



TOME 1

Concevoir et construire SmagElios

Du besoin à la première installation extérieure intelligente

Observer avant d'agir. Comprendre avant d'automatiser. Réparer avant de remplacer.

Documentation vivante — Version 2.0 — Juillet 2026

Informations sur le document

Titre	SmagElios — Concevoir et construire une station extérieure intelligente
Tome	Tome 1 — Vision, architecture et méthode de construction
Version	2.0
Statut	Référence de conception initiale — documentation vivante
Fondateur du projet	Pierre-Marie Smagalla
Nature	Projet personnel open-source, progressif et auto-hébergeable
Source de vérité	Dépôt GitHub privé, branche main
Identité	Inter ; vert #2E8B57 ; bleu #1E88E5 ; jaune #F9A825 ; brun #795548 ; anthracite #37474F ; rouge #D32F2F

Ce tome consolide les décisions et intentions exprimées depuis l'origine du projet. Il ne prétend pas figer tous les composants : il fixe le sens, les principes, l'architecture, les critères de choix et la méthode de validation. Les procédures détaillées, fiches composants, codes et modes opératoires seront maintenus dans les tomes spécialisés et dans le dépôt Git.

Les travaux impliquant le 230 V, une pompe, un puits, des relais de puissance, des équipements extérieurs ou une installation hydraulique peuvent provoquer électrocution, incendie, dégâts matériels ou blessures. Les protections doivent respecter les règles applicables et être validées par un professionnel qualifié lorsque le risque ou la réglementation l'exige.

Sommaire

1. Pourquoi SmagElios ?	4
Une maison ne vit pas dans une moyenne régionale	5
Une réponse pragmatique aux contraintes climatiques	5
Un outil qui éclaire le jugement	5
2. Les valeurs du projet	5
Faire simple avant de faire complet	5
Construire progressivement	5
Réparer avant de remplacer	6
Concevoir pour durer	6
Ouvert par conception, privé par défaut	6
Documenter avant d'oublier	6
Prendre plaisir à construire	6
3. Un projet ambitieux construit par une seule personne	6
Une contrainte qui guide les bons choix	7
4. La méthode SmagElios	7
La boucle de réalisation	8
5. Voir l'ensemble	9
Les grandes couches	10
6. Regarder le passé, le présent et l'avenir	11
Le passé apprend	11
Le présent décrit	11
L'avenir aide à anticiper	12
7. Faire circuler les informations	12
Ethernet obligatoire, Wi-Fi complémentaire	12
MQTT comme langage commun	12
Services indispensables	13
8. Donner de l'énergie au système	13
PoE lorsque le câble réseau est disponible	13
Photovoltaïque pour les sites isolés	13
230 V : seulement quand il est justifié	14
9. Protéger les personnes et les équipements	14
Principes de sûreté	15
10. Apprendre à regarder le ciel	16

Mesures essentielles	16
Emplacement et représentativité	16
11. Écouter ce que raconte le sol	17
Commencer par l'humidité et la température	17
EC, pH et NPK : progresser avec prudence	17
12. Respirer et comprendre l'air extérieur	17
Particules fines	17
CO ₂ , COV et autres gaz	18
13. Connaître l'eau disponible	18
Niveau du puits ou de la réserve	18
Débit et état de la pompe	18
14. Décider avant d'arroser	19
Les conditions d'une décision	19
15. Commander l'eau sans perdre le contrôle	19
Électrovannes et zones	20
Pompe et protections	20
16. Aider sans décider à la place	20
Des automatismes explicables	20
17. Garder une mémoire fiable	21
Le modèle central	21
Agrégations et rétention	22
18. Voir sans se noyer	22
Grafana pour l'analyse	22
Home Assistant, Node-RED et site web	22
19. Être averti au bon moment	22
Niveaux et acquittement	22
20. Choisir les composants	24
La grille de comparaison	24
21. Assembler pour pouvoir réparer	24
Boîtiers extérieurs	25
Connectique et câbles	25
22. Évaluer l'impact environnemental avec pragmatisme	25
Réduire plutôt qu'ajouter	25
23. Protéger les accès et les données	26
Segmentation et accès distant	26

Secrets et identités	26
24. Rester maître de ses mesures	27
Partage scientifique explicite	27
25. Faire de Git la source de vérité	27
Organisation recommandée	27
Licences et marque	27
26. Tester avant de faire confiance	28
Plan de test minimal	28
27. Entretenir sans tout réapprendre	28
Journal et inventaire	28
28. La première version utile	29
Périmètre recommandé	29
29. La feuille de route réaliste	30
30. Les décisions structurantes déjà prises	30
31. Conclusion du Tome 1	31
Une fondation, pas une promesse irréaliste	31
A. Modèle de fiche de décision	32
B. Modèle de fiche de test	32
C. Convention de nommage	32
D. Checklist avant installation extérieure	33
E. Glossaire minimal	33
F. Historique de version	34

PARTIE I

LE POINT DE DÉPART

Pourquoi SmagElios existe, ce qu'il cherche à préserver et les limites qui rendent le projet réalisable.

Trois horizons pour décider



Passé

Apprendre des mesures précédentes

Comparer saisons et événements



Présent

Connaître l'état réel du jardin

Détecter les anomalies



Avenir

Intégrer les prévisions météo

Éviter une action inutile

Le passé apprend, le présent décrit, l'avenir aide à anticiper.

1. Pourquoi SmagElios ?

Le projet est né d'un besoin concret : comprendre l'environnement proche pour prendre de meilleures décisions.

Une maison ne vit pas dans une moyenne régionale

Une prévision météorologique publique décrit une zone et reste indispensable. Elle ne décrit pourtant pas exactement un jardin, un mur exposé au sud, une zone ombragée, un sol argileux, un potager, une réserve ou un puits. Deux emplacements distants de quelques dizaines de mètres peuvent présenter des températures, une humidité du sol ou un ensoleillement sensiblement différents.

SmagElios complète donc les informations générales par des observations prises là où les décisions sont appliquées. L'objectif n'est pas de concurrencer un service météorologique, mais de relier une connaissance régionale à une réalité locale.

Une réponse pragmatique aux contraintes climatiques

Les périodes chaudes, les sécheresses, les pluies intenses et l'irrégularité saisonnière rendent les habitudes anciennes moins fiables. Arroser à heure fixe sans connaître l'état du sol peut gaspiller de l'eau, favoriser certaines maladies et consommer inutilement l'énergie de la pompe.

Le système doit aider à utiliser la bonne quantité d'eau, au bon endroit et au bon moment. Il observe les pluies passées, l'humidité réelle, la disponibilité de l'eau et les prévisions à venir. Il doit aussi savoir ne rien faire lorsque l'action n'est pas justifiée.

La meilleure énergie est celle que l'on ne consomme pas. La meilleure eau est celle que l'on n'a pas eu besoin de puiser.

Un outil qui éclaire le jugement

Le projet ne cherche pas à remplacer le jugement humain. Il cherche à lui apporter des informations fiables. Une recommandation doit être explicable. Une automatisation doit être contestable, limitée et réversible. Une panne du système informatique ne doit jamais transformer une situation normale en danger.

Au début, SmagElios mesurera et présentera les données. Ensuite, il produira des alertes et des recommandations. L'action automatique ne viendra qu'après une période suffisante de validation.

2. Les valeurs du projet

Une architecture technique n'a de sens que si elle reste fidèle à des valeurs explicites.

Faire simple avant de faire complet

La première version doit être utile et comprise. Chaque fonction ajoutée doit résoudre un besoin réel. Le principe YAGNI évite de construire aujourd'hui ce qui ne sera peut-être jamais utilisé.

Construire progressivement

Chaque sous-ensemble est prototypé, mesuré, testé puis documenté avant l'installation extérieure. Le projet grandit par modules indépendants.

Réparer avant de remplacer

Les boîtiers doivent pouvoir s'ouvrir, les connecteurs se remplacer, les modules se déposer et les références rester accessibles. Une panne ne doit pas condamner l'ensemble.

Concevoir pour durer

Le choix d'un composant tient compte de sa disponibilité, de sa documentation, de sa consommation, de son étanchéité, de sa stabilité et de sa maintenance.

Ouvert par conception, privé par défaut

Les logiciels et protocoles ouverts sont privilégiés. Les mesures d'une installation restent privées. Tout partage scientifique doit être explicite, limité et révocable.

Documenter avant d'oublier

Les décisions, schémas, essais, anomalies et interventions sont enregistrés au moment où ils se produisent. Git conserve l'historique technique.

Prendre plaisir à construire

SmagElios reste un projet personnel. La curiosité, l'apprentissage et la satisfaction de comprendre font partie du résultat attendu.

3. Un projet ambitieux construit par une seule personne

Le niveau d'exigence peut être professionnel sans imposer une organisation industrielle.

Une contrainte qui guide les bons choix

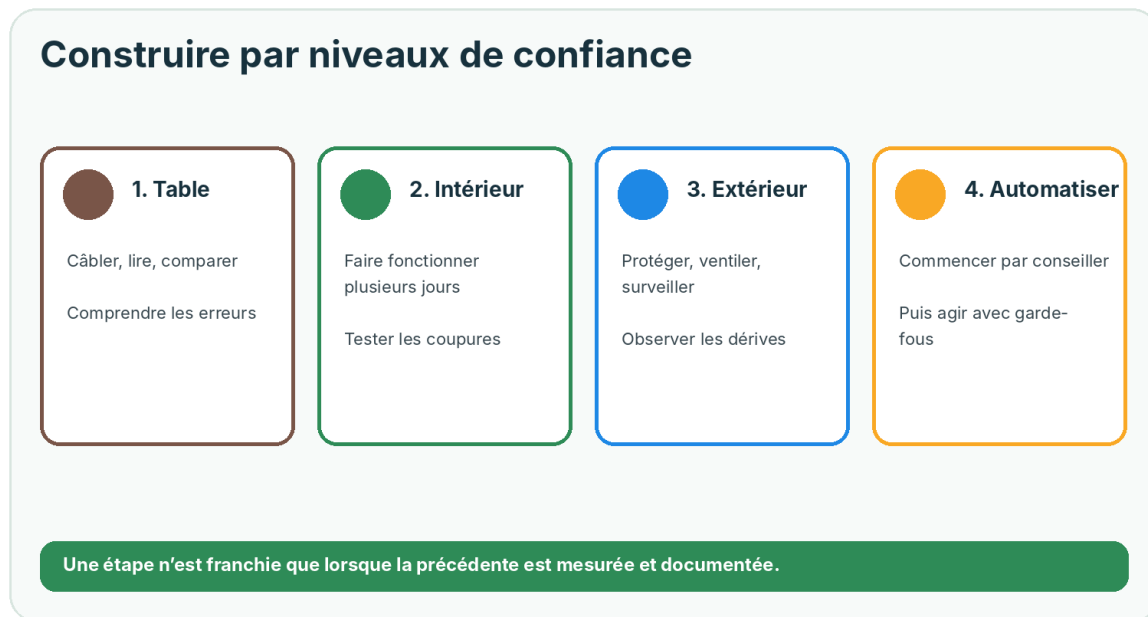
Le projet est conçu, assemblé et maintenu par une seule personne disposant de solides compétences en informatique, réseau, systèmes et bases de données, mais d'une expérience plus limitée en électronique, basse tension, étanchéité et bus terrain. La méthode doit donc sécuriser l'apprentissage : schémas lisibles, connectique détrompée, protections simples, mesures au multimètre et procédures reproductibles.

Une solution légèrement moins performante mais facile à comprendre, documenter et remplacer peut être préférable à une solution optimale mais opaque.

Critère	Question à se poser
Utilité	Cette fonction répond-elle à un besoin actuel ou immédiatement préparé ?
Compréhension	Puis-je expliquer le fonctionnement et diagnostiquer une panne ?
Temps	La maintenance reste-t-elle réaliste après plusieurs mois ?
Budget	Le coût total inclut-il alimentation, câbles, boîtiers, protections et pièces de rechange ?
Réversibilité	Puis-je revenir en mode manuel sans danger ?

4. La méthode SmagElios

Chaque avancée suit une boucle courte : cadrer, comparer, prototyper, mesurer, décider et documenter.



Les quatre niveaux de confiance avant l'automatisation

La boucle de réalisation

Le besoin est d'abord formulé sans citer de technologie. Les solutions possibles sont ensuite comparées selon le coût, la difficulté, la fiabilité et la maintenance. Un prototype minimal est monté sur table. Les critères de réussite sont écrits avant le test.

Les résultats sont conservés avec les photos, journaux et versions de configuration. Une conclusion claire indique si le montage est validé, à corriger ou abandonné. La décision rejoint ensuite le dépôt Git.

- Cadrer le besoin et les limites.
- Proposer une solution simple puis une évolution possible.
- Comparer les composants et protocoles.
- Expliquer précisément le raccordement.
- Définir le stockage et la supervision.
- Tester les pannes, coupures et valeurs incohérentes.
- Documenter avant l'installation définitive.

PARTIE II

COMPRENDRE L'ENSEMBLE

Une architecture locale, modulaire et observable relie le terrain aux décisions sans créer de dépendance inutile.

De la mesure à la décision



Observer

Capteurs météo, sol, air
et eau

Mesures brutes et états



Transmettre

Ethernet prioritaire

Wi-Fi complémentaire

MQTT local



Comprendre

Historique, qualité,
tendances

Croisement des données



Agir

Alertes, recommandations

Automatismes limités et
sûrs

Chaque étape reste observable, documentée, réversible et réparable.

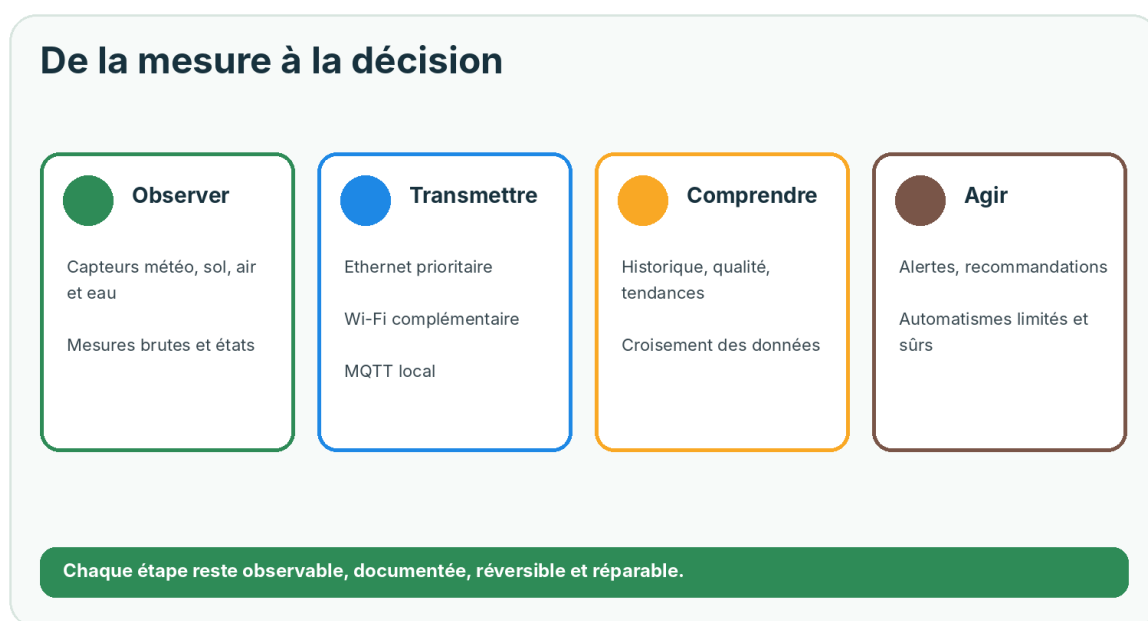
5. Voir l'ensemble

SmagElios est une chaîne de confiance, pas une accumulation de capteurs.

Les grandes couches

Au niveau du terrain, des capteurs mesurent la météo, le sol, l'air et l'eau. Des microcontrôleurs collectent ces signaux, effectuent les contrôles élémentaires et publient les informations. Le réseau local transporte les messages jusqu'au serveur.

Le serveur conserve les données, calcule des agrégations, affiche les tableaux de bord, exécute les règles et journalise les actions. Le site web sécurisé fournit un accès adapté au PC, à la tablette et au smartphone, sans imposer une application mobile dédiée.

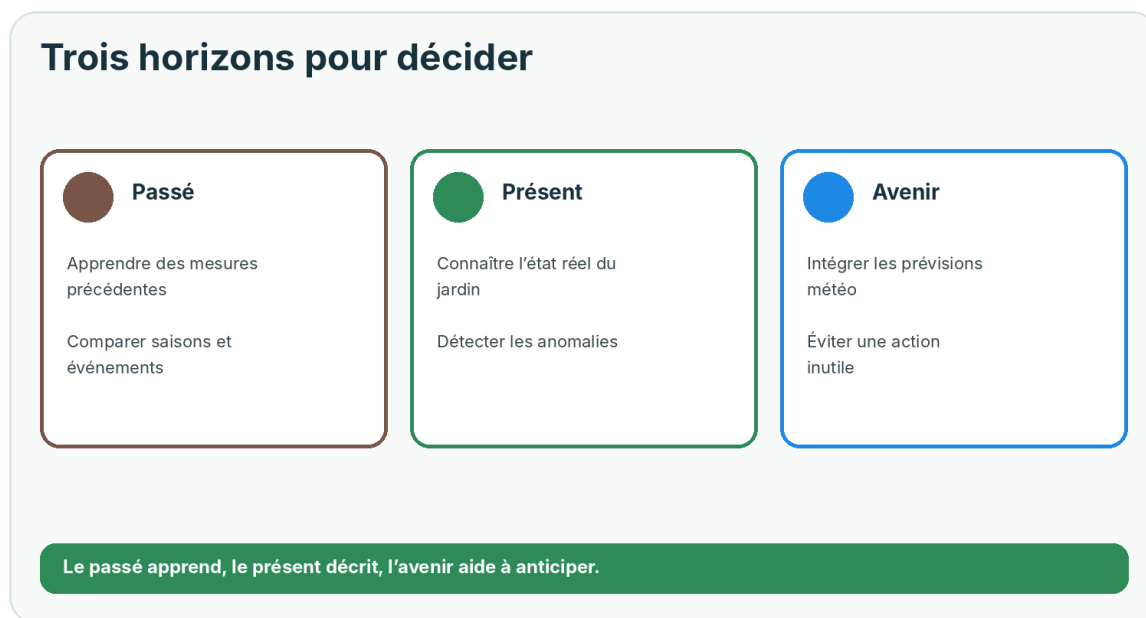


Architecture conceptuelle : observer, transmettre, comprendre et agir

Couche	Rôle principal	Technologies privilégiées
Terrain	Mesurer et signaler l'état	ESP32, capteurs numériques/analogiques, RS-485 si utile
Communication	Transporter localement	Ethernet RJ45 prioritaire, Wi-Fi complémentaire, MQTT
Services	Collecter et orchestrer	Linux, Docker, broker MQTT, Node-RED ou Home Assistant
Données	Conserver et analyser	PostgreSQL + TimescaleDB
Présentation	Afficher et piloter	Grafana, interface web responsive
Sécurité	Contrôler et tracer	HTTPS, VPN/tunnel, MFA, segmentation, journaux

6. Regarder le passé, le présent et l'avenir

Une décision utile croise l'historique, l'état réel et ce qui est annoncé.



Les trois horizons temporels de SmagElios

Le passé apprend

L'historique permet de comparer une zone à elle-même. Il révèle la vitesse de séchage, la réaction à une pluie, l'effet d'un arrosage et la consommation d'une pompe. Les comparaisons saisonnières deviennent plus pertinentes que des seuils universels.

Le présent décrit

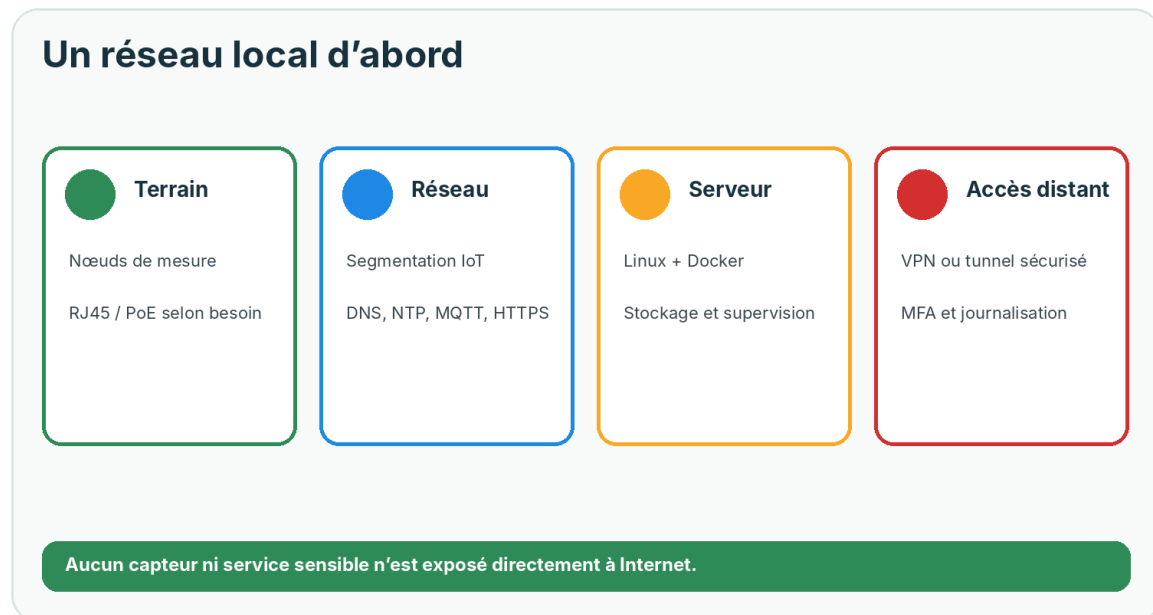
Les mesures locales indiquent si une action est réellement nécessaire. Elles doivent être accompagnées d'un état du capteur, d'un âge de la donnée et d'un indicateur de qualité afin de ne pas confondre absence de mesure et valeur normale.

L'avenir aide à anticiper

Les prévisions météo évitent d'arroser juste avant une pluie significative et permettent d'adapter une stratégie avant une période chaude. Elles restent incertaines : la règle doit conserver la date de prévision, son horizon et sa source, puis vérifier a posteriori ce qui s'est réellement produit.

7. Faire circuler les informations

Le réseau local est une infrastructure du système, pas un détail de câblage.



Architecture réseau locale et accès distant sécurisé

Ethernet obligatoire, Wi-Fi complémentaire

La conception prévoit au minimum une interface Ethernet RJ45 pour les équipements structurants ou les points de concentration. Ethernet réduit les aléas radio et facilite l'alimentation PoE. Le Wi-Fi reste utile pour le prototypage, les emplacements difficiles et la redondance, mais ne constitue pas l'unique fondation.

Pour certains nœuds très simples, un ESP32 Wi-Fi peut rester pertinent. L'exigence RJ45 concerne l'architecture globale et les équipements dont la disponibilité est critique, pas nécessairement chaque sonde individuelle.

MQTT comme langage commun

MQTT fournit un bus léger entre les nœuds et le serveur. Les sujets doivent rester stables, lisibles et versionnés. Le message contient la valeur, l'unité, l'horodatage, la qualité et l'état. Les commandes utilisent des sujets distincts des mesures et exigent une confirmation d'exécution.

Le broker reste local. Les identifiants sont uniques par équipement. Les droits limitent chaque nœud aux sujets nécessaires.

Exemple de sujet : smagelios/v1/site-principal/zone-potager/sol-01/humidite

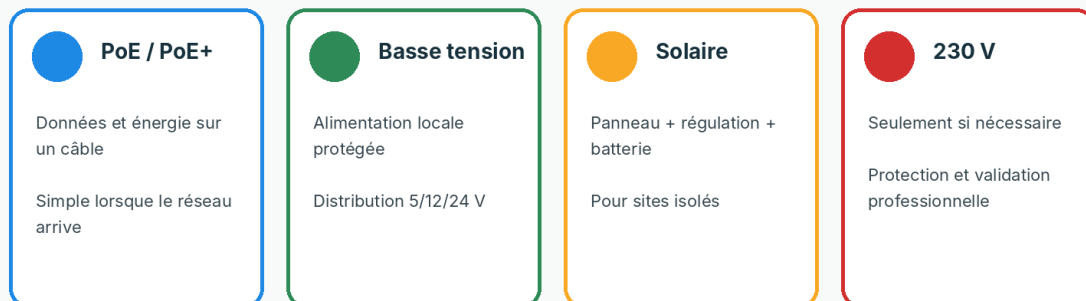
Services indispensables

DNS local, synchronisation NTP, certificats HTTPS, sauvegarde des configurations et supervision réseau sont intégrés dès le prototype. Un horodatage incohérent rend les séries temporelles presque inutilisables.

8. Donner de l'énergie au système

L'alimentation doit s'adapter au lieu sans compromettre la sécurité ni la maintenabilité.

Des alimentations adaptées au terrain



La sécurité électrique prime toujours sur l'élégance technique.

Choix d'alimentation selon l'emplacement

PoE lorsque le câble réseau est disponible

PoE ou PoE+ peut transporter données et énergie jusqu'à un boîtier extérieur. Cette approche centralise l'alimentation, simplifie la coupure et permet éventuellement une protection par onduleur. La conversion vers 5 V, 12 V ou 24 V doit être dimensionnée avec une marge suffisante.

Photovoltaïque pour les sites isolés

Un nœud solaire exige un bilan énergétique complet : consommation active, veille, transmission, pertes du régulateur, capacité utile de la batterie et nombre de jours sans soleil. Le logiciel doit privilégier les modes basse consommation et réduire la fréquence de mesure lorsque l'énergie devient faible.

230 V : seulement quand il est justifié

Le 230 V peut être nécessaire pour une pompe ou une alimentation centrale. Les parties de puissance doivent être séparées de l'électronique, protégées contre les surintensités, les défauts d'isolement, l'humidité et les surtensions. Les interventions dépassant la basse tension doivent être confiées ou validées par un professionnel.

9. Protéger les personnes et les équipements

Un automatisme utile ne doit jamais créer un risque supérieur à celui qu'il cherche à réduire.

Principes de sûreté

Les électrovannes et relais doivent avoir un état sûr en cas de perte de communication. La pompe doit être protégée contre la marche à sec, la surcharge, l'absence de débit et les cycles trop fréquents. Une commande logicielle ne remplace pas une protection matérielle dédiée.

Le mode manuel reste disponible et clairement identifié. Une action automatique possède une durée maximale, un acquittement et un journal. Les incohérences entraînent un arrêt prudent plutôt qu'une tentative de continuité aveugle.

Risque	Protection minimale
Marche à sec	Détection indépendante de niveau/pression/débit et coupure de sécurité
Fuite ou vanne bloquée	Durée maximale, contrôle du débit, alerte et fermeture
Perte réseau	État local sûr, aucune commande persistante non confirmée
Humidité dans un boîtier	Indice de protection adapté, presse-étoupes, évent anti-condensation, inspection
Surtension extérieure	Protection adaptée, mise à la terre selon conception, séparation des circuits

PARTIE III

OBSERVER LE VIVANT ET LES RESSOURCES

Mesurer ne consiste pas seulement à brancher un capteur : il faut choisir son emplacement, comprendre ses limites et vérifier la qualité.

10. Apprendre à regarder le ciel

La station météo locale constitue le premier module complet et la base de nombreuses décisions.

Mesures essentielles

La première station vise la température et l'humidité de l'air sous abri, la pression atmosphérique, la pluviométrie, le vent et la luminosité. Les valeurs minimales et maximales sont calculées à partir des mesures conservées plutôt que stockées comme vérités indépendantes.

La position du soleil et les informations lunaires peuvent être calculées à partir de la date et de la position du site. Elles complètent les observations sans nécessiter de capteur supplémentaire.

Grandeur	Point de vigilance	Première priorité
Température / humidité	Abri ventilé, rayonnement solaire, condensation	Très haute
Pression	Stabilité et compensation d'altitude	Haute
Pluie	Horizontalité, éclaboussures, entretien	Haute
Vent	Hauteur, obstacles, rafales, orientation	Moyenne après validation
Luminosité	Saturation et orientation	Moyenne

Emplacement et représentativité

Une mesure techniquement précise mais mal placée est trompeuse. L'abri doit éviter le soleil direct et les surfaces rayonnantes. Le pluviomètre doit être dégagé et accessible au nettoyage. L'anémomètre installé trop bas ou près d'un obstacle décrit surtout cet obstacle.

Le Tome 1 retient la méthode : commencer par une station accessible, noter ses limites, comparer aux observations publiques puis améliorer l'implantation lorsque le système de données est fiable.

11. Écouter ce que raconte le sol

Le sol varie selon la profondeur, la texture, l'exposition, les cultures et l'histoire des arrosages.

Commencer par l'humidité et la température

Les sondes capacitatives ou les sondes numériques adaptées au sol permettent un premier suivi. Une valeur brute n'est pas un pourcentage universel. Chaque type de sol et chaque sonde nécessite une calibration locale entre un état sec de référence et un état humide représentatif.

Plusieurs mesures par zone sont préférables à une fausse précision unique. La profondeur doit correspondre à la zone racinaire ciblée. Le câble, le connecteur et la protection mécanique comptent autant que l'élément sensible.

EC, pH et NPK : progresser avec prudence

La conductivité électrique peut aider à suivre la salinité et l'évolution d'une solution, mais elle dépend fortement de l'humidité et de la température. Le pH exige un entretien et une calibration régulière. Les sondes NPK économiques fournissent souvent des indications difficiles à interpréter sans référence de laboratoire.

La recommandation est de ne pas fonder les premières automatisations sur ces mesures. Elles sont intégrées comme expérimentation, comparées à des analyses de référence et accompagnées d'un indicateur de confiance.

Mesure	Usage initial	Niveau de confiance visé
Humidité	Tendance et comparaison après pluie/arrosage	Élevé après calibration locale
Température	Contexte agronomique et gel	Élevé
EC	Évolution relative	Moyen
pH	Campagnes ponctuelles avec calibration	Moyen
NPK	Exploration et corrélation	Faible tant que non validé

12. Respirer et comprendre l'air extérieur

La qualité de l'air complète la météo et permet de suivre les épisodes locaux.

Particules fines

Un capteur optique peut mesurer PM1, PM2.5 et PM10. La ventilation, l'humidité, les insectes et la condensation influencent le résultat. Le boîtier doit permettre une circulation d'air contrôlée sans exposer directement le capteur à la pluie.

Les mesures servent d'abord à observer des tendances et des épisodes. Elles ne remplacent pas une station réglementaire et doivent être présentées comme indicatives tant qu'elles ne sont pas comparées et qualifiées.

CO₂, COV et autres gaz

À l'extérieur, le CO₂ varie souvent peu à l'échelle d'un jardin et son intérêt doit être démontré avant achat. Les capteurs de COV peuvent réagir à de nombreux composés sans les identifier. Ces options restent secondaires, activées seulement si une question concrète le justifie.

13. Connaître l'eau disponible

La gestion intelligente commence par savoir ce qui est réellement disponible et ce qui est consommé.

Niveau du puits ou de la réserve

La mesure de niveau peut utiliser une sonde de pression immergée, un capteur ultrasonique ou radar selon la géométrie, la condensation et l'accessibilité. Une mesure sans contact facilite la maintenance mais peut être perturbée. Une sonde immergée donne une information directe mais exige un câble et une compatibilité durable avec l'eau.

Le niveau critique utilisé pour protéger la pompe doit disposer d'une protection indépendante du serveur central. SmagElios supervise et journalise ; il ne doit pas être l'unique barrière contre la marche à sec.

Débit et état de la pompe

Un débitmètre indique la consommation, détecte une vanne ouverte sans débit ou un débit persistant après arrêt. Le courant, la pression et les retours auxiliaires peuvent confirmer l'état de la pompe. Les temps de fonctionnement et le nombre de démarrages sont historisés pour anticiper les anomalies.

PARTIE IV

AGIR AVEC MESURE

L'intelligence de SmagElios se reconnaît autant à ses refus d'agir qu'à ses commandes.

14. Décider avant d'arroser

L'arrosage devient une décision expliquée, basée sur le besoin et les contraintes.

Les conditions d'une décision

Une règle d'arrosage croise l'humidité du sol, la température, les pluies récentes, la pluie prévue, la saison, l'heure, le niveau d'eau disponible et l'état des équipements. Elle ne doit pas dépendre d'un seul seuil.

La décision contient un motif lisible : par exemple « arrosage reporté, pluie significative prévue dans trois heures » ou « arrosage limité à dix minutes, niveau de réserve faible ». Cette explication est enregistrée avec la règle et ses paramètres.

Niveau	Comportement
Observation	Mesures et tableaux de bord uniquement
Conseil	Proposition d'action sans commande
Validation humaine	Action préparée puis confirmée
Automatisation limitée	Action encadrée par durée, plages et garde-fous
Automatisation avancée	Adaptation progressive après historique suffisant

15. Commander l'eau sans perdre le contrôle

La partie hydraulique doit rester locale, manœuvrable et sûre.

Électrovannes et zones

Chaque zone possède un identifiant, une description, un débit attendu, une durée maximale et un mode manuel. Les sorties sont protégées et adaptées à la tension des électrovannes. Une seule zone peut être autorisée à fonctionner simultanément si la pompe ou le réseau l'exige.

Le retour de débit permet de vérifier qu'une commande a produit l'effet attendu. Une divergence ferme la vanne, arrête la pompe si nécessaire et génère une alerte.

Pompe et protections

La commande informatique pilote un contacteur ou une interface prévue pour cet usage ; elle ne commute pas directement une puissance inadaptée. Les protections thermiques, électriques et hydrauliques restent indépendantes. Un arrêt d'urgence ou une coupure locale doit être accessible.

Les travaux en 230 V et sur la pompe doivent être validés par un électricien ou un professionnel qualifié. La documentation SmagElios décrit les interfaces logiques et les exigences, mais ne remplace pas les règles de l'art.

16. Aider sans décider à la place

La confiance se construit par des recommandations cohérentes et des actions transparentes.

Des automatismes explicables

Chaque action enregistre la version de la règle, les mesures utilisées, les seuils, l'identité de la commande, le résultat et les éventuelles corrections manuelles. Une personne doit pouvoir comprendre plusieurs mois plus tard pourquoi une pompe a démarré.

Les règles sont historisées : modifier un seuil ne doit pas réécrire le passé. Les simulations permettent d'appliquer une nouvelle règle à l'historique avant de l'autoriser sur le terrain.

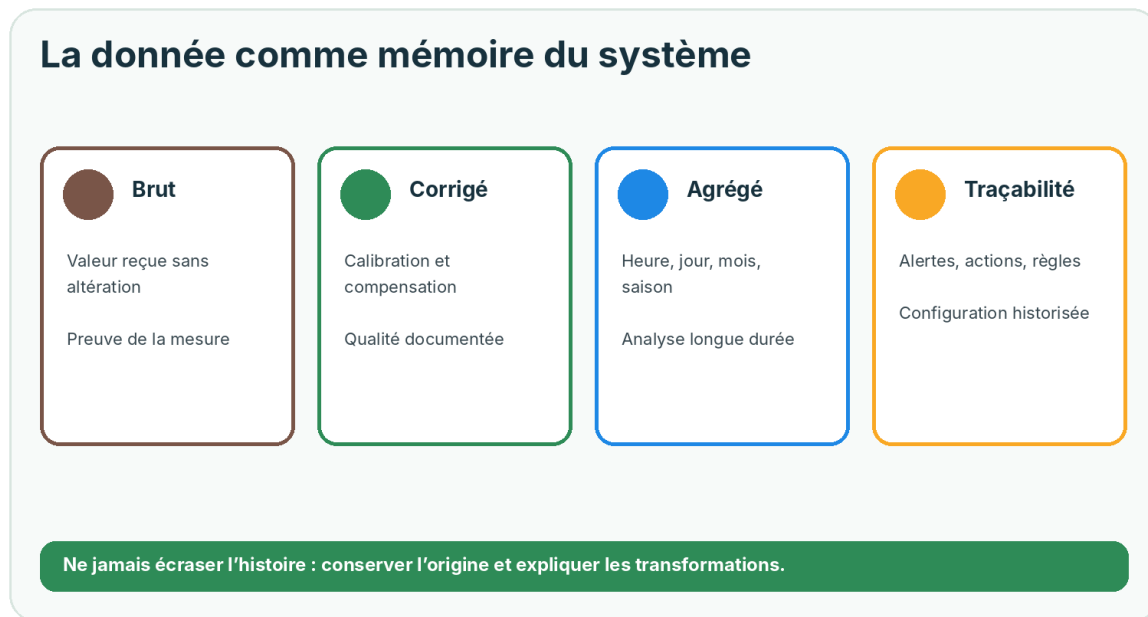
PARTIE V

SE SOUVENIR POUR MIEUX COMPRENDRE

La base de données constitue le socle durable du projet : elle conserve l'origine, les transformations et les décisions.

17. Garder une mémoire fiable

La donnée brute est une preuve ; la donnée corrigée est une interprétation documentée.



Cycle de vie de la donnée SmagElios

Le modèle central

PostgreSQL avec TimescaleDB est retenu pour les séries temporelles, les relations métier et les analyses à long terme. Les mesures brutes sont conservées. Une valeur corrigée peut appliquer une calibration ou une compensation sans effacer l'original.

La structure distingue les sites, zones, équipements, capteurs, types de mesure, unités, mesures, événements, alertes, actions, règles, interventions et versions de configuration.

Champ de mesure	Rôle
timestamp	Horodatage précis et normalisé
sensor_id	Capteur physique ou logique
zone_id	Emplacement fonctionnel
measurement_type	Température, humidité, débit, etc.
raw_value	Valeur reçue sans correction
corrected_value	Valeur après calibration
unit	Unité normalisée
quality	Bon, douteux, invalide, estimé
sensor_state	État du nœud et du capteur
metadata	Contexte complémentaire versionné

Agrégations et rétention

Les agrégations horaires, journalières, hebdomadaires, mensuelles et saisonnières accélèrent les analyses. Les données anciennes ne sont pas supprimées arbitrairement : une politique de rétention est documentée selon le volume et la valeur scientifique.

Les sauvegardes sont testées par restauration. Une exportation CSV ou Excel reste possible. Les rapports et outils BI peuvent se connecter à des vues dédiées sans accéder aux tables internes sensibles.

18. Voir sans se noyer

Un tableau de bord utile répond à une question avant de montrer une courbe.

Grafana pour l'analyse

Grafana affiche les tendances, comparaisons et états techniques. Les tableaux de bord sont organisés par usage : vue d'ensemble, météo, sol, air, eau, énergie, qualité des données et maintenance. Une page ne doit pas accumuler toutes les mesures disponibles.

Les seuils, couleurs et unités restent cohérents. Une donnée ancienne ou douteuse apparaît explicitement. Les graphiques indiquent les actions d'arrosage et les pluies afin de comprendre les réactions du sol.

Home Assistant, Node-RED et site web

Home Assistant peut fournir une interface opérationnelle et des intégrations. Node-RED convient aux enchaînements explicites et aux prototypes de règles. Le site web responsive fournit un accès public ou privé maîtrisé, sans application mobile dédiée.

Ces outils ne doivent pas tous devenir obligatoires. La recommandation initiale est de choisir un moteur principal d'automatisation, puis d'ajouter les autres uniquement lorsqu'ils apportent une valeur distincte.

19. Être averti au bon moment

Une alerte n'est utile que si elle est rare, compréhensible et actionnable.

Niveaux et acquittement

Les événements informatifs restent dans le journal. Les avertissements signalent une dérive à surveiller. Les alertes critiques concernent un risque immédiat ou une perte de protection. Chaque alerte contient le contexte, l'heure, la dernière valeur fiable et une action recommandée.

Les répétitions sont regroupées. L'acquiescement ne supprime pas l'événement. Une alerte résolue conserve la cause, l'intervention et la date de retour à la normale.

Niveau	Exemple	Canal
Information	Capteur redémarré	Journal / tableau de bord
Avertissement	Batterie faible ou mesure vieillissante	Interface + courriel regroupé
Critique	Marche à sec, fuite, température dangereuse	Notification immédiate + arrêt local sûr

PARTIE VI

CONSTRUIRE POUR DURER

Le matériel est choisi comme un ensemble maintenable : capteur, câble, protection, alimentation, documentation et pièce de rechange.

20. Choisir les composants

Le prix d'achat n'est qu'une partie du coût réel.

La grille de comparaison

Chaque composant est évalué selon la précision utile, la stabilité, la documentation, la disponibilité, la réparabilité, la consommation, l'interface, la résistance extérieure, le coût et la facilité d'intégration. Une note élevée ne suffit pas : un critère éliminatoire peut rendre le composant inadapté.

Les alternatives sont conservées dans le Tome 2 avec les raisons du choix. Les références génériques sont évitées lorsqu'elles empêchent la traçabilité.

Critère	Poids indicatif	Question
Fiabilité	5	La mesure reste-t-elle stable et vérifiable ?
Réparabilité	5	Le module se remplace-t-il sans refaire le système ?
Documentation	4	Les caractéristiques et protocoles sont-ils publics ?
Disponibilité	4	La référence est-elle pérenne et disponible en Europe ?
Consommation	3	Compatible avec PoE ou solaire ?
Coût total	4	Inclut-il boîtier, câble, connecteur, protection et étalonnage ?

21. Assembler pour pouvoir réparer

La modularité doit être visible dans le câblage, les boîtiers et la documentation.

Boîtiers extérieurs

Un indice IP élevé ne garantit pas l'absence de condensation. Le boîtier doit être adapté à la position, au rayonnement, aux cycles thermiques et aux câbles. Les presse-étoupes sont dimensionnés, les boucles d'égouttage évitent l'entrée d'eau et un évent hydrophobe peut équilibrer la pression.

Les éléments remplaçables sont fixés sur rail, platine ou connecteurs. Les borniers sont repérés. Une photo et un schéma « tel que construit » sont conservés après chaque modification.

Connectique et câbles

Les connecteurs sont choisis selon le nombre de cycles, l'humidité, les efforts mécaniques et la possibilité de remplacement. Les câbles extérieurs résistent aux UV et sont protégés contre les animaux et les outils de jardin. Les liaisons analogiques longues sont évitées ou conditionnées ; RS-485 devient pertinent pour certains capteurs éloignés.

22. Évaluer l'impact environnemental avec pragmatisme

L'éco-responsabilité se mesure dans la durée de vie, la sobriété et l'usage évité.

Réduire plutôt qu'ajouter

Le système doit justifier l'énergie et les composants qu'il consomme par des économies d'eau, d'énergie, de déplacements ou de remplacements. La fréquence de mesure est adaptée à la dynamique réelle : mesurer toutes les secondes un sol qui évolue lentement n'apporte pas de valeur.

Les pièces standards, réparables et réutilisables sont préférées. Les batteries sont limitées aux cas où elles sont nécessaires et leur remplacement est prévu. Les équipements existants peuvent être réemployés lorsqu'ils restent fiables et suffisamment sobres.

PARTIE VII

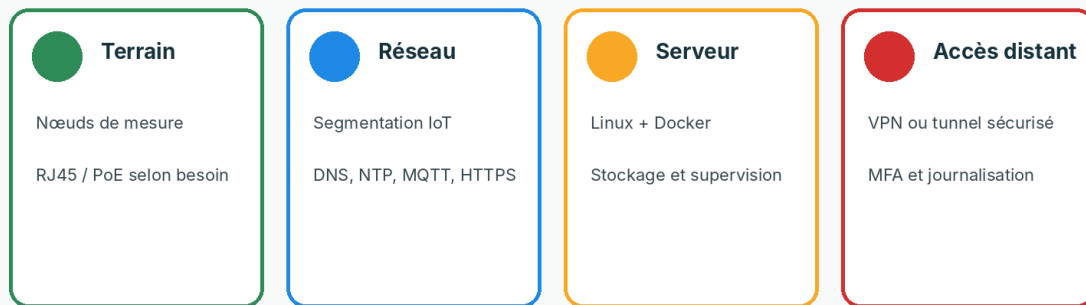
PROTÉGER ET GOUVERNER

La sécurité, la confidentialité et l'organisation Git permettent au projet de rester maîtrisé au fil des années.

23. Protéger les accès et les données

Aucun capteur ni service sensible ne doit être directement exposé à Internet.

Un réseau local d'abord



Aucun capteur ni service sensible n'est exposé directement à Internet.

Segmentation et accès distant

Le réseau IoT est séparé du réseau personnel et du serveur autant que l'infrastructure le permet. Les flux sont limités : les nœuds publient vers le broker et utilisent DNS/NTP ; ils n'accèdent pas librement aux autres équipements.

L'accès distant passe par un VPN, un tunnel sécurisé ou un reverse proxy HTTPS correctement durci. L'authentification forte est activée. Les ports inutiles restent fermés et les mises à jour sont planifiées.

Secrets et identités

Les mots de passe, clés privées et jetons ne sont jamais stockés dans Git. Des fichiers `.env.example` documentent les variables attendues. Les secrets réels sont conservés dans un gestionnaire adapté et sauvegardés de manière sécurisée.

Chaque équipement possède une identité unique et des droits minimaux. Les journaux enregistrent les connexions, changements de configuration et commandes sensibles.

24. Rester maître de ses mesures

Les données d'une installation sont privées par défaut.

Partage scientifique explicite

Lors de l'installation, l'exploitant pourra choisir de partager certaines mesures à des fins de recherche avec des organismes autorisés, par exemple une université, une autorité publique ou Météo-France. Ce partage n'est jamais activé implicitement.

Le consentement doit préciser les données, la période, la fréquence, la destination et la possibilité de retrait. Les identifiants directs sont exclus. La gouvernance, la sécurité et la traçabilité de ces échanges feront l'objet d'une documentation dédiée avant toute mise en service.

25. Faire de Git la source de vérité

Le dépôt privé conserve le texte, le code, les schémas et l'histoire des décisions.

Organisation recommandée

Un dépôt GitHub privé nommé SmagElios suffit au démarrage. La branche main représente l'état de référence. Les changements significatifs passent par une branche de travail et sont relus avant fusion, même lorsque le projet n'a qu'un seul contributeur.

Les sources éditoriales sont stockées en Markdown par section. Les schémas restent en Draw.io ou SVG. Les documents ODT et PDF sont des publications générées. Cette séparation permet de comparer les modifications et d'éviter qu'un gros fichier binaire devienne l'unique mémoire.

Règle de gouvernance : l'état validé de la branche main est la source de vérité. Toute nouvelle production repart de cette version.

```
SmagElios/
├── README.md, VISION.md, ROADMAP.md, CHANGELOG.md
├── docs/
│   ├── charte/
│   ├── tome-1/{sources,schemas,illustrations,publications}
│   └── decisions/
├── hardware/
├── firmware/
├── server/
├── database/
├── web/
├── tests/
└── journal/
```

Licences et marque

Les licences prévues distinguent la nature des éléments : AGPL-3.0-or-later pour les services serveur et l'API, GPL-3.0-or-later pour le firmware, CERN-OHL-S-2.0 pour les plans matériels et CC BY-SA 4.0 pour la documentation. Le nom, le logo et l'identité SmagElios restent soumis à une politique de marque distincte.

Pierre-Marie Smagalla est présenté comme le fondateur du projet. Le dépôt public pourra être ouvert lorsque la structure, les licences et les premiers éléments publiables seront suffisamment stabilisés.

26. Tester avant de faire confiance

La fiabilité vient de scénarios de panne reproduits, pas seulement d'un fonctionnement nominal.

Plan de test minimal

Chaque nœud est testé face à la coupure réseau, la coupure d'alimentation, le redémarrage du broker, une valeur hors plage, un capteur absent, une horloge incorrecte et une reprise après plusieurs jours. Les états doivent être visibles et les données manquantes ne doivent pas être remplacées par zéro.

Les actionneurs sont testés sans charge puis avec charge adaptée. Les durées maximales et protections matérielles sont vérifiées indépendamment de l'automatisation.

Test	Résultat attendu
Perte MQTT	Mise en état local sûr, reconnexion progressive, absence de boucle de commandes
Capteur débranché	Qualité invalide, alerte différée, aucune fausse valeur normale
Horloge fausse	Mesure rejetée ou marquée, resynchronisation NTP
Redémarrage serveur	Reprise sans action non sollicitée
Débit absent après commande	Arrêt, journal et alerte

27. Entretenir sans tout réapprendre

La maintenance est une fonction prévue dès le premier boîtier.

Journal et inventaire

Chaque équipement possède un identifiant, une version matérielle, une version logicielle, une date d'installation, un emplacement, des photos et une liste de pièces. Les interventions indiquent le diagnostic, les mesures, les pièces remplacées et la conclusion.

Un stock réduit de pièces critiques évite l'arrêt prolongé : alimentation, convertisseur, connecteurs, fusibles, un microcontrôleur et les sondes les plus exposées. Les références et fournisseurs sont suivis sans enfermer le projet dans un vendeur unique.

PARTIE VIII

PASSER À LA RÉALISATION

Le Tome 1 se termine par une première version volontairement modeste, capable de prouver toute la chaîne.

28. La première version utile

Le premier jalon n'est pas une station complète : c'est une chaîne fiable de la mesure au graphique.

Construire par niveaux de confiance



Une étape n'est franchie que lorsque la précédente est mesurée et documentée.

Périmètre recommandé

Le prototype initial comprend un ESP32, un capteur fiable de température/humidité/pression, une connexion réseau, un broker MQTT local, un service de collecte, PostgreSQL/TimescaleDB et un tableau de bord Grafana. Il mesure, horodate, transmet, stocke et affiche pendant plusieurs semaines.

Aucune pompe n'est commandée pendant cette phase. Une sonde de sol peut être ajoutée comme second cas d'usage lorsque la chaîne météo est stable. Cette progression limite les risques et permet d'acquérir les compétences de câblage et de protection extérieure.

Jalon	Preuve attendue
J0 — Dépôt	Structure Git, README, VISION, licences et décisions initiales

J1 — Table	Mesure stable et journal série exploitable
J2 — MQTT	Publication structurée, reconnexion et qualité
J3 — Données	Insertion brute/corrigée, sauvegarde et restauration testée
J4 — Grafana	Vue météo lisible avec âge et qualité
J5 — Extérieur	Boîtier, alimentation, plusieurs semaines sans dérive majeure

29. La feuille de route réaliste

Chaque phase apporte une fonction utilisable et réduit une incertitude technique.

Phase	Objectif	Critère de sortie
0. Fondations	Dépôt, identité, documentation et environnement serveur	Source de vérité disponible et sauvegardée
1. Chaîne de mesure	Premier capteur vers MQTT et base	Données fiables plusieurs semaines
2. Station météo	Température, humidité, pression, pluie puis vent	Comparaisons et entretien documentés
3. Sol	Zones, calibration humidité/température	Réaction à pluie/arrosage comprise
4. Air	Particules et qualité des mesures	Épisodes observables et capteur maintenable
5. Eau	Niveau, débit, état pompe sans commande	Alertes et historique fiables
6. Conseil	Recommandations d'arrosage	Motifs explicables et évalués
7. Pilotage	Électrovannes puis pompe avec protections	Scénarios de panne validés
8. Publication	Documentation publique et installation reproductible	Version 1.0

30. Les décisions structurantes déjà prises

Le projet dispose désormais d'un cadre stable, sans prétendre avoir choisi tous les composants.

- ESP32 comme famille principale de microcontrôleurs pour les nœuds de mesure.
- MQTT comme bus local de communication.
- Ethernet RJ45 obligatoire dans l'architecture ; Wi-Fi prévu en complément.
- Alimentations adaptables : PoE/PoE+, basse tension, photovoltaïque et 230 V selon les cas.
- Serveur Linux local et déploiement Docker.
- PostgreSQL + TimescaleDB comme socle de données.
- Grafana pour l'analyse et les tableaux de bord.
- Home Assistant ou Node-RED comme moteur d'automatisation à sélectionner par expérimentation.
- Site web responsive sécurisé, sans application mobile dédiée.
- Données privées par défaut ; partage scientifique uniquement avec consentement explicite.
- GitHub privé et branche main comme source de vérité.
- Inter et palette officielle pour l'identité documentaire.
- Approche réparable, progressive, sobre et fondée sur des standards ouverts.

31. Conclusion du Tome 1

SmagElios commence par une question, une première mesure et une méthode capable de durer.

Une fondation, pas une promesse irréaliste

Ce tome ne décrit pas une installation imaginaire déjà terminée. Il rassemble le sens du projet, les fonctions visées, l'architecture, les limites de sécurité, la gouvernance des données et la méthode de construction. Il permet de commencer sans perdre de vue la destination.

La première réussite sera modeste mais déterminante : une mesure locale correcte, transportée par le réseau, conservée durablement et rendue compréhensible. Tout le reste — sol, air, eau, conseils et automatisation — s'appuiera sur cette chaîne.

Observer avant d'agir. Comprendre avant d'automatiser. Réparer avant de remplacer. Documenter avant d'oublier. Construire pour durer.

ANNEXES

Modèles de travail, conventions et listes de contrôle destinés au dépôt Git.

A. Modèle de fiche de décision

Une décision importante doit rester compréhensible plusieurs années plus tard.

Champ	Contenu attendu
Identifiant	DEC-AAAA-NNN et titre court
Contexte	Problème, contraintes et besoin
Options	Solutions réellement comparées
Décision	Choix retenu
Justification	Arguments, compromis et critères
Conséquences	Travaux, limites, coût et maintenance
Validation	Date, auteur, preuve et statut
Révision	Décision qui remplace celle-ci

B. Modèle de fiche de test

Un test utile possède des critères avant de produire un résultat.

Champ	Contenu attendu
Objet	Équipement, règle ou mesure
Hypothèse	Ce qui doit être démontré
Montage	Version, alimentation, câblage et environnement
Méthode	Étapes reproductibles
Critères	Seuils de réussite définis avant le test
Résultats	Mesures, observations et anomalies
Conclusion	Validé, à corriger ou abandonné
Preuves	Photos, journaux, fichiers et graphiques

C. Convention de nommage

Des noms stables rendent les messages, fichiers et mesures compréhensibles.

Élément	Convention	Exemple
Site	minuscules, tirets	site-principal

Zone	fonction et emplacement	potager-nord
Équipement	type + numéro	station-meteo-01
Capteur	fonction + numéro	sol-01
Sujet MQTT	smagelios/v1/site/zone/equipement/mesure	smagelios/v1/site-principal/potager-nord/sol-01/humidite
Décision	DEC-AAAA-NNN	DEC-2026-001
Test	TST-AAAA-NNN	TST-2026-004

D. Checklist avant installation extérieure

Le passage dehors n'est autorisé qu'après validation de la chaîne complète.

- Schéma électrique à jour et relu.
- Tensions et polarités vérifiées au multimètre.
- Protection contre surintensité et inversion documentée.
- Boîtier et presse-étoupes adaptés.
- Boucles d'égouttage et fixation mécanique prévues.
- Adresse, identifiants et sujets MQTT enregistrés.
- NTP, reconnexion et perte réseau testés.
- Âge et qualité des données visibles.
- Sauvegarde et restauration du serveur testées.
- Photo finale et inventaire déposés dans Git.

E. Glossaire minimal

Les termes techniques sont introduits seulement lorsqu'ils deviennent utiles.

Terme	Définition
ESP32	Famille de microcontrôleurs avec connectivité, utilisée pour les nœuds de terrain.
MQTT	Protocole léger de publication et abonnement entre équipements et services.
PoE	Alimentation électrique transportée avec Ethernet.
TimescaleDB	Extension PostgreSQL pour organiser et analyser des séries temporelles.
Grafana	Outil de visualisation et de tableaux de bord.
Node-RED	Outil visuel d'orchestration de flux et de règles.
Home Assistant	Plateforme open-source de supervision et d'automatisation.
Qualité de mesure	Indicateur précisant si une valeur est fiable, douteuse, estimée ou invalide.
État sûr	Comportement qui limite le risque en cas de panne

ou perte de communication.

F. Historique de version

Le Tome 1 évolue avec la réalité du projet.

Version	Date	Évolution
1.0	Juillet 2026	Première consolidation de la vision et de l'architecture.
2.0	Juillet 2026	Réécriture narrative complète, intégration de la gouvernance Git, de l'identité, de la réparabilité, de la sobriété, de la confidentialité et de la feuille de route.



SmagElios — Station extérieure intelligente

Projet open-source fondé par Pierre-Marie Smagalla