau de la station de pompage assure l'interconnexion entre les différents équipements critiques : automates programmables (PLC), capteurs, actionneurs, le PC local de la station, ainsi que le routeur industriel 5G. Cette passerelle centralise les données collectées par les capteurs (telles que pression, débit ou humidité), les traite via les automates, puis les transmet via le protocole MQTT au PC local ou au serveur distant. Il joue ainsi un rôle clé dans la supervision en temps réel, la prise de décision automatisée, et la synchronisation avec le Cloud, garantissant la cohérence et la fiabilité de l'ensemble du système d'irrigation connecté.

Cette centralisation offre une vision globale du réseau d'irrigation, optimise la gestion des ressources en eau, et permet une réactivité accrue face aux anomalies ou aux besoins spécifiques des cultures.

Plate-forme techniques et l'intégration de l’intelligence artificielle:

Une plateforme technique représente la fondation technologique complète sur laquelle les systèmes et applications sont construits, déployés et gérés. Elle englobe non seulement l'infrastructure matérielle, mais aussi les logiciels, les protocoles de communication et les outils de développement qui permettent à un système de fonctionner de manière cohérente. Ce chapitre est consacré à la présentation de la conception de l’application web développée dans le cadre de l'étude.

En ce qui concerne la conception des systèmes, l'architecture logicielle décrit la structure fondamentale d'un programme ou d'un système informatique, définissant ses principaux composants, leurs interactions et les principes qui guident leur conception et leur évolution. C'est en quelque sorte le plan directeur qui assure la performance, la sécurité et la maintenabilité du système.

Complémentairement, l'architecture de l'information se concentre sur l'organisation et la structuration du contenu pour le rendre facilement trouvable et compréhensible par les utilisateurs. Elle détermine comment les informations sont classées, étiquetées et rendues navigables, garantissant ainsi une expérience utilisateur intuitive, que ce soit sur un site web, une application ou une base de données.

Ces technologies , bien que distinctes, sont intrinsèquement liées ; l'une fournit l'ossature technique, l'autre rend l'information intelligible pour l'utilisateur final.

Voici quelques exemples des solutions de communication possibles à adopter au niveau des stations.

Technologie de Communication	Domaine d'Application et Mise en Œuvre
LoRaWAN (Long Range Wide Area Network)	*Solution idéale pour les capteurs à faible consommation et autonomes. Son déploiement nécessite l'installation de passerelles (gateways) spécifiques, ce qui le rend pertinent pour la création de réseaux privés pour la lecture de compteurs, les capteurs de pression, etc.*
NB-IoT (Narrowband-Internet of Things)	*Technologie cellulaire pour l'IoT, parfaite pour les zones difficiles d'accès (bâtiments, sous-sols) et les appareils nécessitant une longue autonomie. Son implémentation s'appuie sur l'infrastructure existante des opérateurs mobiles, la rendant simple à intégrer là où la couverture est disponible.*
4G LTE	*Adaptée pour des applications exigeantes en bande passante et à faible latence. Elle est mise en œuvre pour la télésurveillance vidéo, la transmission de données volumineuses ou les contrôles en temps réel, mais au prix d'une consommation d'énergie plus élevée et d'une autonomie limitée pour les capteurs simples.*

Conception de l'Interface De Commande et de Télésupervision (Application - Télégestion SP) :

Pour permettre une gestion à la fois intuitive et performante des stations de pompage, l'office conçu une interface de commande moderne et complète, se présentant sous la forme d'une application sous le nom Télégestion SP. Cette solution est le point de convergence de toutes les données du système et offre un contrôle centralisé.

L'objectif principal de l'application Télégestion SP est de fournir au personnel des centres de mise en valeur et du siège , une vision claire et en temps réel de l'état de chaque station, tout en facilitant les interventions et la prise de décision. Cette interface est dotée de nombreuses fonctionnalités, allant de la l'analyse de données et permet une supervision efficace, que ce soit depuis un ordinateur au centre de contrôle ou un appareil mobile sur le terrain.

Stack Technologique :

Le stack technologique adopté pour ce projet est conçu pour assurer une gestion complète, de la collecte des données sur le terrain jusqu'à leur visualisation et leur contrôle. Au cœur de l'application se trouve React, qui a permis de développer une interface utilisateur riche, dynamique et hautement réactive. Son architecture par composants rend l'application modulaire et facile à maintenir, ce qui est essentiel pour un système capable de gérer de multiples fonctionnalités en temps réel, comme les tableaux de bord interactifs et la carte de supervision.

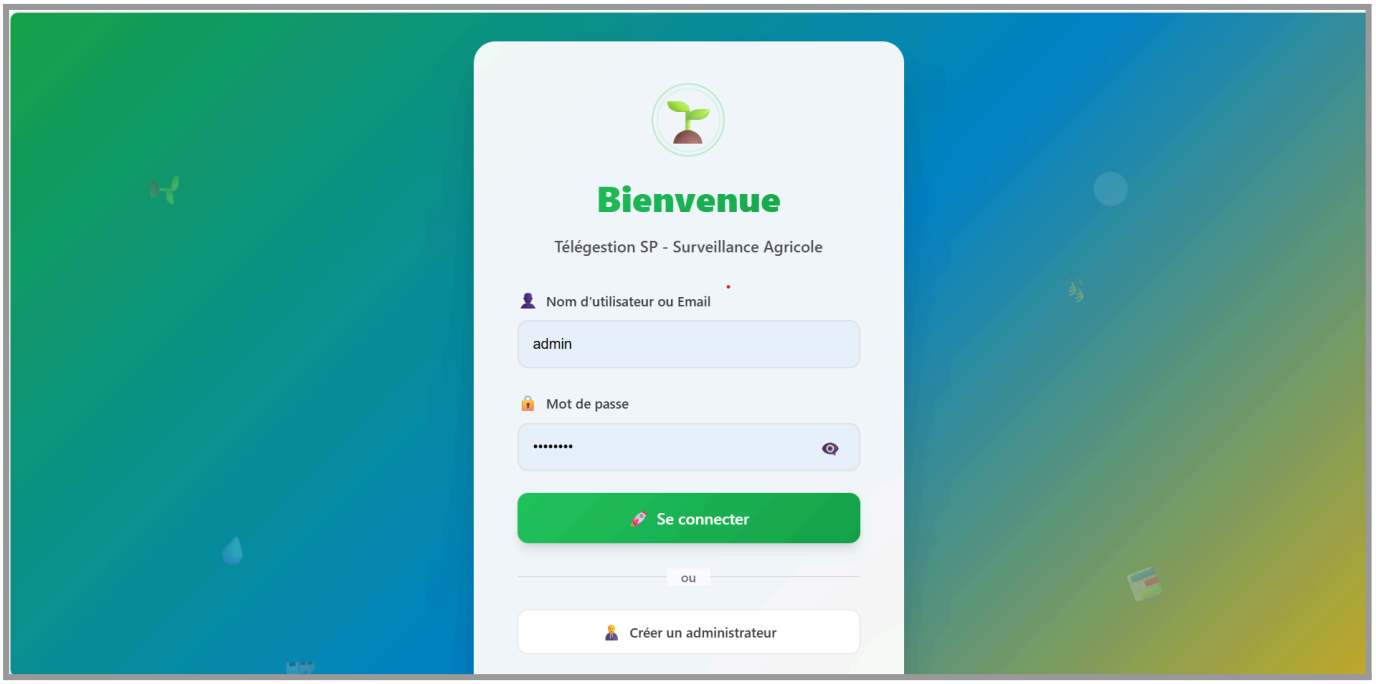
Choix Technologique	Implementation
Node Js + Express js	Serveur web et API REST
Socket.IO	Communication temps réel (Websocket)
SQLite	Base de données légère et portable
JWT	Authentification sécurisée
bcrypt	Chiffrement de mots de passe
SerialPort	Communication avec capteurs Arduino
MQTT	Protocole IoT pour capteurs distribués
ModBus	Communication industrielle
NodeMailer	Système d'alerte par email
React Js	Interface utilisateur moderne

Fonctionnalités de l'application Télégestion SP :

Le développement de l'application a été conçue pour s'aligner parfaitement avec les différents processus et métiers des stations , des CMS et du siège, en offrant une gamme complète de fonctionnalités. Le monitoring en temps réel est au cœur du système, permettant un suivi précis des données de capteurs (humidité, température, niveau d'eau) et des statuts des stations, le tout complété par des graphiques de données historiques et un système d'alertes automatiques par email.

- Système d'Authentification :

Ce mécanisme est bien plus qu'une simple barrière , il est le fondement de la gestion des accès. En identifiant chaque utilisateur de manière unique, le système peut attribuer des rôles et des permissions spécifiques



Page De Connexion/Authentification

Cela signifie qu'un opérateur de terrain n'aura pas les mêmes droits qu'un responsable de centre de mise en valeur, empêchant ainsi les modifications non autorisées et protégeant les données critiques. Ce système d'authentification sécurisé garantit que seuls les utilisateurs autorisés peuvent visualiser les informations et interagir avec les stations de pompage, assurant une gouvernance fiable et une traçabilité complète de toutes les actions.

- Tableau de bord interactif :

Le tableau de bord interactif agricole est l'élément central de l'application, agissant comme le centre de commande et de surveillance du système de télégestion. Sa conception a été pensée pour offrir une vue d'ensemble claire et immédiate de l'ensemble du système, permettant aux utilisateurs de comprendre l'état global des opérations en un coup d'œil.

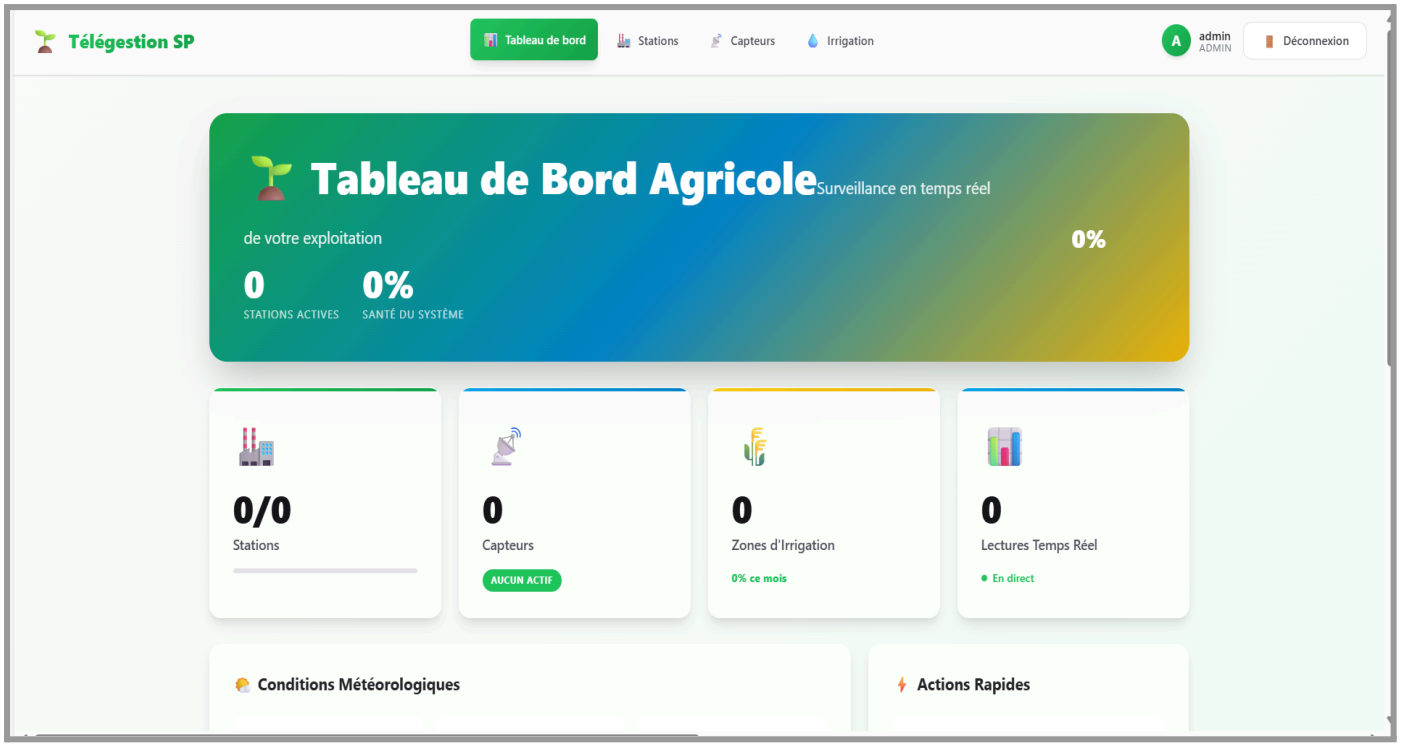


Tableau De Bord

La vue d'ensemble du système est la première chose que l'utilisateur découvre. Elle sert de tableau de bord généraliste, offrant une vision macroscopique de l'état de toutes les stations de pompage en un seul coup d'œil. Cette carte visuelle permet d'identifier immédiatement les stations actives, celles en maintenance ou celles qui signalent une alerte, sans avoir à naviguer dans des menus complexes. Elle est conçue pour permettre une prise de conscience rapide de la situation globale, ce qui est crucial pour la gestion d'un réseau étendu.

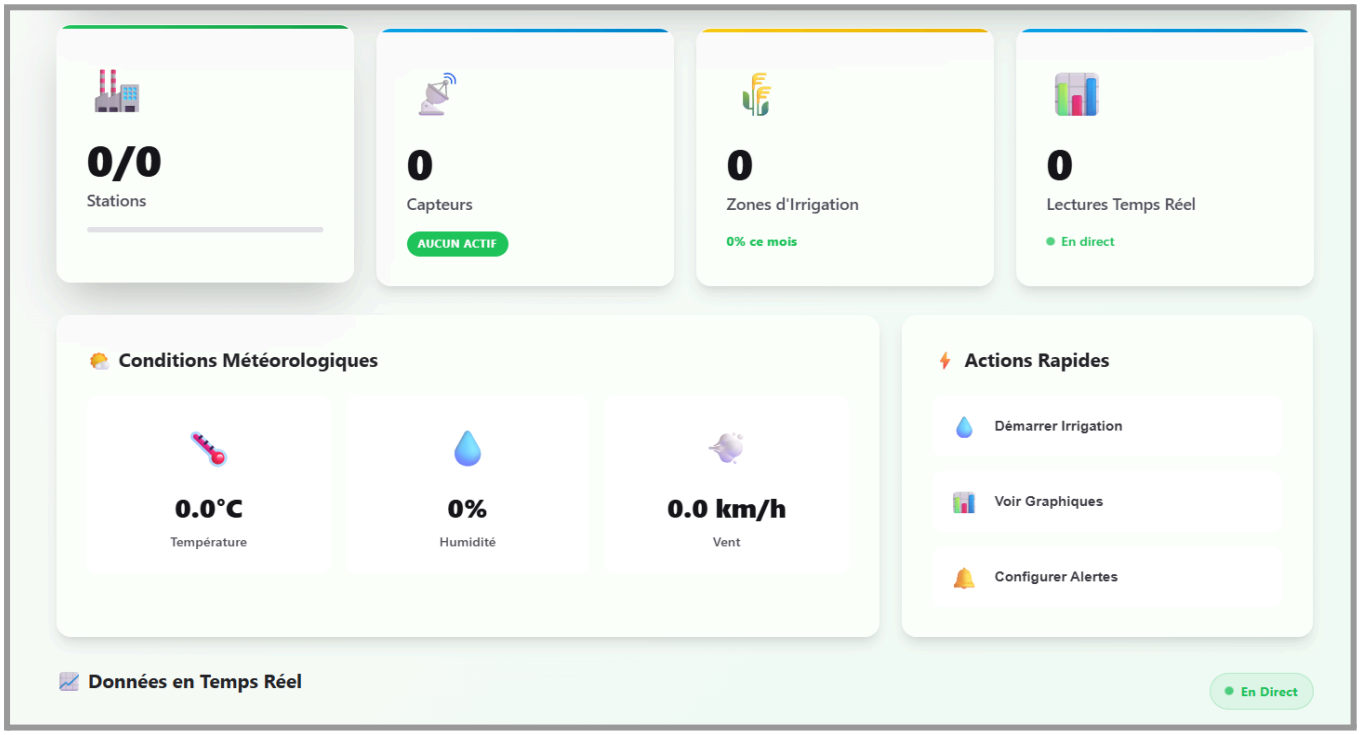


Tableau De Bord

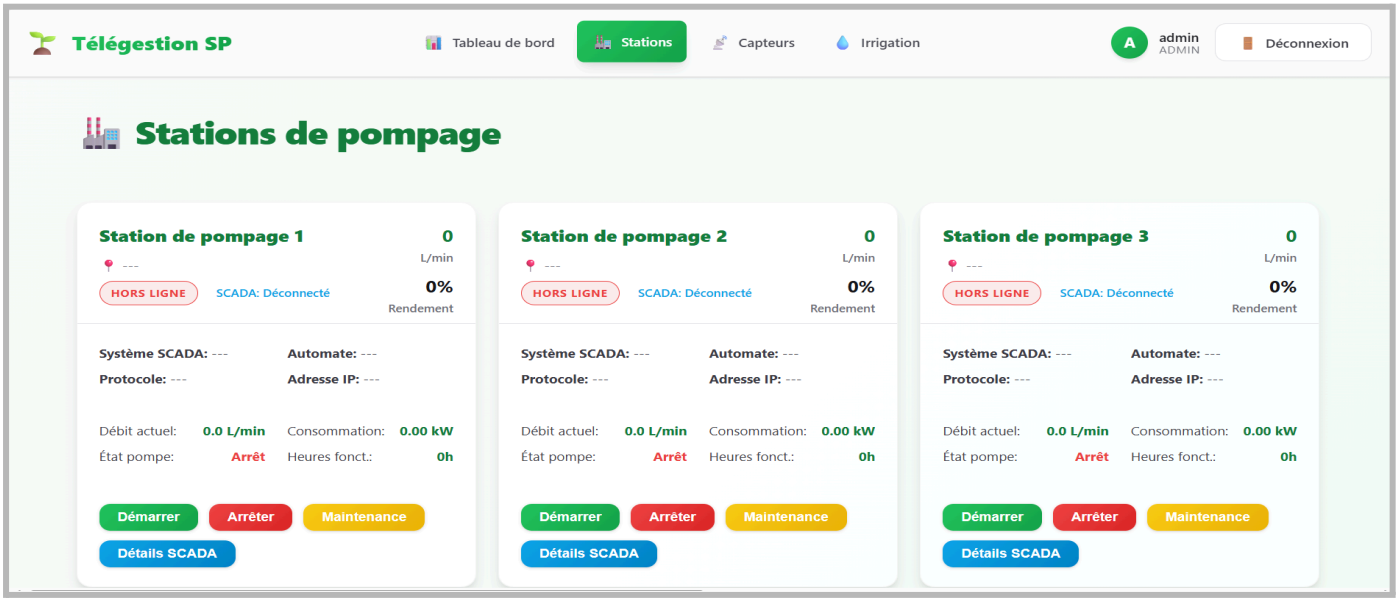
Cette vue globale est alimentée par des statistiques en temps réel, qui apportent les données numériques brutes et vivantes du terrain directement à l'utilisateur. Qu'il s'agisse de mesurer le débit instantané d'une pompe, la pression dans une conduite, le niveau d'eau dans un réservoir ou la consommation électrique, ces statistiques fournissent une information immédiate et précise. Elles permettent au personnel de superviser le fonctionnement en direct, d'évaluer les performances et de réagir promptement à la moindre fluctuation ou anomalie, garantissant ainsi une réactivité maximale.

Pour donner du sens à ces chiffres, les graphiques dynamiques transforment les statistiques en temps réel en tendances visuelles claires. Ces graphiques ne se contentent pas d'afficher des données ; ils évoluent en direct, permettant d'observer les variations au fil du

temps. L'utilisateur peut ainsi analyser les cycles de pompage, identifier les pics de consommation ou détecter des baisses de performance sur une période donnée. Cette visualisation dynamique est un outil essentiel pour la prise de décision, car elle facilite l'analyse des données historiques et aide à optimiser les opérations sur le long terme.

- Gestion des stations de pompage :

La gestion des stations de pompage via l'application de télégestion a été conçue pour offrir un contrôle total et précis sur les infrastructures. Les opérateurs ne se contentent pas de surveiller ; ils peuvent interagir directement avec les équipements.



Gestion des stations de pompages

Cette fonctionnalité clé permet de contrôler à distance les stations, donnant la possibilité de démarrer, d'arrêter ou d'ajuster les pompes en temps réel, sans la nécessité d'une présence physique sur le site.

L'application est dotée aussi d'une vue d'ensemble du système, ce qui permet aux utilisateurs de visualiser en un coup d'œil l'état global du

réseau et d'identifier rapidement toute station nécessitant une attention particulière. Bien plus qu'une simple carte de localisation, cette fonctionnalité cruciale offre une représentation dynamique et interactive des infrastructures.



Vue d'ensemble des stations

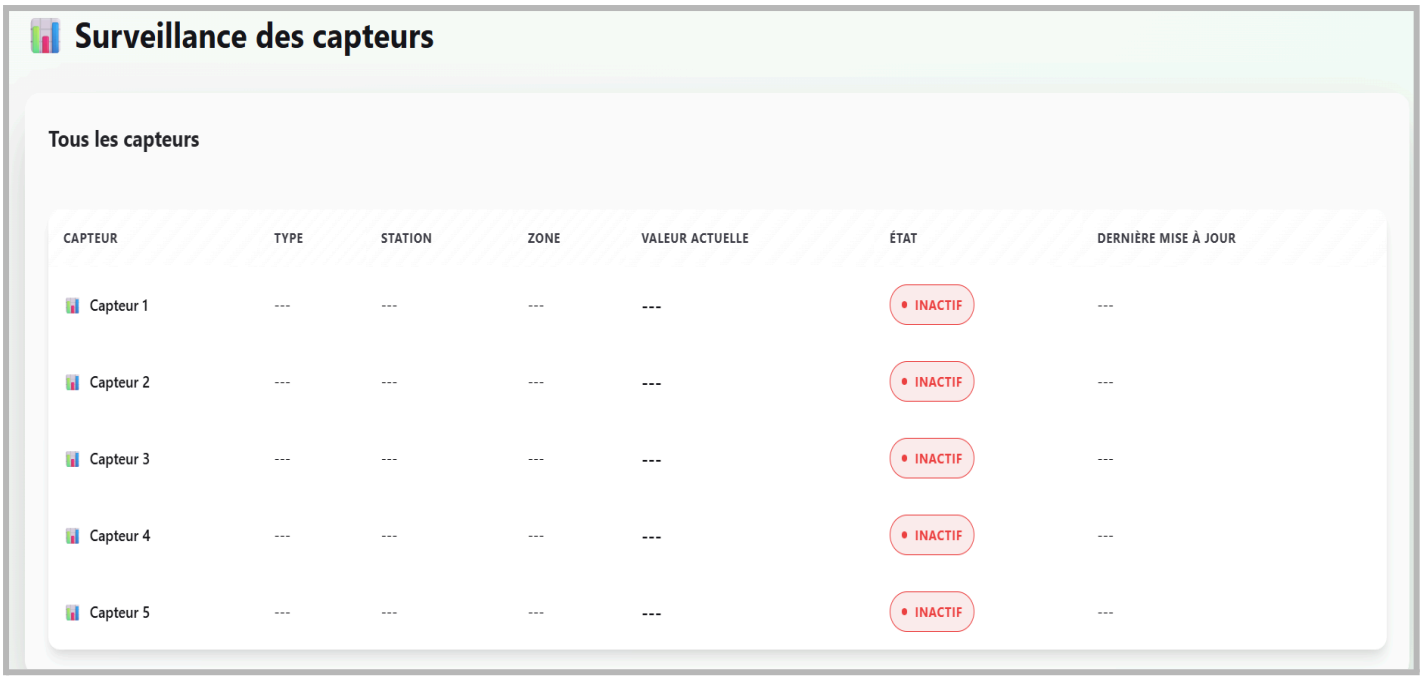
STATION	LOCALISATION	SYSTÈME SCADA	AUTOMATE	PROTOCOLE	CAPACITÉ	RENDEMENT	ÉTAT	ZONES	CAPTEURS
Station de pompage 1	---	--- ---	---	---	0 L/min	0%	HORS LIGNE	0	0
Station de pompage 2	---	--- ---	---	---	0 L/min	0%	HORS LIGNE	0	0
Station de pompage 3	---	--- ---	---	---	0 L/min	0%	HORS LIGNE	0	0
Station de pompage 4	---	--- ---	---	---	0 L/min	0%	HORS LIGNE	0	0
Station de pompage 5	---	--- ---	---	---	0 L/min	0%	HORS LIGNE	0	0

Vue d'ensemble des stations

Elle affiche l'état opérationnel de chaque station grâce à des icônes ou des codes couleur distinctifs, signalant si une pompe est active, inactive, en maintenance ou en alerte. Cette capacité à comprendre instantanément la situation globale est essentielle pour la prise de décision. Elle permet aux responsables des CMVA de prioriser les interventions, de détecter les problèmes émergents et de dispatcher le personnel de manière plus efficace. En fournissant une vision complète et contextualisée, cette vue d'ensemble transforme une tâche de surveillance potentiellement complexe en un processus simple et direct.

- Gestion des capteurs :

La gestion des capteurs est aussi présente dans Télégestion SP, permettant un monitoring précis et en temps réel de l'ensemble des infrastructures.



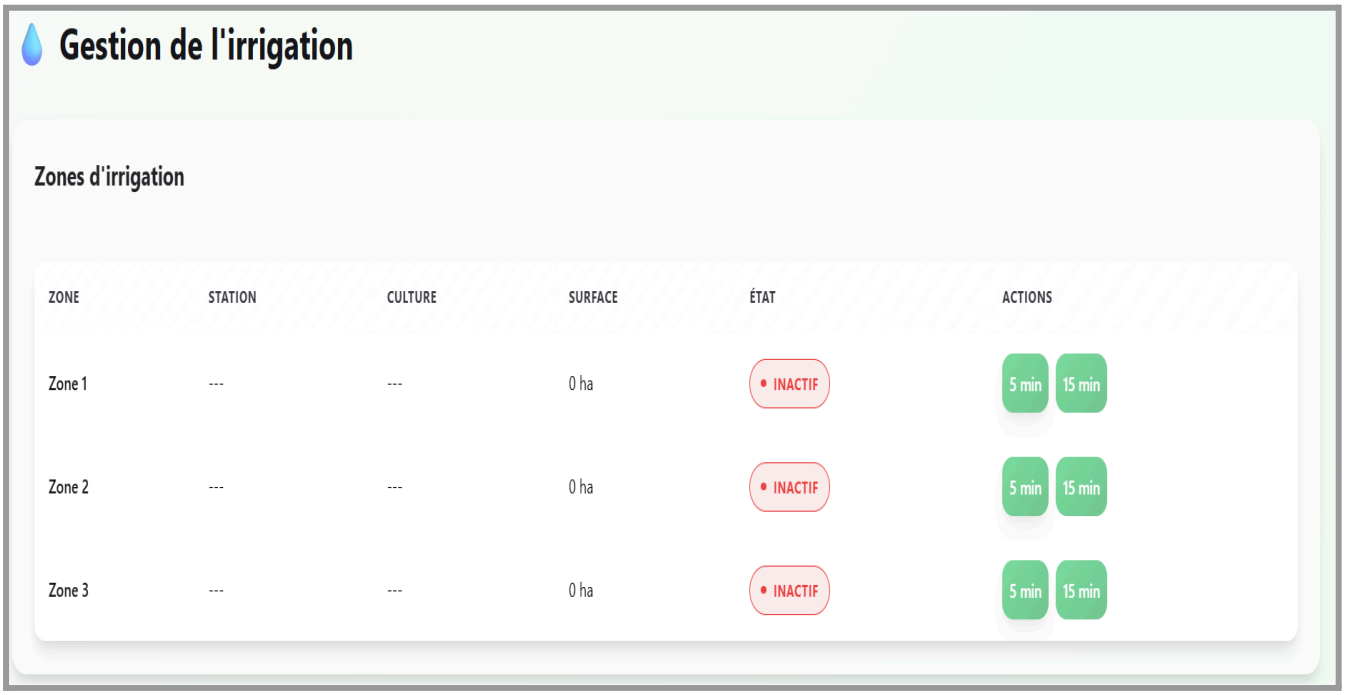
Gestion Des Capteurs

Grâce à une variété de capteurs installés sur le terrain, l'application collecte des données cruciales et variées, telles que l'humidité du sol, la température, le pH et le niveau d'eau dans les réservoirs. Ces informations, transmises en continu, alimentent le système pour déterminer le statut de chaque station (en ligne, hors ligne, ou en maintenance).

- Gestion de l'irrigation :

La gestion de l'irrigation via l'application d' un processus dynamique qui allie l'automatisation intelligente et une réactivité continue pour optimiser l'utilisation de l'eau. Au cœur de cette approche se trouvent

des cycles d'actions cadencés qui permettent au système de s'adapter en permanence aux conditions de terrain.



Gestion de l'irrigation

Par exemple , le système peut être configuré pour effectuer une action toutes les 5 minutes, agissant comme une couche de surveillance. Cela lui permet de consulter en temps réel les données critiques des capteurs, comme les débits ou les pressions, et de détecter instantanément toute anomalie, fuite ou variation inattendue. Cette fréquence de 5 minutes est cruciale pour une réaction immédiate, protégeant ainsi l'infrastructure et prévenant les incidents coûteux.

L'intégration de l'intelligence artificielle:

L'IA est un domaine interdisciplinaire en rapide évolution axé sur la reproduction de l'intelligence humaine dans les dispositifs informatiques. Au cœur de l'IA se trouve l'apprentissage automatique (Machine Learning), une approche basée sur les données qui permet

aux algorithmes d’apprendre à partir de modèles et de tendances dans les données, leur permettant de faire des prédictions précises pour l’avenir.

L'IA permet d'aller au-delà de la simple automatisation. En analysant les données historiques et en temps réel des modèles prédictifs peuvent optimiser le pompage de manière dynamique. Par exemple, l'IA peut planifier les cycles d'irrigation pour réduire la consommation d'énergie aux heures de pointe et adapter la distribution de l'eau aux besoins précis des cultures.

L'analyse des données de fonctionnement des pompes (vibrations, température du moteur, pression) par des algorithmes d'IA permet de détecter des signaux faibles annonciateurs de pannes. Plutôt que d'intervenir après une panne, le système peut alerter l'équipe de maintenance avant qu'elle ne se produise, réduisant ainsi les temps d'arrêt et les coûts de réparation.

L'IA peut aussi synthétiser de vastes quantités de données pour fournir aux gestionnaires des tableaux de bord et des rapports enrichis, facilitant la prise de décisions stratégiques en matière d'allocation des ressources et d'investissement dans les infrastructures.

L'intégration de l'IA représente la phase finale de l'optimisation, permettant d'achever une gestion véritablement efficace une fois qu'un volume de données satisfaisant a été collecté. Cette richesse informationnelle devient la base sur laquelle les algorithmes peuvent opérer pour générer des analyses prédictives et des décisions automatisées.

Conclusion :

Sur le plan économique, l'investissement initial dans le système de télégestion peut sembler élevé, notamment pour les équipements de terrain, la communication sécurisée, les serveurs et les logiciels de supervision. Cependant, les retombées économiques sont très significatives à moyen et long terme.

Ensuite, les économies d'énergie constituent un atout majeur. La télégestion permet d'optimiser les cycles de pompage en fonction des besoins réels, et d'ajuster précisément les performances des pompes. Cette consommation intelligente se traduit par une baisse substantielle et optimise les conditions d'utilisation d'énergies. L'allongement de la durée de vie des équipements, grâce à une maintenance proactive et une utilisation optimisée, a reporté de plusieurs années les coûts de remplacement des infrastructures, générant ainsi un retour sur investissement tangible et durable.

Après la visite technique aux stations de pompage 1 et 3, il est apparu clairement que la mise en place d'un système de télégestion est techniquement faisable, mais qu'elle nécessite une approche structurée et progressive. Les équipements sur site sont globalement compatibles avec les technologies modernes de supervision (automates, capteurs, interfaces), mais certains aspects comme la qualité du réseau, l'alimentation électrique et la configuration logicielle demandent une adaptation locale.

Ainsi, il est recommandé de débuter par un déploiement en local, en installant un système SCADA hébergé sur un serveur local sécurisé au niveau de station. Ce mode de fonctionnement permettra de tester l'ensemble des fonctionnalités (collecte de données, envoi d'alarmes,

visualisation temps réel, archivage), de former les opérateurs, et d'optimiser les réglages techniques.

Une fois le système stabilisé en local, la seconde étape consistera à migrer l'architecture vers une solution cloud, ce qui offrira davantage de souplesse, une meilleure accessibilité à distance, et des capacités d'évolution plus importantes (analytique avancée, supervision multi-site, mobilité). Cette stratégie progressive réduit les risques techniques, facilite la montée en compétence des équipes, et permet un contrôle maîtrisé des coûts.

Références :

- [Dossier Eau] L’eau dans l’agriculture marocaine
- Milesight UR75 - Routeur 5G industriel | Ozone Connect Maroc
- "Comment le protocole MQTT est devenu le standard de l’Internet des objets"
- Smart Irrigation System For Precision Farming: 2025 Trends
- Télégestion agricole | À quoi ça sert et comment ça fonctionne ? | IRRID'OC, Béziers
- Inwi Mobile 3G / 4G / 5G coverage in Agadir, Pachalik d'Agadir □□□□□□□□□□ □ □□□□□□ باشوية أكادير, Agadir Ida-Outanane Prefecture, Morocco - nPerf.com