



QPAR

Manuel d'utilisation



Révision v1.0 Octobre 2021

## SOMMAIRE

VUE GÉNÉRALE .....	3
MISE EN ROUTE .....	4
1. Insérer/changer la pile 9V .....	4
2. Allumer / Eteindre l'appareil .....	4
3. Vérifier l'état du diffuseur du capteur .....	5
4. Etat de la pile .....	5
INTERFACE UTILISATEUR .....	6
1. Arborescence de l'interface .....	6
2. Écran Principal .....	7
3. Ecran d'enregistrement .....	10
4. Ecran de calibration .....	11
CONSEILS D'UTILISATION .....	15
1. Mesurer le PAR .....	15
2. Comprendre la photosynthèse .....	16
3. Mesurer le vieillissement d'une ampoule .....	24
SPÉCIFICITÉS TECHNIQUES .....	27
SAV .....	27
PHYMEA .....	28

## VUE GÉNÉRALE



- 1 : Ecran OLED
- 2 : Bouton ON/OFF
- 3 : Bouton Record
- 4 : Bouton Paramètre

- 5 : Capteur
- 6 : Diffuseur

# MISE EN ROUTE

## 1. INSERER/CHANGER LA PILE 9V

- Ouvrir le **capot de pile à l'arrière de l'appareil** avec un tournevis.
- Insérer une **pile 9V type PP3** en respectant la polarité.
- Refermer le capot de pile, en commençant par insérer le côté opposé à la vis.




## 2. ALLUMER / ETEINDRE L'APPAREIL

- Presser le bouton ON/OFF (voir VUE GENERALE, p.3) pour mettre sous tension l'appareil (ON).
- Re-presser le bouton ON/OFF pour mettre hors tension l'appareil (OFF).
- **Si l'appareil ne détecte pas d'activité de votre part (appui de bouton) sur une période de 10min, il s'éteindra automatiquement.**

### 3. VERIFIER L'ETAT DU DIFFUSEUR DU CAPTEUR

- Vérifier l'état du diffuseur (voir VUE GENERALE, p.3) qui doit être parfaitement propre.
- Si nécessaire nettoyer le diffuseur avec un linge doux (ex : microfibre) humidifié avec du lave vitre ou du nettoyant lunette.

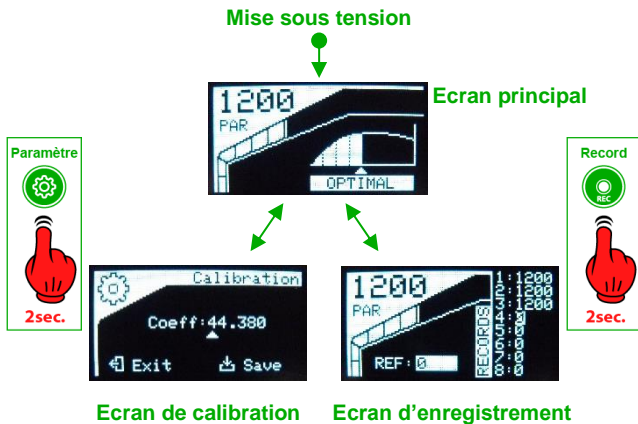
### 4. ETAT DE LA PILE

- Lorsque le niveau de la pile atteint un voltage bas (~6V), l'icône  apparait sous le PAR.
- En fonction de la pile (marque/modèle) l'appareil peut alors rencontrer des problèmes de fonctionnement (mesure erronée, affichage instable, baisse de luminosité de l'écran, etc.).
- Pour éviter tout problème de fonctionnement, il est préférable de recharger/changer la pile.



# INTERFACE UTILISATEUR

## 1. ARBORESCENCE DE L'INTERFACE



## 2. ÉCRAN PRINCIPAL

Après la mise sous tension de l'appareil, le système démarre et s'initialise en affichant le logo Phymea. Une fois prêt le système affiche l'écran principal.



- 1 : Mesure du PAR
- 2 : Jauge de PAR
- 3 : Jauge de photosynthèse (courbe de réponse)
- 4 : Fenêtre d'indication (LOW, GOOD, OPTIMAL, HIGH, CAUTION)

L'écran principal affiche 2 types d'informations :

- le PAR mesuré (PPFD) en  $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ ,
- et son effet sur la photosynthèse.

Le PAR mesuré est représenté par le chiffre affiché en (1) et dans la jauge de PAR (2).

L'effet du PAR est représenté sur la jauge de photosynthèse (3).

Cette jauge est en réalité ce que les biologistes appellent une ***courbe de réponse*** : la courbe de réponse de la photosynthèse à la lumière (PAR). Nous l'avons produite en synthétisant des données d'articles scientifiques mesurées sur **la tomate, le maïs, le cannabis et *Arabidopsis thaliana***. Elle est donc valable pour ces espèces et

probablement beaucoup d'autres (sauf espèces ombrophiles, type Orchidées). Elle représente la réponse de la photosynthèse à 25°C et 400ppm de CO<sub>2</sub>.

Pour vous aider à apprécier l'effet du PAR nous avons ajouté une fenêtre qui vous indique quel niveau de PAR le capteur est en train de mesurer **(4)** :

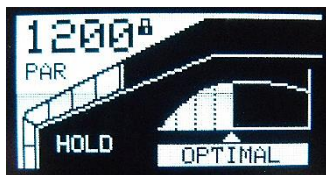
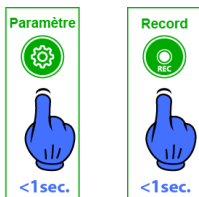
- **LOW** : le niveau de PAR est trop faible pour assurer le bon développement de vos plantes. (0-300 $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ )
- **GOOD** : le niveau de PAR est suffisant pour le développement et la survie de la plante. (**Niveau optimal pour des espèces Ombrophiles, type Orchidées**). (300-900 $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ )
- **OPTIMAL** : le niveau de PAR est adapté pour une production optimale, où le rendement est l'objectif. (900-1600 $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ )
- **HIGH** : le niveau de PAR est trop élevé. Ce niveau risque de devenir délétère par excès de lumière ou de température, entraînant potentiellement des effets néfastes sur la plante et des pertes de rendement. (1600-2100 $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ )
- **CAUTION** : le niveau de PAR est anormalement élevé. A ce niveau le capteur est trop proche de la source lumineuse. **Il y a risque d'incendie. Ne maintenez rien à ce niveau, en particulier le capteur ou des plantes.**



La température et le CO<sub>2</sub> auront pour effet de modifier l'intensité de la photosynthèse, mais l'allure de la courbe vis-à-vis de la lumière (PAR) reste sensiblement la même. Pour de plus amples informations, les effets du PAR et de la température sont détaillés dans les paragraphes p.18 et p.20.

Pour figer (HOLD) la mesure :

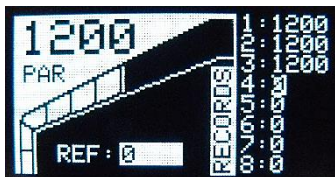
L'écran principal peut être figé par un **appui rapide** (<1sec.) **sur les boutons « Paramètre » ou « Record ».**



### 3. ECRAN D'ENREGISTREMENT

Pour afficher l'écran d'enregistrement :

A partir de l'écran principal appuyer sur le bouton « **Record** » (Pression >2sec.) **pour enregistrer ou visualiser des mesures sauvegardées dans l'appareil.**



Le système affiche l'écran « **RECORDS** » qui permet d'enregistrer 8 mesures différentes. Ces mesures restent sauvegardées lorsque l'appareil est mis hors tension ou lors du changement de pile.

Il est possible de définir 1 mesure parmi les 8 comme **mesure de référence** et la sauvegarder hors des champs de mesure.

Pour enregistrer une mesure :

**Appuyer rapidement** (<1sec.) sur le bouton « **Record** ». La zone de sélection (valeur en surbrillance) passe au rang suivant automatiquement après l'enregistrement.



Pour se déplacer ou recommencer une mesure :

**Appuyer rapidement** (<1sec.) sur le bouton « **Paramètre** /▼ ». La zone de sélection (valeur en surbrillance) passe au rang précédent.



Pour définir et enregistrer une valeur de Référence :

**Sélectionner l'enregistrement** en vous déplaçant parmi les mesures (voir ci-dessus). **Appuyer longuement** (>2sec.) sur le bouton « **Paramètre** ». La mesure sélectionnée apparaît alors dans le champ de référence (REF).



Pour revenir à l'écran principal :

**Appuyer longuement** (>2sec.) sur le bouton « **Record** ».



#### 4. ECRAN DE CALIBRATION

Cet écran est utile si vous remplacez le capteur, car le vôtre est endommagé ou que vous souhaitez utiliser un autre modèle du marché.

Il vous est possible d'insérer le coefficient de calibration de votre capteur. Le coefficient à déclarer est en  $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{mV}^{-1}$ , l'appareil mesure par défaut des mV sur une plage de mesure allant de 0 à 250mV avec une résolution de 0.0078125mV.

Pour afficher l'écran de calibration :

A partir de l'écran principal appuyer sur le bouton « **Paramètre** » (Pression >2sec.) pour modifier ou visualiser le coefficient de calibration du capteur de PAR.



Pour sélectionner et modifier les chiffres du coefficient :

**Appuyer rapidement** (<1sec.) sur le bouton « **Paramètre** /▼ ». La zone de sélection (valeur en surbrillance) passe au chiffre précédent.



**Appuyer rapidement** (<1sec.) sur le bouton « **Record /▲** », pour modifier la valeur du chiffre sélectionné.



Pour revenir à l'écran principal sans sauvegarder les modifications :

**Appuyer rapidement** (<1sec.) sur le bouton « **Paramètre /▼** », pour vous déplacer jusqu'à sélectionner « **EXIT** ».



**Une fois sélectionner « EXIT », appuyer rapidement** (<1sec.) sur le bouton « **Record /▲** », pour revenir à l'écran principale



Pour sauvegarder les modifications :

**Appuyer rapidement (<1sec.)** sur le bouton « **Paramètre / ▼** », pour vous déplacer jusqu'à **sélectionner « SAVE »**.



**Une fois sélectionner « SAVE », appuyer longuement (>2sec.)** sur le bouton « **Record / ▲** », pour sauvegarder et revenir à l'écran principale

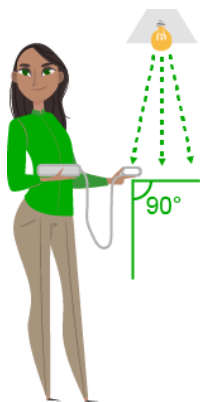


# CONSEILS D'UTILISATION

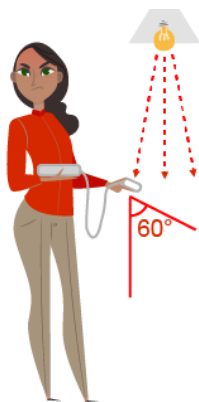
## 1. MESURER LE PAR

Le PAR est une mesure qui demande de la rigueur pour pouvoir être comparée et répétée. **La mesure est sensible à l'angle du capteur vis-à-vis de la source lumineuse. Tant que l'inclinaison est inférieure à  $\pm 5^\circ$ , l'effet reste négligeable.**

**En théorie :** Une mesure de PAR dans un contexte scientifique, est réalisée avec un capteur mis à niveau. C'est-à-dire parallèle avec le plan du sol. Cette démarche permet de « fixer » l'angle du capteur vis-à-vis de la source lumineuse, et permet alors une mesure indépendante de l'angle du capteur, car celui-ci est constant.

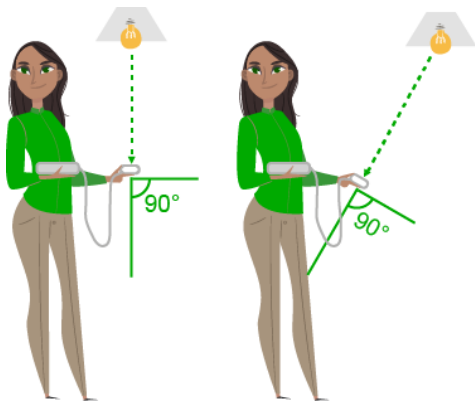


**Mesure en  
théorie correcte**



**Mesure en  
théorie erronée**

**En pratique :** La méthode théorique, ci-dessus, est une méthode utile et nécessaire pour comparer une source lumineuse (Ampoule) dans le temps et voir si cette dernière diminue. Cependant en pratique pour quantifier la lumière perçue par les plantes, il nous paraît plus pertinent de disposer le capteur de tel sorte qu'il soit en face de la source lumineuse (diffuseur du capteur à  $90^\circ$  de la source lumineuse). Le référentiel est ici, la source lumineuse (lampe), à la différence de la méthode précédente où le sol était le référentiel.



## 2. COMPRENDRE LA PHOTOSYNTHESE

La courbe de réponse de photosynthèse fournie (jauge de photosynthèse) par l'appareil est basée sur une modélisation de la photosynthèse de plusieurs espèces végétales suffisamment documentées dans la littérature scientifique (**la tomate, le maïs, le cannabis et *Arabidopsis thaliana***). Ce qui se traduit par des équations mathématiques qui reflètent la photosynthèse potentielle

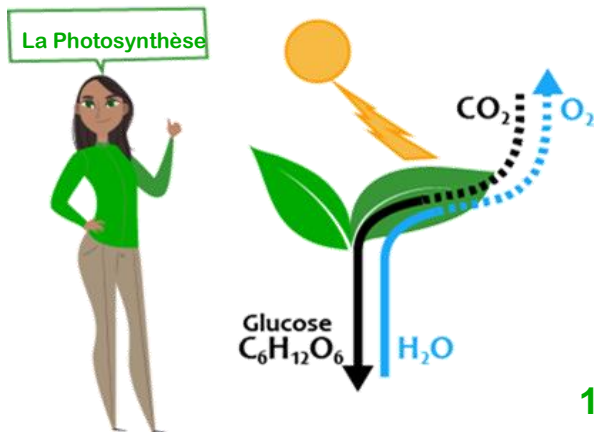


de chaque espèce végétale dans différentes conditions environnementales (PAR, CO<sub>2</sub>, Température, VPD). Cette démarche nous a permis de produire une courbe de réponse synthétique et compréhensible par tous. **Notre objectif est de synthétiser la connaissance scientifique afin qu'elle soit accessible à tous, en direct.**

**REMARQUE :** La photosynthèse fournie par l'appareil est une simulation et non une mesure. Cela signifie que ce n'est pas directement la photosynthèse de vos plantes.

### a. La photosynthèse c'est quoi ?

La Photosynthèse est le processus par lequel la plante fixe le Carbone atmosphérique (CO<sub>2</sub>) grâce à l'énergie lumineuse. La réaction chimique nécessite du CO<sub>2</sub> et de l'eau (H<sub>2</sub>O) pour produire du Glucose (C<sub>6</sub>H<sub>12</sub>O<sub>6</sub>) et du dioxygène (O<sub>2</sub>).

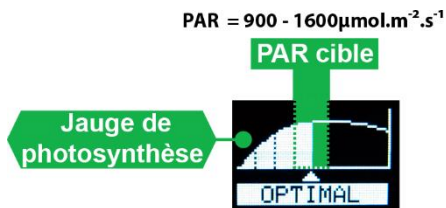


Elle produit les briques de la matière végétale et les sucres essentiels à la physiologie de la plante (énergie cellulaire, osmorégulation, etc.). Une production végétale optimale est donc dépendante d'une photosynthèse maximisée, laquelle dépend directement de la lumière, de la température et de la concentration en CO<sub>2</sub>. Ces trois paramètres interagissent entre eux de telle sorte qu'il devient difficile de raisonner certaines pratiques comme l'enrichissement en CO<sub>2</sub>.

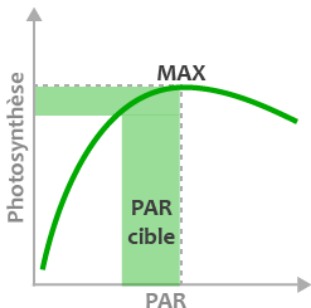
## **b. L'effet de la lumière**

La photosynthèse dépend directement de la lumière, et plus précisément de l'énergie des photons qui active la réaction de photosynthèse. Ainsi, le PAR (*Photosynthetically Active Radiation*) quantifie le nombre de photons ( $\mu\text{mol}$ ) par unité de surface ( $\text{m}^2$ ) et de temps (seconde), dont les longueurs d'onde activent la photosynthèse.

Plus l'intensité lumineuse est importante, plus la photosynthèse l'est à son tour. Cependant en condition naturelle le PAR atteint des valeurs maximales aux alentours de  $2200\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  sur une période de quelques heures lorsque le soleil est proche du zénith. Dans ce contexte, les plantes ne sont généralement pas adaptées aux rayonnements élevés et constants ( $>2000$ ), qui peuvent devenir néfastes si ces derniers sont maintenus sur plusieurs heures ou toute la durée de la photopériode.



La lumière

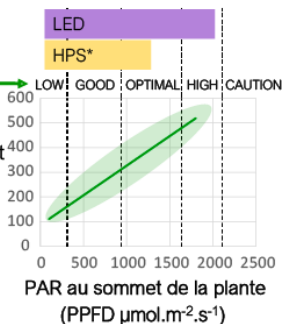


PAR mesuré par le capteur  
(PPFD  $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ )



Efficacité de la  
photosynthèse

Rendement  
( $\text{g.m}^{-2}$ )



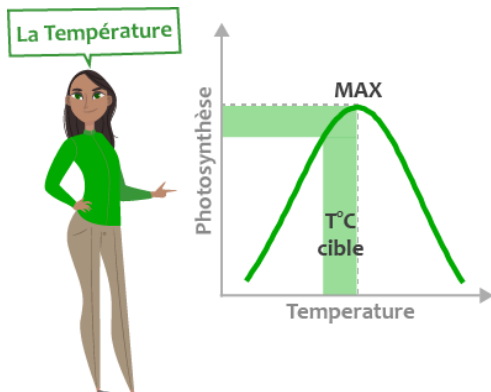
Source: Cannabis yield, potency, and leaf photosynthesis respond to differently to increasing light levels in an indoor environment. Rodriguez-Morrison et al., 2021. *Frontiers in Plant Science*.



\*Avec les systèmes HPS (High Pressure Sodium) il n'est souvent pas possible d'atteindre le niveau OPTIMAL car l'ampoule émet trop de chaleur. Nous recommandons de privilégier le niveau GOOD avec les éclairages HPS non-ventilés.

### c. L'effet de la température

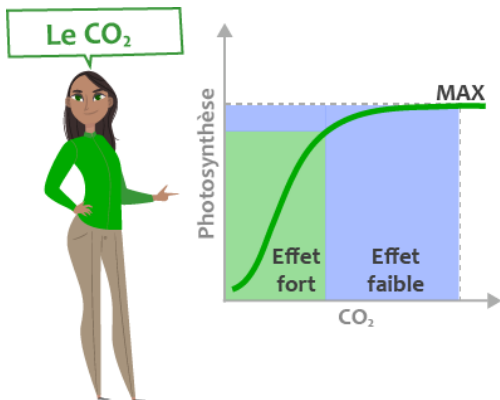
La température modifie directement l'efficacité de la photosynthèse. Des températures trop faibles ou trop hautes réduisent l'efficacité de la photosynthèse, **l'optimum se situe généralement entre 24-27°C pour la température de l'air, ce qui peut varier en fonction de l'espèce végétale**. La température foliaire est généralement un peu plus chaude ou un peu plus froide ( $\pm 2-3^{\circ}\text{C}$ ), en fonction du rayonnement lumineux perçu par la feuille et de son statut hydrique.



#### **d. L'effet du CO<sub>2</sub>**

Plus la concentration en CO<sub>2</sub> est importante plus la Photosynthèse l'est à son tour. En condition naturelle la concentration atmosphérique varie généralement entre 390 et 450ppm. Les plantes sont adaptées à ces concentrations, mais peuvent croître dans des gammes comprises entre 200ppm et 1200ppm. Cependant l'information sur l'effet à long terme du CO<sub>2</sub> est mal documentée, et il est difficile de conseiller une gamme de CO<sub>2</sub> cible. **A long terme des concentrations trop faibles ou trop fortes peuvent perturber la physiologie de la plante et ainsi nuire à sa croissance et à son développement.** Dans ce contexte seule l'expérience de l'utilisateur peut lui permettre de réellement quantifier l'effet de l'enrichissement en CO<sub>2</sub> sur sa production. En fonction de l'information accessible à ce jour, **nous ne pouvons que préconiser de viser des concentrations en CO<sub>2</sub> dans des gammes raisonnables où ce dernier a un effet fort sur la photosynthèse.**

**INFORMATION :** *la concentration de CO<sub>2</sub> atmosphérique varie généralement entre 390 et 450ppm. Elle est particulièrement influencée par la végétation environnante et la période de la journée (jour/nuit). Ainsi elle sera faible dans une forêt en plein jour, alors qu'elle sera plus élevée en ville la nuit.*



### e. *L'effet du cultivateur*

Les pratiques de cultures peuvent directement influencer positivement ou négativement la photosynthèse. L'appareil ne peut prendre en compte ces pratiques. **La courbe de photosynthèse fournie est donc une photosynthèse potentielle, équivalent à une plante parfaitement arrosée, sans carence nutritionnelle et cultivée dans un environnement adapté.**

Pour se retrouver dans ces conditions, il faut respecter quelques *bonnes pratiques*, avec pour objectif d'optimiser la température foliaire afin de maximiser la photosynthèse.

## LES BONNES PRATIQUES :

### Adapter le PAR au développement de la plante

**Les besoins de la plante varient selon son développement.** Au stade juvénile ou lorsqu'elle a dépassé son stade de production (ou son cycle de développement), ses besoins sont moins importants que pendant la période de floraison, par exemple. Ainsi en floraison les niveaux de PAR « OPTIMAL » sont conseillés, alors qu'à des stades plus précoces ou tardifs, des niveaux de PAR « GOOD » sont généralement satisfaisants.

### Régulation de la température de l'air

Maintenir une température de l'air adéquate à l'espèce végétale cultivée ; généralement entre 24°-27°C (voir L'effet de la Température, p.20).

**INFORMATION :** *Pour mesurer la température de l'air, il faut utiliser un capteur de température sous abris ventilé, pour que la mesure du capteur ne soit pas influencée par l'échauffement de l'éclairage artificiel. Au minima, il faut ombrager le capteur de température et si possible le placer dans un léger courant d'air pour éviter la formation de micro-climat à proximité du capteur.*

**INFORMATION :** *Pour mesurer la température foliaire nous conseillons d'utiliser un capteur de température infrarouge sans contact.*

## Distance Lampe / Plantes

Maintenir une distance entre la lampe et la plante en fonction du compromis entre la chaleur dégagée par la lampe et l'énergie lumineuse (PAR) reçue par la plante.

**Si la plante est trop proche de la lampe, la photosynthèse peut être réduite à cause de la chaleur de la lampe qui chauffe les feuilles. Ainsi même si l'air est à 25°C, les feuilles peuvent se retrouver à 40°C et plus.**

## Arrosage / Nutrition de la plante

**Bien arroser ses plantes** est primordial ! L'eau, parmi d'innombrables fonctions (turgescence, croissance, régulation thermique, etc.), est l'un des réactifs de la photosynthèse. Elle permet aussi de réguler la température des feuilles, **l'évaporation de l'eau permet aux feuilles de réguler leur température pour maintenir une efficacité photosynthétique optimale.**

**La nutrition de la plante est aussi un facteur essentiel pour la photosynthèse.** Les chlorophylles sont les pigments (molécules) qui donnent aux végétaux leur couleur verte et qui transforment l'énergie lumineuse en énergie chimique. Les chlorophylles sont fortement composées d'Azote et sont ainsi dépendantes de la nutrition de la plante, qui passe essentiellement par une solution nutritive correctement dosée.

### **3. MESURER LE VIEILLISSEMENT D'UNE AMPOULE**

Pour mesurer le vieillissement d'une ampoule ou d'un système LED, il faut réaliser des mesures de PAR (voir Mesurer le PAR, p.15)



régulièrement (tous les 3 à 6 mois) sous la lampe à caractériser, en positionnant à chaque mesure le capteur strictement à la même position vis-à-vis de la lampe (même distance, etc.). Il est aussi très important de réaliser l'ensemble des mesures dans le même environnement : le développement des plantes ou la modification du réflecteur par exemple, peuvent modifier le rayonnement perceptible d'une lampe et donc biaiser la comparaison.

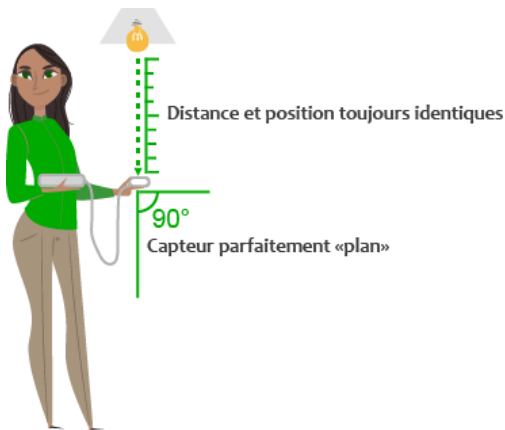
Nous conseillons de réaliser ces mesures lorsque les espaces de cultures sont vides (dépourvus de plantes) en début ou en fin de cycle par exemple. La démarche est ensuite la suivante :

- **Repérer un point vis-à-vis de la lampe que vous pourrez retrouver facilement** lors de prochaines mesures pour une comparaison fiable. Choisissez une position vis-à-vis de la lampe pertinente, à un PAR proche de celui désiré lorsque la lampe est neuve. Vous pouvez vous aider d'un fil plombé ou d'un mètre pour mémoriser cette distance et la reproduire fidèlement ensuite.
- **Réaliser une mesure de référence** (voir Ecran d'enregistrement, p.10) au plus tôt après l'installation de la nouvelle lampe.
- **Réaliser des mesures de comparaison** (voir Ecran d'enregistrement, p.10) régulièrement, par exemple à chaque début ou fin de cycle.
- **Comparer ensuite la dernière mesure réalisée avec la mesure de référence pour apprécier le rendement actuel de la lampe.**

Ex :  $820/900=0.91$  soit 91% du PAR initial et une perte de rendement de 9%, soit potentiellement une perte de production équivalente.

**REMARQUE :** Il est conseillé de mesurer la lampe au même instant après l'allumage en respectant un temps de chauffe de 20min minimum.

**REMARQUE :** Si vous désirez suivre plusieurs lampes, il vous faudra noter les valeurs de référence de chaque lampe hors de l'appareil sur le support de votre choix.



## SPÉCIFICITÉS TECHNIQUES

**Réponse spectrale** : 400 – 750nm

**Gamme d'éclairement** : 1-2500 $\mu$ mol de PAR

**Précision** : 1 $\mu$ mol.m<sup>-2</sup>.s<sup>-1</sup>

**Erreur** : typique <3%, maximum = 5%

**Type de signal** : Lecture de tension (mV), résolution = 0.0078125mV

**Alimentation** : 9V pile PP3

**Environnement d'utilisation et de conservation** : 15°C-45°C.

Sensible à l'eau et à la poussière : IP51

**Entretien** : Nettoyer l'appareil avec un linge doux humidifié avec de l'eau savonneuse. Éviter les solvants et tout autre produit chimique.

## SAV

Les produits Phymea sont garantis 2 ans pièces et main d'œuvre, suivant nos conditions générales de vente. Cependant, nos appareils sont pensés pour être réparés, vous pouvez alors revenir vers nous si nécessaire.

Si vous avez un problème avec un appareil qui vous semble défectueux ou une question sur le fonctionnement, vous pouvez nous

contacter ! Notre équipe fera son possible pour vous répondre et identifier des solutions.

**CONTACT SAV: [aftersale@phymea-systems.com](mailto:aftersale@phymea-systems.com)**

***Toute intervention ou démontage de l'appareil par une personne autre que le personnel de Phymea, ainsi que toute utilisation hors du cadre défini par le manuel d'utilisation, annulent toute garantie.***

## PHYMEA

Phymea systems est une entreprise du sud de la France (Montpellier), fondée par des universitaires issus de la recherche publique en biologie et en écophysiologie végétale d'une part, et de l'ingénierie du traitement du signal d'autre part.

De la caractérisation de l'environnement à celle de la plante, nous développons des solutions innovantes qui marient les connaissances scientifiques et technologiques dans des outils qui se veulent pratiques et pédagogique, à destination de la recherche et de la production végétale.