

Réponse à l'appel d'offre

« Fourniture et maintenance de la conception d'un champ connecté, à l'aide d'un réseau de capteurs, avec interface de supervision en ligne »

AlsAgriNet
42 Rue des Pépins,
67000 Strasbourg, France
Tél. : [+33 3 01 02 03 04](tel:+33301020304)
Courriel : projet@alsagrinet.alsace

Réponse à l'appel d'offre d'Als'agriculture

Table des matières

1	<i>Notre entreprise</i>	4
2	<i>Organisation du projet</i>	4
2.1	Développement logiciel	4
2.2	Infrastructure	4
3	<i>Ensemble de capteurs</i>	4
3.1	Micro-ordinateur employé	4
3.2	Capteurs employés	5
3.2.1	Température	5
3.2.2	Humidité du sol	5
3.2.3	Luminosité	5
3.3	Accessoires	5
3.3.1	Alimentation	5
3.3.2	Boitier	5
3.4	Détails physiques	6
3.4.1	Quantité et emplacement	6
3.4.2	Identification	6
3.5	Détails logiciels	6
3.5.1	Méthode de communication	6
3.5.2	Langage de programmation	6
3.5.3	Stockage des données	6
4	<i>Infrastructure</i>	6
4.1	Matériel	7
4.2	Réseau	7
5	<i>Interface en ligne</i>	7
6	<i>Interface de monitoring</i>	8
7	<i>Formation et communication</i>	9
8	<i>Service après-vente</i>	9
9	<i>Calendrier et livraison</i>	9
10	<i>Coût du projet</i>	10
11	<i>Annexes</i>	11
11.1	Schéma du montage du Raspberry Pi	11
11.1.1	Vue du dessus (capot ouvert)	11
11.1.2	Vue du dessus (capot fermé)	12
11.1.3	Vue latérale	12
11.2	Schéma du site	13
11.2.1	Page d'accueil	13

11.2.2	Page d'accueil (sous-menus ouverts)	14
11.2.3	Page de l'utilisateur	15
11.3	Diagramme de Gantt du projet.....	16

1 Notre entreprise

AlsAgriNet est une entreprise implantée en Alsace, à Ittenheim précisément, dont le but est de fournir des solutions modernes et connectées pour faciliter le travail des agriculteurs.

Fort de 8 ans d'expérience dans le domaine de l'internet des objets, nous avons très tôt su nous rapprocher des agriculteurs en Alsace afin de leur proposer nos solutions connectées. Après avoir pu fournir à des agriculteurs locaux des solutions pour rendre leurs champs connectés, sans infrastructure, nous avons très vite été sollicité par d'autres agriculteurs. Notre notoriété nous a permis de démocratiser nos produits et ainsi de mieux nous faire connaître. Les demandes des nouveaux clients nous ont permis d'être confronté à différents types de champs, nous obligeant à adapter les installations. Nous avons ainsi pu gagner en expérience et en polyvalence.

Nos projets proposent désormais l'ajout d'infrastructure serveur chez le client, avec une interface de supervision des données mesurées, à l'aide de nos réseaux de capteur. Nous proposons également une offre d'hébergement de l'infrastructure dans nos locaux, avec une maintenance opérationnelle tout au long du contrat.

2 Organisation du projet

Au vu de la disparité des tâches, nous souhaitons attribuer les tâches aux personnes les plus compétentes. Ainsi, un découpage du projet en équipes sera réalisé, afin de pouvoir répartir les missions à nos 9 employés.

2.1 Développement logiciel

Celle-ci aura pour objectif de développer aussi bien le programme permettant la récupération des données, leur formatage et leur envoi, que le développement du site Internet de visualisation des données récoltées.

2.2 Infrastructure

L'équipe d'infrastructure aura pour mission de réaliser la mise en place des différents serveurs, en prenant en compte la mise en place de redondance en cas de panne.

Elle sera également chargée de mettre en place les protocoles permettant l'acheminement des données au serveur (VPN), ainsi que les mesures de sécurité nécessaire au niveau de l'infrastructure (Pare-feu) et la répartition de charge entre les instances du service.

3 Ensemble de capteurs

3.1 Micro-ordinateur employé

Pour répondre aux différentes contraintes, nous avons décidé d'utiliser un Raspberry Pi 4, pour chaque ensemble de capteur. Celui-ci nous permettant de connecter les différentes sondes grâce à ses ports GPIO, mais également de supporter des programmes en C++, tout en ayant simultanément une connexion VPN, utilisant le protocole WireGuard, d'active vers le serveur.

3.2 Capteurs employés

3.2.1 Température

La sonde choisie pour la température aux vues des contraintes imposées sera la DS18B20. Cette dernière, dans sa variante dite « 1-Wire », offre une résistance à l'eau, tout en ayant une précision de $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ sur les mesures allant de -10 à 85°C . Néanmoins, sa plage de mesure maximale s'étend de -55°C à 125°C .

3.2.2 Humidité du sol

Le STEMMMA Soil Sensor, basé sur la puce ATSAMD10 est à planter, permettant ainsi d'obtenir l'humidité du sol. Ce dernier a été choisis, car proposant une méthode capacitive de mesure. Cela a l'avantage de n'exposer aucun métal, ni aucun courant continu dans le sol et évitant ainsi l'oxydation du métal à long terme. Cette dernière caractéristique permet l'absence de recalibration au cours du temps.

3.2.3 Luminosité

Enfin, le capteur VEML7700, fonctionnant également en I2C, a été choisis pour sa capacité de mesurer jusqu'à 120 000 lux, soit la luminosité mesurée en ayant le soleil direct au zénith¹. Cela est rendu possible en ajustant le gain et le temps d'intégration (le temps pendant lequel le signal est construit)², afin d'obtenir les mesures les plus réalistes. Ainsi, nous pourrions ajuster ces paramètres aux conditions réelles d'un champ.

3.3 Accessoires

3.3.1 Alimentation

L'ensemble des capteurs devant être déployé dans les champs, sans possibilité d'alimentation secteur, nous avons décidé de nous tourner vers une batterie de 20 000 mAh, offrant un port USB-C, permettant de fournir une autonomie allant jusqu'à 3 jours au Raspberry Pi 4.

L'intensité et la tension minimales sont respectivement de 5A et de 5V, répondant ainsi aux spécifications du Raspberry Pi 4 qui sont de 5V et 3A au minimum³.

La recharge de la batterie se fait également au travers d'un port USB-C, avec une intensité et une tension de 5V et de 3A au minimum.

Ses dimensions sont de 143.1mm*69.2mm*25.43mm (longueur / largeur / hauteur).

3.3.2 Boîtier

L'objectif étant de fournir un ensemble de capteurs utilisé en milieu extérieur, celui-ci se doit impérativement d'être résistant aux intempéries. Ainsi, nous avons choisis un boîtier plastique, où se logeront le Raspberry Pi ainsi que les différents capteurs et la batterie. Ses dimensions sont de 158mm*90mm*64 (longueur / largeur / hauteur).

Ce boîtier aura 3 ouvertures : l'une transparente vers le haut, exposition vers le ciel, afin de permettre la mesure de la luminosité (sans trou dans le boîtier). La seconde sera vers le bas, face vers le sol, afin de permettre de laisser sortir la sonde d'humidité à planter. Finalement, la dernière, latérale, afin de laisser sortir le capteur de température.

Ces deux dernières ouvertures permettront de laisser traverser les sondes en dehors du boîtier et les fentes seront étanchéifiées à l'aide de silicone.

¹ <https://stjarnhimlen.se/comp/radfaq.html#10>, consulté le 07/10/2023

² <https://learn.adafruit.com/adafruit-veml7700/adjusting-for-different-light-levels>, consulté le 09/10/2023

³ <https://datasheets.raspberrypi.com/rpi4/raspberry-pi-4-product-brief.pdf>, consulté le 09/10/2023

Un schéma représentant le montage du Raspberry et des capteurs dans le boîtier, est fourni en annexe 11.1.

3.4 Détails physiques

3.4.1 Quantité et emplacement

Le nombre de capteur devra être adapté à chaque champ. Cependant, nous recommandons un minimum d'un ensemble par distance d'environ 7 mètres, soit un capteur tous les 2 ilots au minimum, afin de trouver un juste équilibre entre précision des mesures et coût budgétaire.

3.4.2 Identification

Pour faciliter l'identification de chaque capteur nous proposons d'identifier chaque ensemble de capteurs par un numéro d'identification unique sur le champ. Ce numéro figurera sur la face supérieure du boîtier (comme présenté dans l'annexe 11.1.2), ainsi que dans la base de données. Cela permet d'identifier la position de l'ensemble et d'établir un lien entre sa position et les données qu'il collecte. Ainsi, dans le cas d'un dysfonctionnement, l'ensemble défectueux pourra rapidement être identifié.

3.5 Détails logiciels

3.5.1 Méthode de communication

Les différentes Raspberry utiliseront leur puce Wi-Fi intégrée, afin de communiquer entre eux. Les différents ensembles de capteurs seront interconnectés en réseaux Mesh : cela signifie que les Raspberry Pi vont communiquer les uns les autres, afin de transmettre les données, jusqu'au point de collecte, qui se chargera de les envoyer aux serveurs.

3.5.2 Langage de programmation

Nous avons choisi d'utiliser le langage C++ afin de développer le programme. Celui-ci étant parfaitement adapté aux différents capteurs grâce à la gestion du protocole I2C entre autres, mais également du SFTP au travers de la librairie Libcurl ou bien Libssh ; la gestion de SQLite est également possible, grâce à sa bibliothèque éponyme.

3.5.3 Stockage des données

Afin de stocker les données temporairement dans le but de les transmettre au serveur, nous utilisons une base de données SQLite. Cette technologie a l'avantage d'offrir une solution simple d'organisation des données, et de rétention en cas de soucis lors de la transmission des données (permettant ainsi le renvoi, même à posteriori).

4 Infrastructure

Pour pouvoir traiter efficacement les données récoltées par nos réseaux de capteurs, nous avons choisi une architecture permettant un traitement rapide, sécurisé et scalable. Le lien entre l'infrastructure et le réseau de capteurs sera la connexion entrant le Raspberry PI et le firewall de notre architecture.

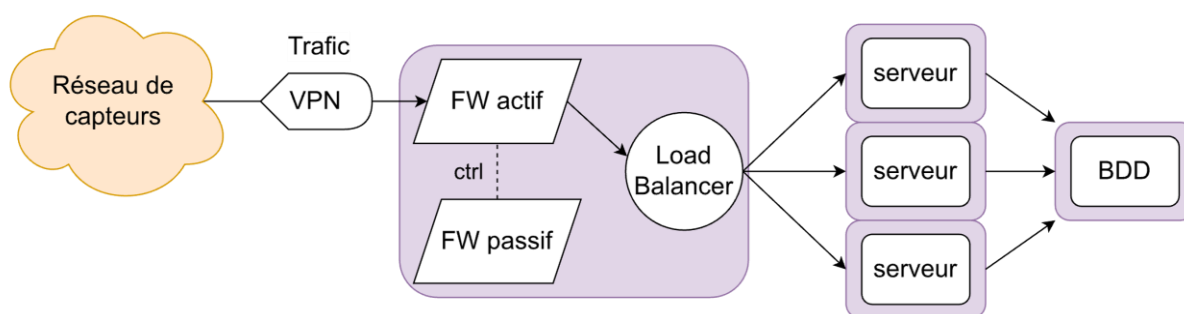


Figure 1 - Schéma de l'infrastructure de notre solution

4.1 Matériel

Afin de réaliser l'infrastructure, nous utiliserons le matériel suivant :

- **Machine virtuelle pare-feu et répartition de charge** : processeur à 20 vCPU, 40 Go de RAM et 1 To de stockage disque ;
- **Serveurs et base de données** : 3 NUC Intel Core i5 9500T, 32 Go de Ram et 256 Go de stockage disque.

Nous déploierons un serveur sur chaque NUC disponible, permettant de répartir le trafic entre les trois serveurs, en cas de montée en charge.

4.2 Réseau

Afin de cloisonner de manière efficace notre infrastructure réseau, nous allons mettre en place plusieurs réseaux distincts.

Nous mettrons en place plusieurs sous-réseaux, chacun ayant un but différent : un pour l'administration, un pour les machines virtuelles, un pour les containers au sein d'une machine virtuelle, un pour la communication entre le réseau de capteurs et notre architecture réseau, un pour le trafic client et un pour le monitoring de notre infrastructure.

Nous utiliserons 5 adresses IP publiques pour assurer la connectivité entre les 3 NUCS, notre machine virtuelle de répartition de charge et notre pare-feu actif.

Le trafic réseau entre la passerelle du réseau de capteurs (Raspberry PI) et notre infrastructure sera encapsulé dans un VPN, qui sera propre aux sites de l'entreprise cliente.

5 Interface en ligne

L'interface en ligne, présentée dans l'annexe 11.2, s'axe sur une page principale découpant les informations en catégories clairement identifiées.

Nous retrouvons tout d'abord un encart affichant les informations générales du champ :

- L'état (informant si un capteur nécessite de l'attention) ;
- Le nombre de capteur ;
- La date de mise à jour des informations.

Un second encart affiche la météo afin de pouvoir observer les prévisions des jours à venir, ainsi qu'accolé à celui-ci, les moyennes des mesures de tous les capteurs du champ (basé sur leur dernière mesure effectuée), afin d'obtenir un aperçu rapide de l'état actuel du champ :

- La moyenne de température ;
- La moyenne d'humidité du sol ;
- La moyenne de luminosité.

Un troisième encart vient compléter ces informations, à l'aide d'un graphique permettant d'observer l'évolution d'un type de relève, au cours du temps, pour un ilot spécifique. Celui-ci affiche les données sur un an par défaut, mais dont l'écart des dates en abscisse est réglable.

Finalement, le dernier encart présente les toutes dernières données récoltées par l'ensemble de capteurs dans le champ, afin de pouvoir observer une mesure en particulier.

On retrouve ainsi :

- L'identifiant de l'ensemble de capteurs ;
- La date de la mesure ;
- La température ;
- L'humidité ;
- La luminosité.

6 Interface de monitoring

La solution proposera un outil de supervision de l'infrastructure et des liens entre les différents composants. Cette dernière sera accessible depuis une interface en ligne. Celle-ci permettra :

- De visualiser l'état actuel de chaque composant (capteurs, serveurs, pare-feu, machines virtuelles, ...) ;
- De visualiser l'état actuel des liens entre les composants ;
- De visualiser les métriques des composants ;
- De visualiser les métriques des liens entre les composants ;
- De visualiser l'historique des états et, des métriques des composants et des liens, avec une granularité de 5 minutes sur le dernier mois ;
- D'afficher une carte schématique de l'infrastructure, avec les composants et les liens entre les composants ;
- D'afficher une carte schématique des liens applicatifs entre les composants.

La solution devra être capable de détecter les pannes et les alertes suivantes :

- Perte de connectivité avec un composant ;
- Perte de connectivité avec un lien ;
- Dépassement d'un seuil de métrique sur un composant ;
- Dépassement d'un seuil de métrique sur un lien.

On considèrera les métriques suivantes :

- Utilisation processeur, en pourcentage ;
- Quantité de mémoire vive utilisée, en Go ;
- Taux d'usage du disque, en Mbit/s ;
- Température, en degrés Celsius ;
- Trafic réseau, en Mbits/s ;
- Latence réseau, en ms ;
- Débit réseau, en Mbits/s.

En cas de détection d'une panne ou d'une alerte, la solution sera capable de notifier les administrateurs par courriel.

7 Formation et communication

Une journée de formation sera fournie aux 6 agriculteurs de la coopérative, en fonction des disponibilités du client et ce dans un délai maximal de deux semaines, après l'installation du premier champ. Celle-ci se déroulera dans les locaux d'Als'agriculture, situés :

16 Rue des Maraîchers,
67117 Ittenheim, France

La première partie de cette formation sera axée sur l'installation d'un ensemble de capteur dans le champ, ainsi que le changement de la batterie.

La seconde se focalisera sur l'utilisation de l'interface en ligne de supervision, avec un focus sur l'administration de l'interface (ajout de champ, d'ilot, de capteurs), mais également sur le monitoring des champs. Une explication approfondie des différentes données sera apportée, afin de s'assurer que chaque agriculteur sera capable de comprendre et maîtriser l'outil en vue de son utilisation.

Une présentation sous forme de diaporama et de démonstration pourra être effectuée en amont de la livraison, afin d'expliquer le fonctionnement aux différents agriculteurs. Des tracts seront également édités afin de présenter le projet succinctement, au travers d'illustrations.

Notre équipe commerciale reste à votre disposition pour répondre à toutes questions éventuelles, aussi bien par téléphone au [+33 3 01 02 03 01](tel:+33301020301) (appel non surtaxé), que par courriel (projet@alsagrinet.alsace).

8 Service après-vente

AlsAgriNet, cherchant à toujours satisfaire ses clients, est certifié norme ISO 9001. Grâce à nos unités de productions et de livraisons basées en Alsace, nous garantissons une relation directe et de proximité avec le client, dans des délais réduits.

Dans ce cadre, nous nous engageons à remplacer tout capteur défaillant dans la période de garantie légale de 2 ans (débutant à la date de livraison), sous un délai maximal de 3 jours ouvrés.

Notre équipe support est également joignable, aussi bien par téléphone au [+33 3 01 02 03 99](tel:+33301020399) (appel non surtaxé), que par courriel à support@alsagrinet.alsace, pour toute demande relative au support logiciel et matériel. De plus, nous nous engageons à apporter une réponse dans les 24 heures ouvrés, suivant la demande. 24 heures ouvrés, suivant la demande.

Lors des 2 années de garantie légale, une maintenance sur terrain sera réalisée une fois par an, afin de s'assurer que les ensembles de capteurs répondent correctement aux seuils imposés dans le cahier des charges. Dans ce cadre, un fichier sera remis au client informant des actes et mesures effectués (vérification des calibrations des capteurs, notamment).

9 Calendrier et livraison

La planification du projet, à l'aide d'un diagramme de Gantt, est fournie en annexe 11.3.

Le jalon intermédiaire pourra être présenté durant la semaine du 27/11/23 et comportera les éléments suivants :

- Remontée de mesures vers l'application de façon simplifiée (connexion directe entre le serveur et le capteur) ;

- Présentation de ces mesures, au sein d'une version proche de l'interface définitive ;
- La présentation des prévisions météorologique au sein de l'interface en ligne ;
- Une gestion complète des utilisateurs (enregistrement et identification) ;
- Le suivi de l'état des capteurs sera également en passe d'être achevé.

10 Coût du projet

Le coût de l'ensemble de capteurs, prémonté et préinstallé, s'élève à 145€ HT/unité. Cela comprend le matériel, le montage de l'ensemble (avec l'étanchéification), mais également l'installation du logiciel. Dans le détail, le matériel est composé de :

- Capteur d'humidité du sol : STEMMA Soil sensor ;
- Capteur de température : DS18B20 1-Wire ;
- Capteur de luminosité : VEML7700 ;
- Raspberry Pi 4 (2 Go) ;
- Carte SD (32 Go) ;
- Boitier plastique, étanche ;
- Câbles (pour la connexion des différents modules) ;
- Batterie (20 000 mAh).

Le travail effectué pour une durée de 3 mois, par une équipe de 9 ingénieurs, est estimé à 85.000,00€ pour l'ensemble du personnel.

Nous estimons le coût d'acquisition de l'infrastructure, de la mise en place des nouveaux serveurs et la maintenance de l'ensemble de l'infrastructure dédiée au projet, à 100,00€HT/mois et par agriculteur faisant usage de notre solution.

11 Annexes

11.1 Schéma du montage du Raspberry Pi

11.1.1 Vue du dessus (capot ouvert)

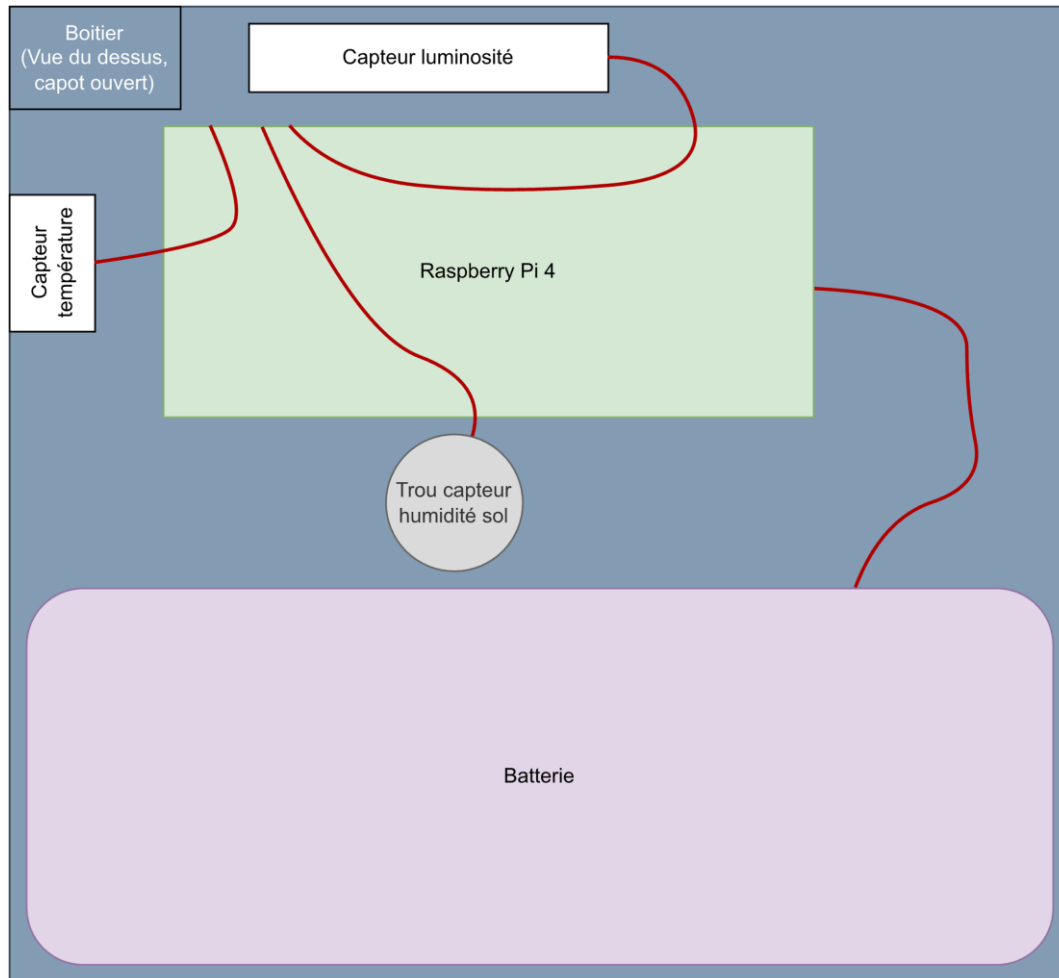


Figure 2 - Schéma du montage du Raspberry Pi (Vue du dessus, capot ouvert)

11.1.2 Vue du dessus (capot fermé)



Figure 3 - Schéma du montage du Raspberry Pi (Vue du dessus, capot fermé)

11.1.3 Vue latérale

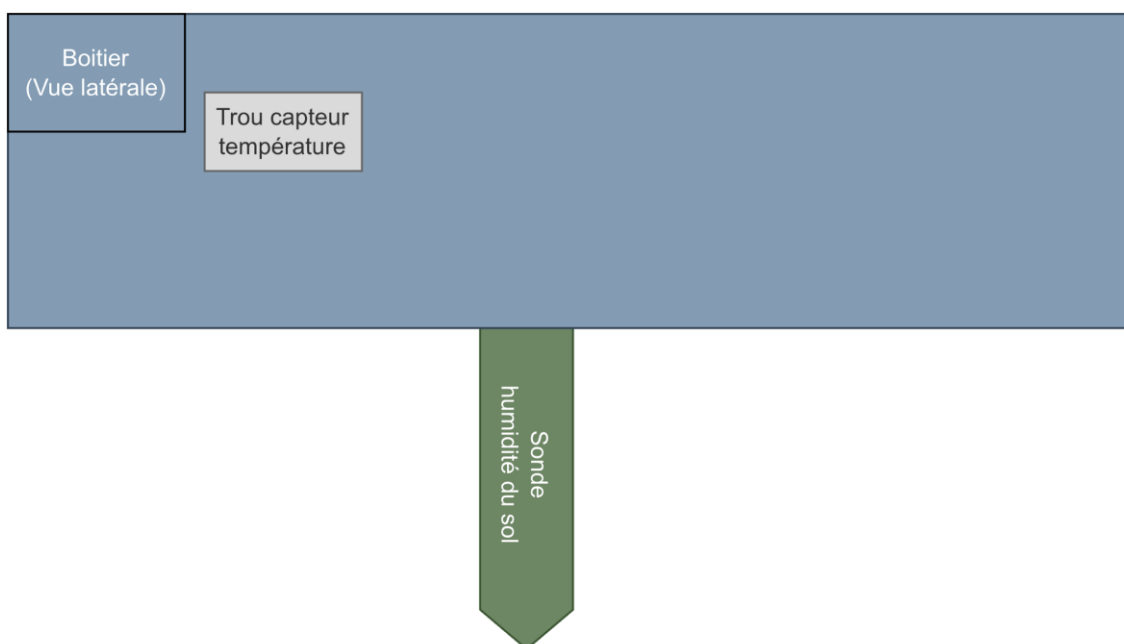


Figure 4 - Schéma du montage du Raspberry Pi (Vue latérale)

11.2 Schéma du site

11.2.1 Page d'accueil

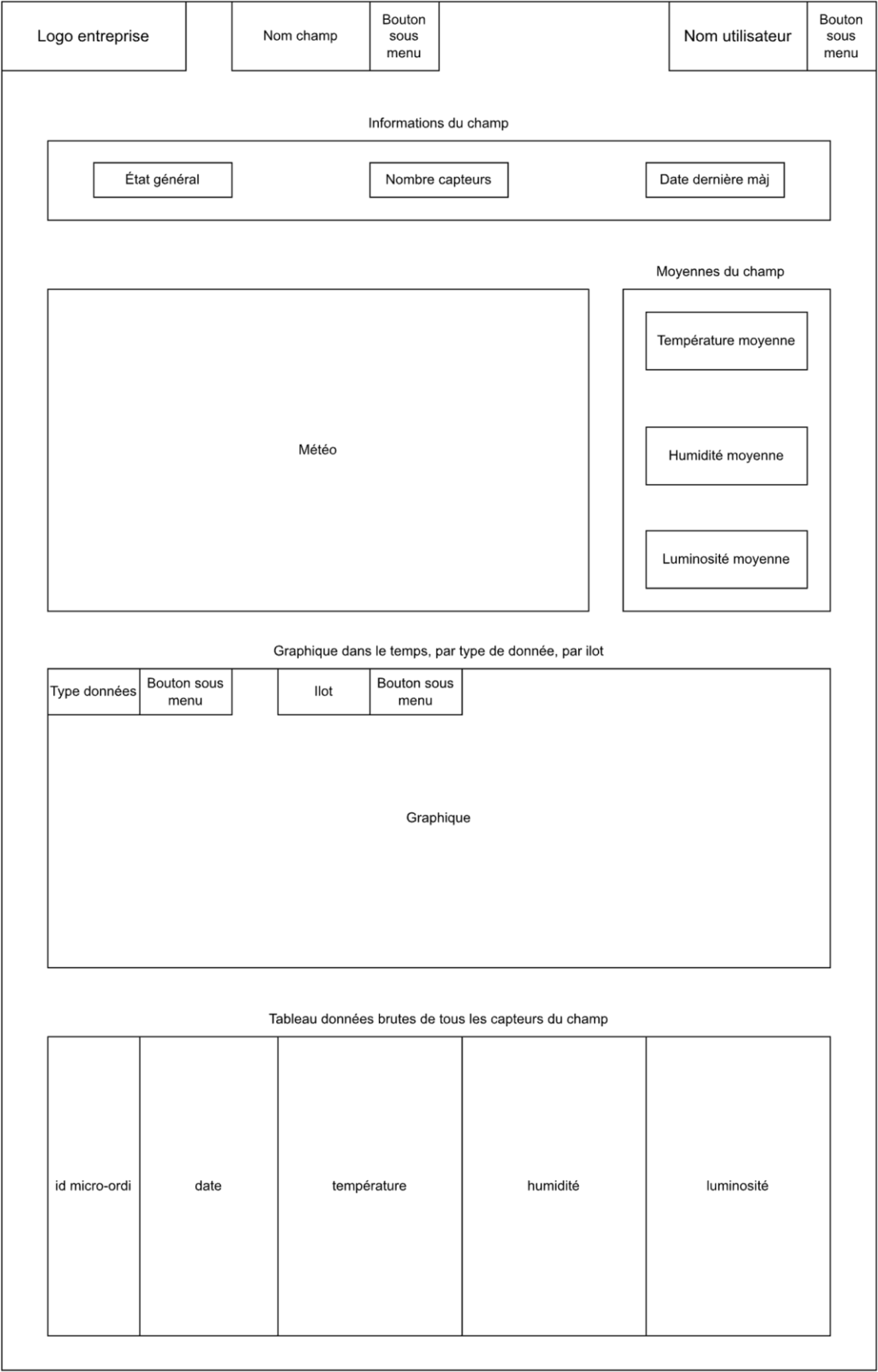


Figure 5 - Schéma de la page d'accueil

11.2.2 Page d'accueil (sous-menus ouverts)

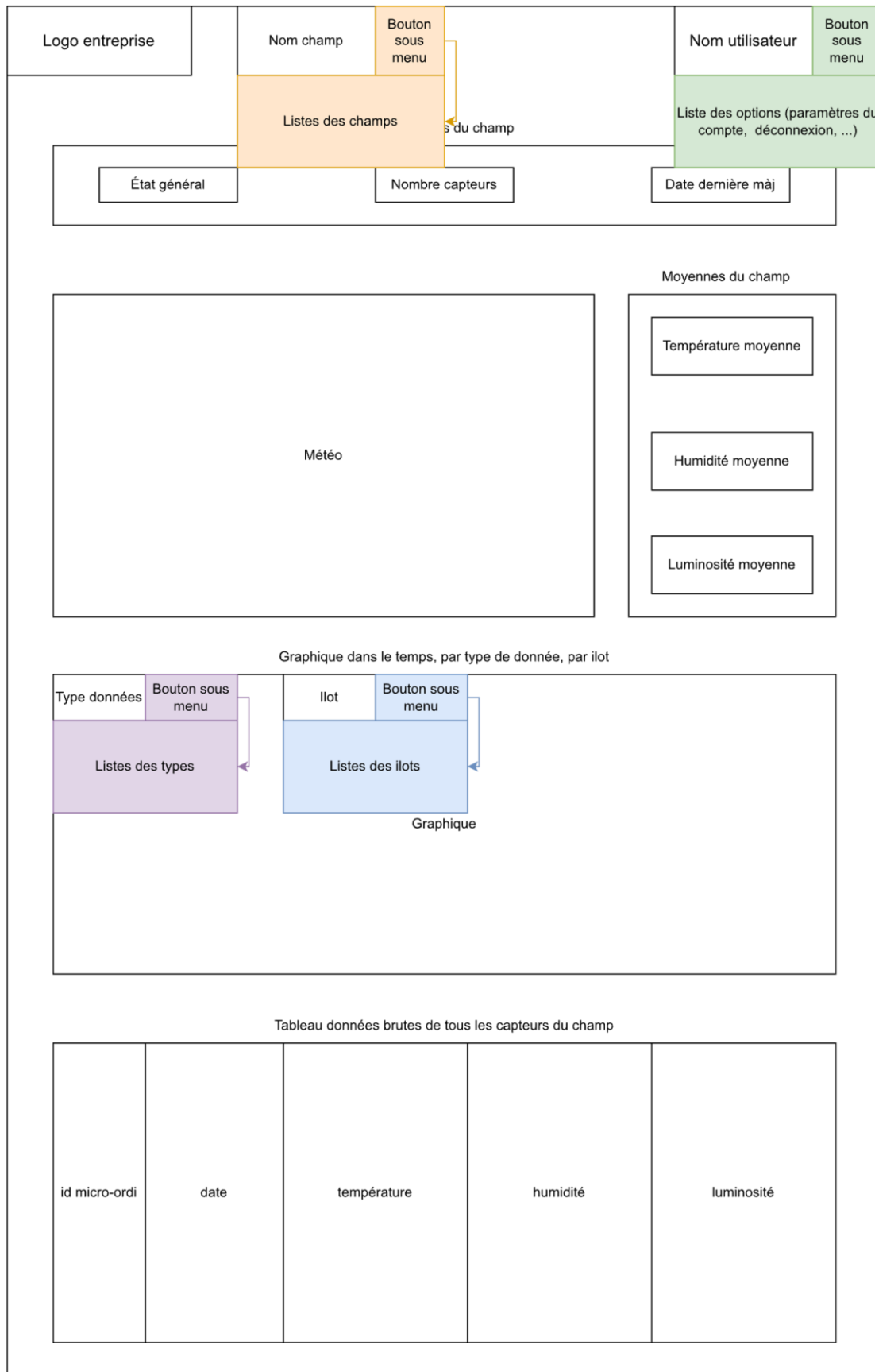


Figure 6 - Schéma de la page d'accueil (sous-menus ouverts)

11.2.3 Page de l'utilisateur

Logo entreprise	Nom champ	Bouton sous menu	Nom utilisateur	Bouton sous menu
-----------------	-----------	------------------	-----------------	------------------

...

Rechercher

Prénom :

Jean

Nom :

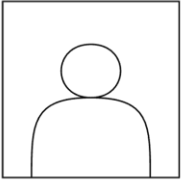
Michel

Courriel :

adb@xyz.com

Mot de passe :

Modifier



Changer la photo de profils

Enregistrer les modifications

Figure 7 - Schéma de la page de l'utilisateur

11.3 Diagramme de Gantt du projet

TITRE DU PROJET	Réseau de capteurs avec interface de supervision en ligne	NOM DE L'ENTREPRISE	AlsAgriNet
CHEF DE PROJET	Florent Seel	DATE	23/10/23

NUMÉRO	TITRE DE LA TÂCHE	PROPRIÉTAIRE DE LA TÂCHE	DATE DE DÉBUT	DATE LIMITE	DURÉE (jours)	PHASE UNE							PHASE DEUX		PHASE TROIS			
						Développement et déploiement							Debug, integration, opti		Tests et communication			
						23/10/23	30/10/23	06/11/23	13/11/23	20/11/23	27/11/23	04/12/23	11/12/23	18/12/23	25/12/23	01/01/24	08/01/24	15/01/24
1	Infrastructure																	
	Implémenter et tester la sécurité	Vincent, Thomas	20/11/23	10/12/23	20													
	Mise en place l'infrastructure (Firewall, Loadbalancer etc.)	Thomas, Florent	23/10/23	19/11/23	26													
	Gestion des services (VMs, containers app., scalabilité)	Matthieu, Vincent, Thomas	23/10/23	26/11/23	33													
	Monitoring de l'infra	Nathanaël	06/11/23	26/11/23	20													
	Base de données	Florent	23/10/23	05/11/23	12													
2	Capteurs																	
	Connexion et interfaçage avec les sondes + pré-traitement des données	Justin, Loïc	06/11/23	26/11/23	20													
	Interconnexion capteurs	Vagno, Lucas	23/10/23	03/12/23	40													
	Remontée des mesures vers serveurs	Vagno, Justin	20/11/23	10/12/23	20													
3	Exploitation																	
	Monitoring des capteurs	Nathanaël	06/11/23	26/11/23	20													
	API météo	Loïc, Lucas	13/11/23	26/11/23	13													
	Site Web pour affichage des données et monitoring	Lucas (back), Loïc (front)	23/10/23	26/11/23	33													
	Gestion utilisateurs sur le site	Matthieu, Florent	05/11/23	19/11/23	14													
4	Performances/contrôle du projet																	
	Évaluation de performances et stabilité	Équipe Infra	25/12/23	14/01/24	19													
	Communication	Toute l'équipe	08/01/24	21/01/24	13													