



# Tirer le meilleur de sa station météo connectée

Sébastien Dandrifosse<sup>1</sup>, Valéry Michaud<sup>1</sup>, Jean Pierre Huart<sup>1</sup>, Rodolphe Geradin<sup>1</sup>, Thomas Servais<sup>2</sup>, Valérian Authelet<sup>1</sup>, Sébastien Weykmans<sup>2</sup>, Michel Journée<sup>3</sup>, Viviane Planchon<sup>1</sup> et Damien Rosillon<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Centre Wallon de Recherches Agronomiques (CRA-W) - [agromet@cra.wallonie.be](mailto:agromet@cra.wallonie.be)

<sup>2</sup>WalDigiFarm ASBL - [sebastien.weykmans@waldigifarm.be](mailto:sebastien.weykmans@waldigifarm.be)

<sup>3</sup>Institut Royal Météorologique de Belgique (IRM)

28 avril 2025

## Une station connectée, et pourquoi pas chez vous ?

Les stations météo connectées privées sont de plus en plus nombreuses chez les acteurs du monde agricole wallon. On estime aujourd’hui leur nombre à plusieurs centaines. Ces stations sont utilisées tant par les agriculteurs que par les agro-industries, les structures d’encadrement, et les chercheurs. Elles permettent le suivi des conditions météo reçues par les parcelles, parfois distantes de l’exploitation. Il s’agit d’outils peu onéreux et simple d’utilisation dont les données peuvent être consultées facilement depuis un smartphone ou un PC afin de planifier les travaux culturaux, ou simplement caractériser l’environnement des cultures. Plus d’informations sur l’usage de ces outils peuvent être retrouvées sur [le site de WalDigiFarm](#).

L’utilisation croissante de ces stations météo personnelles amène toutefois son lot de questions quant à la qualité des données remontées, la fiabilité du matériel et les bonnes pratiques de maintenance. Ce livret, rédigé après 3 années d’étude de ces stations au cours du projet [Agromet II](#), tente d’apporter des éléments de réponse.

## Deux ressources de référence à ne pas négliger

Avant de s’intéresser à l’installation d’une station privée chez vous, il est d’intéressant de présenter quelques ressources de référence en matière d’observation météo agricole.

### Le réseau Pameseb

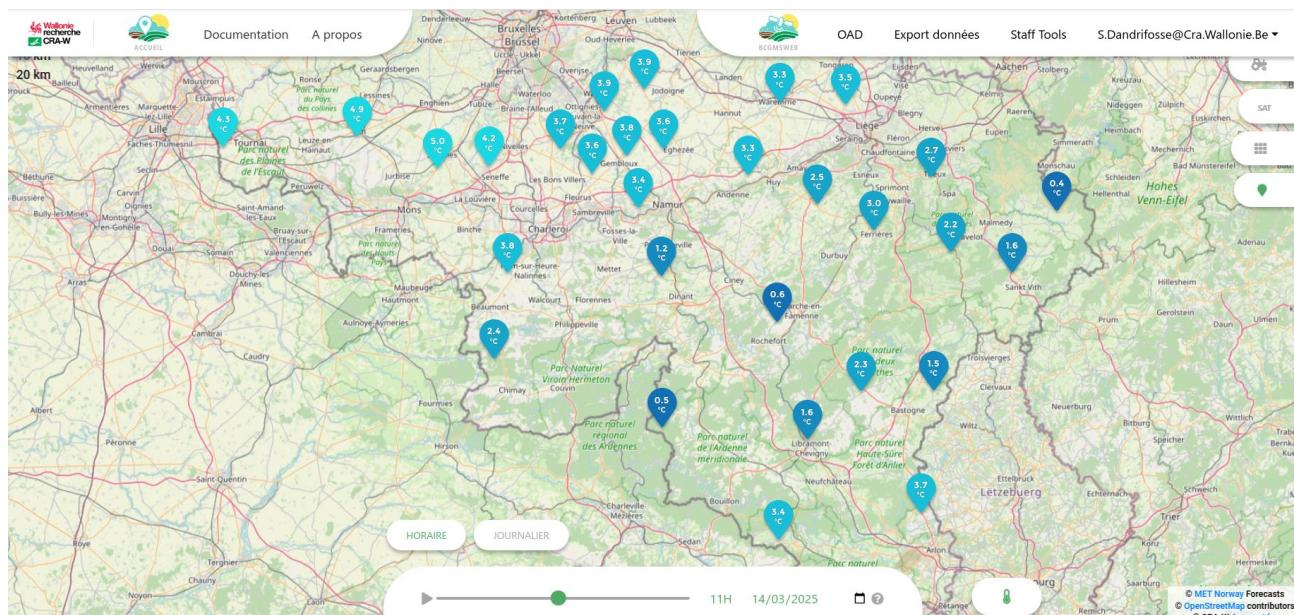
Le réseau Pameseb est un réseau de 33 stations météo de référence géré par le Centre Wallon de Recherches Agronomiques (CRA-W). Ces stations sont installées sur des zones enherbées en milieu agricole, dans des conditions bien exposées, représentatives des conditions météos de la région. Elles sont sujettes à un contrôle et une maintenance rigoureuse et les capteurs sont régulièrement ré-étalonnés dans le but de fournir des données de haute qualité. Ces stations enregistrent les précipitations, la température de l’air, l’humidité relative, la vitesse du vent, le rayonnement solaire global, l’humectation du feuillage, la température de l’air au niveau de l’herbe et la température du sol à -20 cm.



Station Pameseb à Upigny

## Le site Agromet.be

La plateforme [Agromet.be](https://www.agromet.be) fournit un accès gratuit en temps quasi-réel aux observations du réseau Pameseb. Les options permettent de visualiser ou télécharger les données. La plateforme propose également gratuitement des outils d'aide à la décision (OADs) basé sur les observations et les prévisions météo. Par exemple, l'outil SprayVision permet de trouver des fenêtres optimales pour la pulvérisation dans les 3 prochains jours. Il prend en compte les prévisions de vent pour limiter la dérive mais aussi les prévisions de température et d'humidité de l'air pour cibler les fenêtres où le produit pulvérisé sera le plus efficace.



Page d'accueil de la plateforme Agromet.be

## Une station météo connectée sous le sapin

Vous envisagez l'achat d'une station météo connectée ? Voici quelques éléments à savoir. Le prix d'une station météo commerciale peut aller de quelques centaines à quelques milliers d'euros. Au prix d'achat du matériel, il faut parfois ajouter celui d'un abonnement, revenant par exemple à une centaine d'euros l'année. Les différences de prix se justifient par l'offre de capteurs proposés. Les modèles les plus basiques proposent généralement la mesure des précipitations, de la température et l'humidité de l'air. Les modèles plus onéreux ajoutent la mesure de la vitesse et la direction du vent, du rayonnement solaire ou encore de la durée d'humectation du feuillage (utile pour le suivi des maladies). Bon à savoir, la composition d'une station météo est souvent modulable. Il vous est donc possible de sélectionner uniquement les capteurs qui vous intéressent. Un autre élément justifiant le prix est la robustesse / durée de vie du matériel. Les stations les moins onéreuses proposent en général du matériel « jetable » et elles devront être entièrement remplacées après typiquement trois ou quatre années de fonctionnement. D'autres stations proposent du matériel plus solide à même de vivre une dizaine d'années. Certains capteurs devront toutefois être ré-étalonnés ou remplacés après quelques années. Il s'agit notamment des sondes d'humidité relatives.



# Choisir le bon emplacement

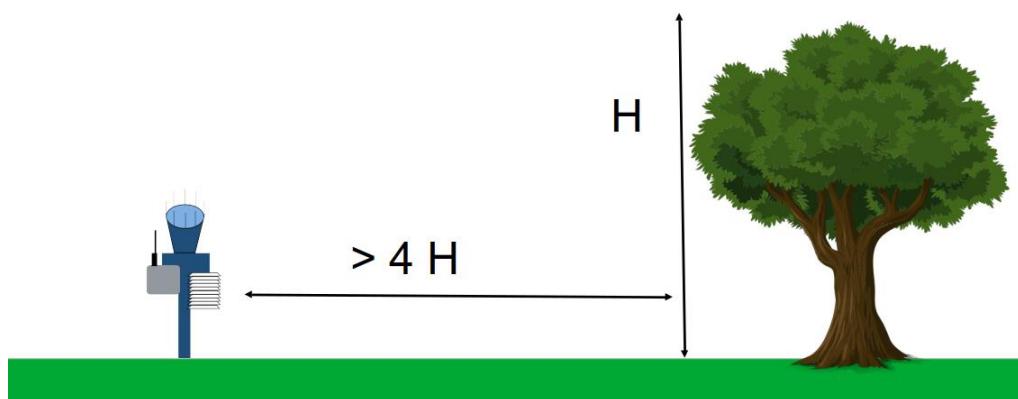
## Placer la station dans la culture

Placer la station en plein cœur d'une culture est l'option à suivre si vous souhaitez essayer de mesurer directement le micro-climat de la culture, par exemple dans une optique de suivi des maladies, car le développement des champignons pathogènes répond directement à l'humidité et à la température à l'intérieur du couvert.

## Placer la station dans une zone dégagée

C'est généralement l'option conseillée. Cela permet de mesurer les conditions météo représentatives des parcelles alentours. C'est le genre de mesures réalisées par les réseaux de référence comme les stations Pameseb en milieu agricole, ou encore les stations IRM. Il faut toutefois être vigilants à bien s'affranchir des obstacles locaux qui pourraient influencer la mesure et la rendre moins représentative d'une zone plus large. Il s'agit typiquement des arbres ou des bâtiments qui peuvent intercepter les précipitations ou projeter de l'ombre. On considère que placer la station à une distance 4 fois supérieure à la distance d'un obstacle est une précaution suffisante. Notons que la vitesse du vent est plus sensible et peut-être influencée par des obstacles très lointains. Si vous êtes intéressé par la mesure de cette variable à l'endroit précis de la station, aucun souci, mais si vous préférez une vitesse du vent qui traduit une zone plus large sans obstacle, il vaut mieux placer la station à une distance au moins 10 fois supérieure à la hauteur des obstacles.

Il faut aussi prêter attention aux obstacles sources ou puits de chaleur. On évitera de positionner la station sur une grande surface asphaltée, trop proche d'un bâtiment ou d'un plan d'eau.

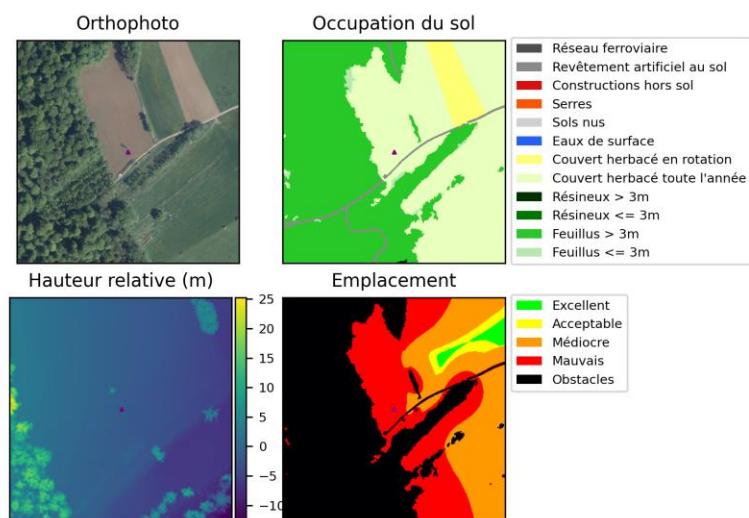


# Un nouvel algorithme d'aide au positionnement

## De quoi s'agit-il ?

Le CRA-W a développé un algorithme d'aide au positionnement de stations météo. Cet algorithme utilise des données géospatiales d'occupation du sol et de hauteur des obstacles afin de déterminer la qualité de l'emplacement d'une station météo sur base de ces coordonnées GPS. L'algorithme attribue une des 4 classes d'emplacement suivantes : Excellent, Acceptable, Médiocre, ou Mauvais.

*Attention, la qualité de l'emplacement est exprimée uniquement par rapport au souhait d'obtenir des mesures représentatives d'une zone plus large. Il peut arriver de placer expressément une station à un emplacement « de mauvaise qualité » pour mesurer des conditions climatiques locales. Par exemple, on peut placer une station à proximité d'une forêt si on s'intéresse au climat forestier.*



## Concrètement, comment en bénéficier ?

Pour recevoir une carte d'emplacement, vous pouvez envoyer une demande à [agromet@cra.wallonie.be](mailto:agromet@cra.wallonie.be) en précisant la zone qui vous intéresse avec une capture d'écran d'une carte ou des coordonnées GPS. Dans le futur, il est prévu qu'une carte d'emplacement couvrant toute la Wallonie soit disponible sur Agromet.be.

## L'emplacement, trop souvent négligé

Nous avons calculé l'emplacement de 108 stations Raincrop (pluviomètre Sencrop) installées en Wallonie, sur base de leurs coordonnées GPS. Il en ressort que plus de 65 % des stations sont à un emplacement Médiocre ou Mauvais. Il s'agit essentiellement de stations beaucoup trop proches des bâtiments ou sur des terrains artificialisés.

## Un contrôle régulier, des données de qualité

La vie d'une station météo n'est pas un long fleuve tranquille. La Nature réserve parfois bien des surprises. Il n'est pas si rare de retrouver des stations renversées par du bétail ou du gibier, envahies par la végétation ou endommagées par des vents violents (panneau solaire retourné sur son axe, filtre du pluviomètre envolé). Nos amis les oiseaux peuvent également y voir et des perchoirs de choix et gratifier la station de quelques fientes du plus bel effet.

### Le nettoyage de printemps

Il est recommandé de passer nettoyer sa station une fois en début de saison. Pour ce faire, n'oubliez pas de mettre la station sur OFF, afin d'éviter d'enregistrer des valeurs dues au nettoyage, par exemple une pluie due tout simplement à un rinçage du pluviomètre. Ce nettoyage est aussi l'occasion de passer un chiffon sur le panneau solaire, sur le pyranomètre (capteur de rayonnement solaire) ou l'humectomètre. Profitez-en aussi pour nettoyer l'abri anti-radiatif, enlever les toiles d'araignées.

### Attention aux bouchons !

Il n'y a pas que les autoroutes belges qui souffrent de bouchons. Les pluviomètres des stations connectées sont en grande majorité constitués d'un entonnoir puis d'un système d'auget basculant qui enregistre la pluie chaque fois qu'elle remplit l'auget (sorte de cuillère) et le fait basculer. Ce type de pluviomètre est très sensible au bouchage. C'est le problème numéro un sur les stations météo connectées, surtout que la pluie est la variable météo la plus importante en agriculture. Le bouchage est dû à une accumulation de crasses dans l'entonnoir : débris végétaux, insectes, parfois retenus par des toiles d'araignées. Nous avons déjà retrouvé un rongeur mort qui faisait obstruction. C'est pourquoi il est important de contrôler le pluviomètre au moins une fois par mois en saison de culture. Les mois les plus à risque sont avril et juillet.

Lors du nettoyage, éteignez la station, enlevez les crasses dans le pluviomètre et versez une bouteille d'eau pour le nettoyer. N'oubliez pas de vérifier à l'intérieur si des crasses ne sont pas bloquées dans l'auget. Pour y accéder, il est nécessaire de démonter l'entonnoir, soit en le dévissant, soit en retirant quelques vis.

Notons que le bouchage est souvent partiel, ce qui le rend plus difficile à détecter. De l'eau stagne dans l'entonnoir mais s'écoule tout de même au goutte-à-goutte. Il y a bien des enregistrements de pluie mais au lieu d'avoir un gros pic au moment de la pluie, on retrouve une succession de petits pics après la pluie, correspondant à l'eau qui s'écoule lentement.



## La comparaison de 10 stations commerciales

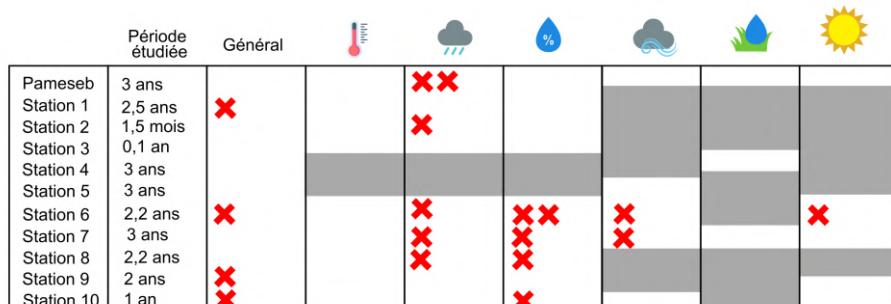
Une étude a été faite durant 3 années, de 2022 à 2024, pour évaluer les performances des stations météo commerciales. 10 stations météo ont été installées sur un site météo près de Rochefort, à côté de deux stations de référence : une station Pameseb et une station de l'IRM. Tous les modèles les plus courants de stations connectées en agriculture ont été repris dans cette sélection, certains en plusieurs exemplaires. Un point faible de cette étude est que toutes les stations n'ont pas été installées dès le début des 3 années, nous avons donc par moments comparé des stations avec des vieillissements différents.

Le choix a été fait de présenter les performances en anonymisant les noms des stations commerciales. Ce choix a été fait pour ne pas défavoriser injustement un fabricant à cause des limites de notre étude. Nous pensons aussi que certains problèmes observés vont être pris en compte et corrigés dans les nouvelles stations vendues, donc nous ne voulons pas tirer de conclusions qui ne seraient rapidement plus d'actualité.

L'intérêt de cette étude est plutôt d'illustrer ce qu'on peut attendre de ce type de stations, de manière générale, et mettre le doigt sur des comportements à surveiller.

### Les défaillances majeures

La figure ci-dessous synthétise les problèmes majeurs de fonctionnement observés, en général pour toute la station et en détail pour chaque variable météo. Il est également important d'interpréter le nombre de problèmes par rapport à la période observée. Aucune station n'a traversé les 3 années de test sans accroc, mais le nombre de problèmes / interventions est resté limité. Les défaillances « générales » incluent des périodes avec des données manquantes ou aberrantes pour toutes les variables. On a ainsi vu une station enregistrer du rayonnement solaire pendant la nuit. Ensuite, les deux variables météo les plus touchées sont les précipitations et l'humidité relative. La station Pameseb et d'autres stations testées ont souffert de bouchages du pluviomètre, mais pas à la même période. La station 8 a enregistré pendant deux jours des pluies beaucoup trop importantes. Concernant l'humidité, celle-ci a été fortement surestimée par les stations 7 et 8. La station 6 a souffert d'une longue période où l'humidité plafonnait trop bas, et une autre période de 3 jours où elle a mesuré beaucoup plus d'humidité que les autres stations.



 = 1 défaillance majeure

 = variable non mesurée par cette station

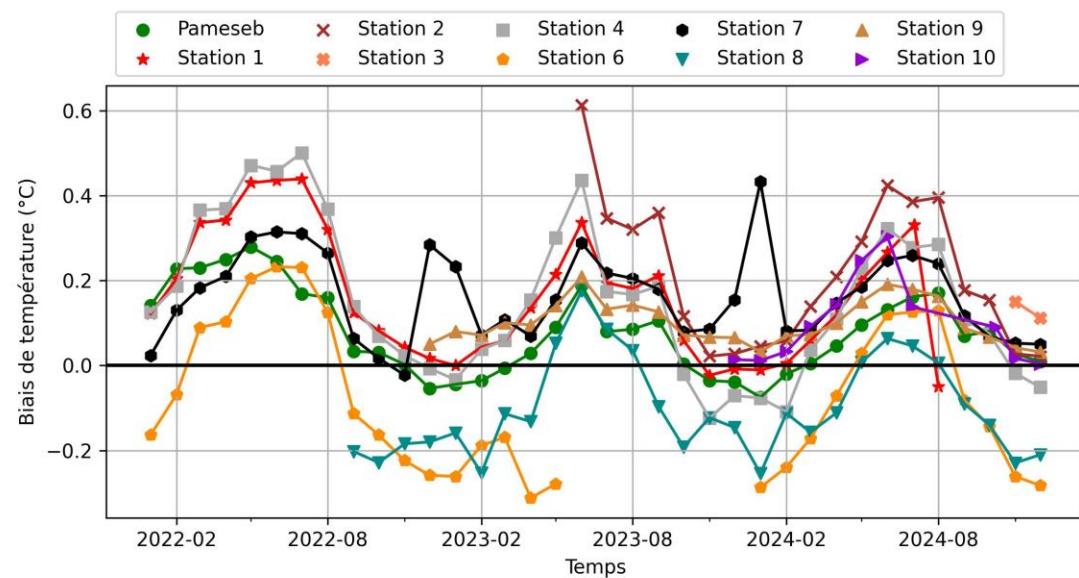
La qualité de la mesure des différentes variables météo « en conditions de bon fonctionnement de la station » a été étudiée en retirant les données aberrantes acquises lors des périodes de défaillances, à l'exception des surestimations ou sous-estimations modérées de l'humidité relative.

## Qualité de la mesure de température de l'air

Les mesures de température de l'air ont suivi de près celles des stations de référence, avec des erreurs généralement limitées à quelques dixièmes de degrés.

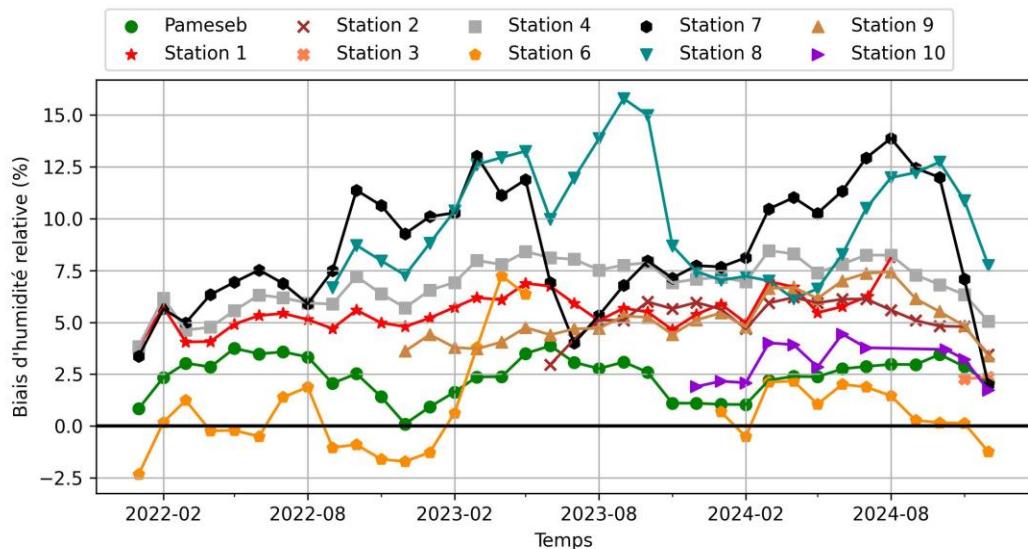
La figure ci-dessous détaille l'évolution du biais mensuel, c'est-à-dire la moyenne mensuelle des différences horaires entre la température à chaque station et la station de référence de l'IRM. Une valeur de biais positive signifie donc que la station a en moyenne surestimé la température par rapport à la station IRM.

Les stations ont légèrement surestimé la température moyenne pendant les heures chaudes. C'est dû à un échauffement de la sonde malgré l'abri anti-radiatif. À ce niveau, nous avons remarqué une plus faible erreur pour les stations équipées d'un abri en forme de double hélice (meilleure ventilation) plutôt qu'un abri classique à coupelles parallèles. Voir images ci-dessous. Un problème particulier a été observé pour la station 7. Cette station surestimait les températures pendant les périodes de gel intense.

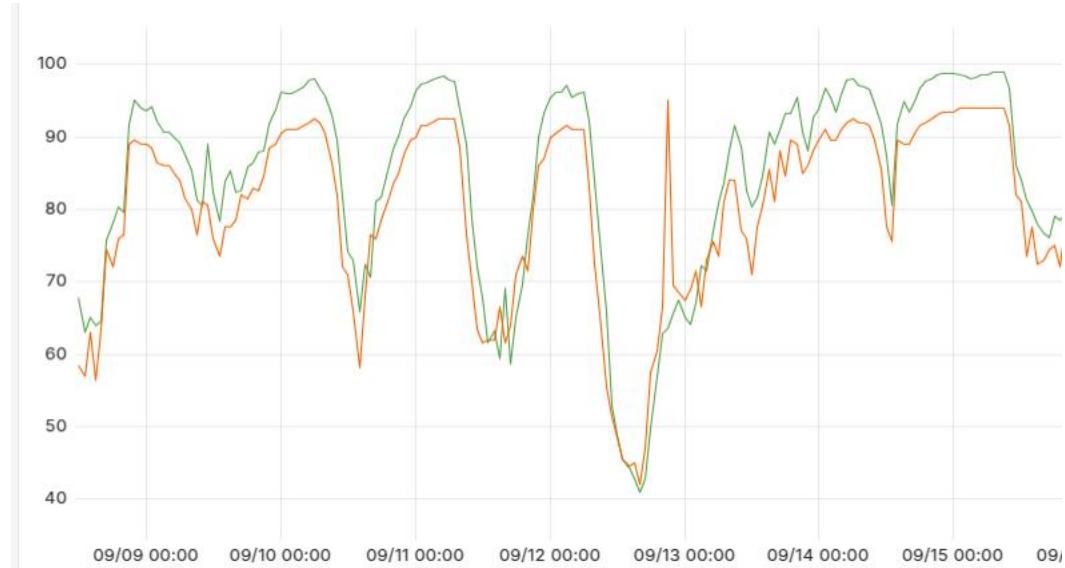


## Qualité de la mesure de l'humidité relative

Des erreurs importantes ont été observées sur la mesure de l'humidité relative. La station Pameseb a parfois surestimé l'humidité de 2,5 % mais d'autres stations ont présenté des surestimations bien plus importantes, parfois supérieures à 10 % en moyenne mensuelle.



Un autre problème, non visible sur le graphique ci-dessus mais illustré par la courbe orange à la figure suivante, est le fait que l'humidité sature trop bas, par exemple ne dépasse jamais 95 % d'humidité alors qu'elle devrait être proche de 100 %. Ce problème est dû à un mauvais étalonnage de la sonde ou à une dérive après un certain temps de fonctionnement. Il a été observé en 2022 pour la station 6.



Les erreurs d'humidité relative peuvent avoir de lourdes conséquences si les mesures sont utilisées pour alimenter des outils d'aide à la décision calculant les risques de maladies. Ce genre de modèle utilise des critères sur les hautes humidités relatives. Par exemple, on calcule un risque d'infection par le pathogène si l'humidité est supérieure à 95 %.

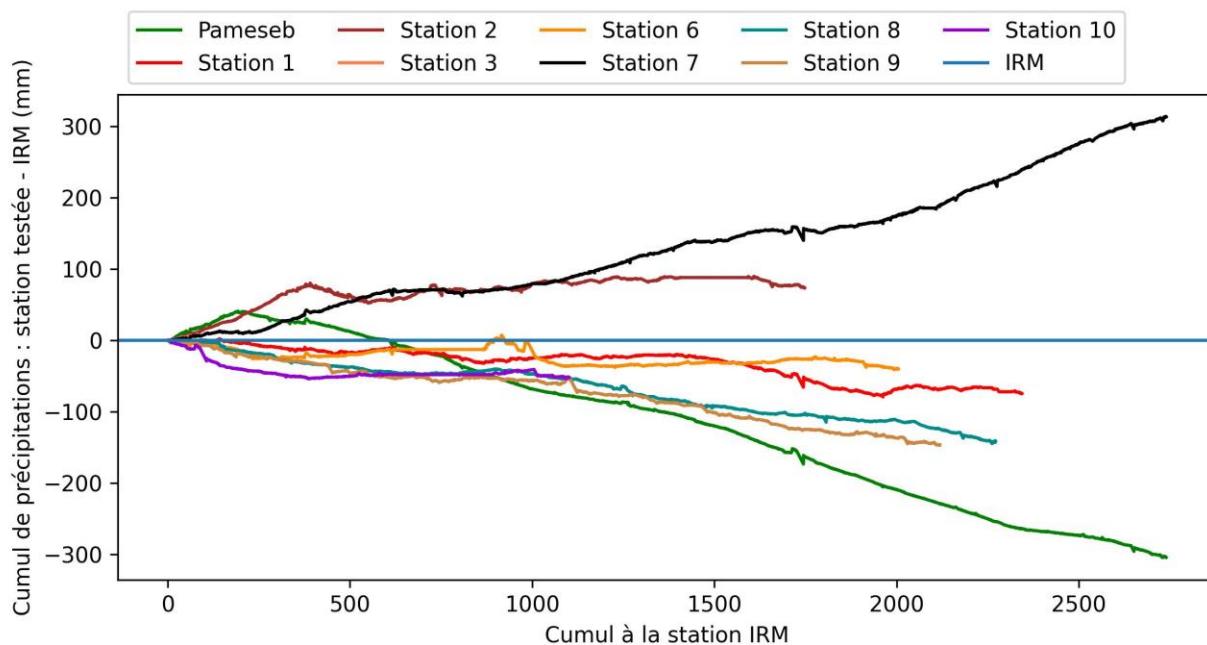
Pour illustrer les problèmes causés par les mauvaises mesures d'humidité relative, examinons les sorties d'un modèle mildiou de la pomme de terre alimenté avec les données de différentes stations. En 2022, la station 6 a calculé une date de la troisième génération de mildiou beaucoup trop tard et un nombre total de générations de mildiou trop faible. C'est dû au fait que la mesure de l'humidité à cette station 6 plafonnait trop bas. En 2023, les stations 7 et 8 surestimaient l'humidité de plus de 10 % et elles ont calculés de trop nombreuses périodes d'infection par le mildiou.

	2022		2023	
	Date de la 3 <sup>e</sup> génération	Nombre de générations	Date de la 3 <sup>e</sup> génération	Nombre de générations
Pameseb	4 juin	12	21 juin	13
Station 7	4 juin	13	21 mai	16
Station 1	4 juin	12	21 juin	13
Station 6	20 août	6	/	/
Station 8	/	/	21 mai	20
Station 9	/	/	21 juin	13

## Qualité de la mesure des précipitations

Les précipitations, leur durée et leur importance ont été en général bien enregistrées par les différentes stations. C'est plutôt au niveau des cumuls à long terme que certaines stations montrent leurs limites. À force de cumuler de légères sous ou surestimations à chaque pluie, on finit avec des erreurs qui se marquent sur un cumul annuel.

La figure ci-dessous montre les erreurs de cumul par rapport au cumul à la station IRM. Certaines stations comme la 1 ou la 6 ont dévié assez peu même après presque deux ans de mesures prises en compte. La station 7 a surestimé souvent les précipitations, causant une erreur de cumul de plus en plus grande. La station Pameseb, de son côté, a plutôt accumulé les sous-estimations.



Il convient de prendre en compte que le pluviomètre de référence de la station IRM était un pluviomètre à pesée alors que les autres stations, dont la Pameseb, possédaient des pluviomètres à auget basculant. Ces derniers pluviomètres nécessitent un bon étalonnage et sont connus pour sous-estimer les précipitations, notamment car de l'eau peut couler pendant que l'auget bascule, et donc ne pas être enregistrée.



Pluviomètre à pesée

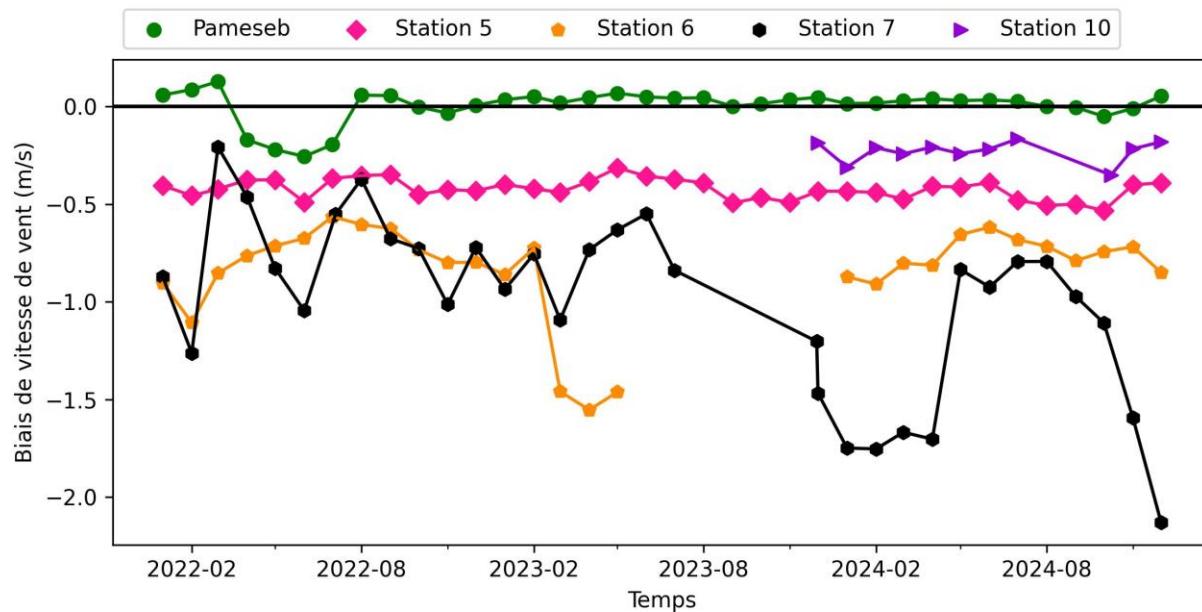


Intérieur d'un pluviomètre à auget basculant

Notons qu'un pluviomètre à pesée enregistre instantanément chaque goutte d'eau qui tombe alors qu'un pluviomètre à auget enregistre une quantité d'eau lorsque l'auget a été rempli. La résolution de l'auget est la quantité d'eau nécessaire pour le faire basculer. Elle était de 0,1mm pour la station Pameseb et de 0,2 ou 0,254 mm pour les stations commerciales. Un auget trop grand ne sera pas rempli par les pluies les plus fines, et donc ne les enregistrera pas. Ce paramètre peut avoir son importance dans le suivi des maladies : une bruine est parfois suffisante pour créer les conditions propices à l'infection par le champignon pathogène.

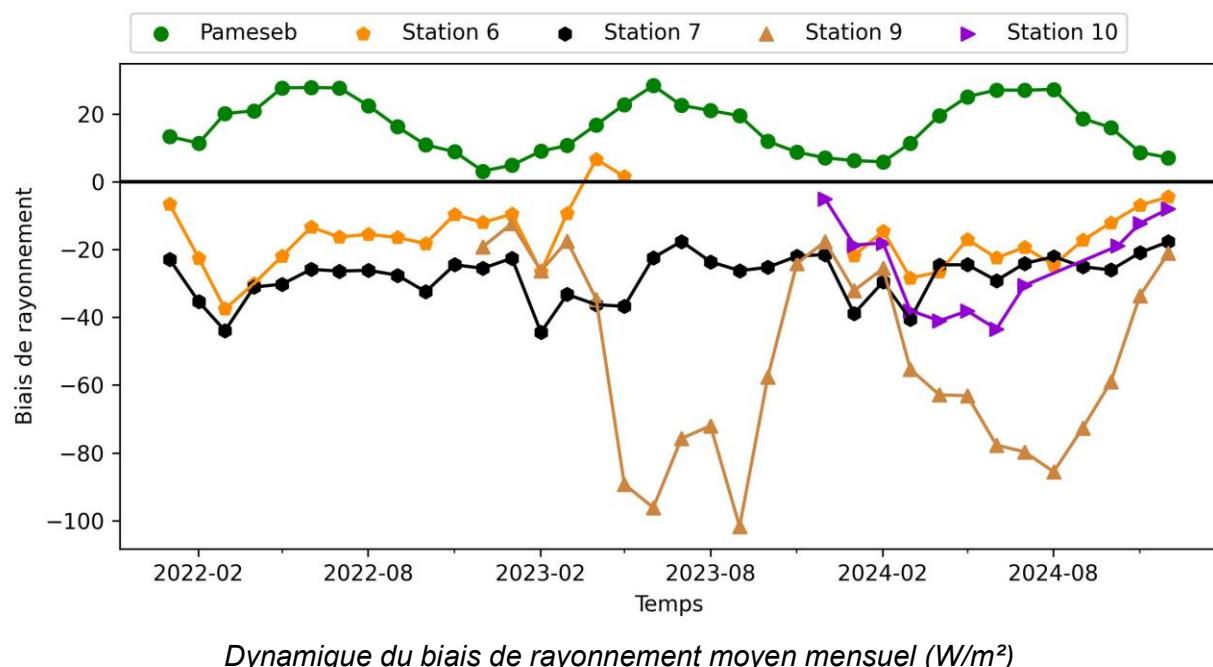
## Qualité de la mesure de la vitesse du vent

La station Pameseb a mesuré la vitesse du vent de façon non biaisée, mais il faut savoir qu'elle avait subi un étalonnage préalable. Les autres stations ont en moyenne sous-estimé la vitesse du vent. Cette surestimation était légère pour les stations 5 et 10 mais la station 7 s'est révélée particulièrement mauvaise, avec un biais très variable d'un mois à l'autre, et donc difficile à corriger. Alors que les autres stations possédaient toutes un anémomètre à coupelles, avec un fonctionnement mécanique classique, la station 7 était équipée d'un autre type de capteur : un anémomètre sonique 2D mesurant la vitesse du vent d'après le temps de parcours d'une onde ultrason entre deux éléments du capteur.



## Qualité de la mesure du rayonnement global

La station Pameseb a en moyenne légèrement surestimé le rayonnement alors que les autres stations l'ont sous-estimé. Les écarts ont été considérés acceptables sauf pour la station 9 avec des erreurs très importantes pour de forts rayonnements. Alors que chaque autre station était équipée d'un pyranomètre, la station 9 reposait sur une technologie différente pour mesurer le rayonnement : estimer celui-ci d'après la charge d'un panneau solaire. Cette option, intelligente en théorie, permet d'économiser le coût d'un capteur dédié à la mesure du rayonnement, mais dans cet essai elle ne s'est pas révélée concluante. Le fabricant nous a néanmoins assuré que les nouvelles versions de ce modèle de station résolvaient le problème.



## Qualité de la mesure de la durée d'humectation du feuillage

La durée d'humectation du feuillage est utilisée pour le suivi du développement des maladies sur les feuilles. Cette variable météo est spécifique au milieu agricole et n'est pas mesurée par la station IRM. La station Pameseb a donc été considérée comme la référence. La valeur horaire de la durée d'humectation du feuillage est un nombre de minutes pendant lesquelles le feuillage est resté humide. Cette valeur vaut souvent 0 ou 60 min, et parfois une valeur intermédiaire pour les heures de transition entre une période humide et une période plus sèche.

La station Pameseb, la station 4 et la station 7 ont enregistré une durée d'humectation supérieure à 0 min pour respectivement 41,8 %, 55,0 % et 41,4 % des heures étudiées. Ainsi, la station 4 se différenciait des deux autres. Il faut cependant noter que cette station 4 enregistrait 59 % du temps des valeurs strictement  $> 0$  et  $< 60$  min, alors que la station 7 enregistrait 86 % du temps soit 0 soit 60 min. La station 4 enregistrait donc plus d'heures avec quelques minutes d'humectation mais moins souvent des hautes durées d'humectation, ce qui sur ce point la rapprochait plus de la station Pameseb. Il est donc clair que ces capteurs d'humectation peuvent se comporter fort différemment selon le modèle, mais il est moins évident d'affirmer quels enregistrements sont "les meilleures".

Des photos de différents modèles d'humectomètre sont présentées ci-dessous.



## “Mon contrôle qualité” : un nouvel outil pour être alerté des problèmes sur votre station

Un outil est en cours de développement et sera prochainement proposé gratuitement aux propriétaires de station connectée. Un algorithme analysera les données de votre station et vous avertira d'éventuels problèmes de mesure. Les alertes seront envoyées par mail ou WhatsApp mais vous pourrez également consulter à tout moment l'état de votre station en passant par Agromet.be.

Intéressé d'être parmi les premiers à tester l'outil ? Contactez-nous à l'adresse [agromet@cra.wallonie.be](mailto:agromet@cra.wallonie.be).

## CONCLUSIONS

Les stations météo connectées sont des outils abordables et très pratiques pour le suivi des conditions météo locales. Les modèles proposés sur le marché fournissent en général des mesures fiables, mais il convient d'être attentifs au bon positionnement de la station et à son entretien.

- Les sondes de température sont fiables, précises et demandent peu de maintenance. La qualité de la mesure dépend assez fort de la qualité de l'abri anti radiatif.
- Les pluviomètres connectés enregistrent bien les pluies et leur importance. Ils sont cependant sensibles à des problèmes de bouchage et peuvent sous ou surestimer les cumuls de pluie sur le long terme.
- La mesure de l'humidité relative est assez délicate. Les sondes doivent être changées ou recalibrées après quelques années. Des erreurs de mesure de plusieurs % sont fréquentes. Il faut être particulièrement attentifs à ne pas alimenter des modèles de maladies avec des sondes qui surestiment trop l'humidité ou pour lesquelles l'humidité sature trop bas (la mesure ne dépasse jamais 96 %).
- Les capteurs de rayonnement solaire peuvent être légèrement biaisés et causer des sous ou surestimations, mais ils enregistrent bien et de façon très fiable les variations de rayonnement solaire. Il faut prévoir de les recalibrer un peu après plusieurs années de fonctionnement. Notons aussi que l'estimation du rayonnement depuis un panneau solaire n'a pas fait ses preuves pour le modèle testé, mais pourrait être une option pertinente et bon marché à l'avenir.
- Les anémomètres à coupelles sous-estiment un peu la vitesse du vent mais reste des capteurs fiables pour en suivre les fluctuations. La station doit être bien éloignée des obstacles pouvant bloquer le vent. L'autre type de capteur testé, l'anémomètre sonique 2D, n'a pas montré des performances satisfaisantes.

Grâce au projet de recherche Agromet II, des solutions sont en développement pour vous aider à tirer le meilleur de vos stations connectées. Un algorithme permet d'évaluer si un emplacement est adéquat pour installer une station et une carte d'aide au positionnement de stations sera disponible sur Agromet.be. Un algorithme de contrôle qualité automatique permettra de vous envoyer des alertes quand des problèmes de mesure majeurs sont détectés sur votre station.

Pour toute question ou demande de conseil sur le sujet de la donnée météo, n'hésitez pas à contacter l'équipe Agromet : [agromet@cra.wallonie.be](mailto:agromet@cra.wallonie.be).