

Standardisation de la prise de photographies en conditions contrôlées pour l'estimation non destructive de la surface foliaire

Patrick Mathey¹, Delphine Moreau² et Nathalie Munier-Jolain¹

Résumé : *Nous avons conçu et mis au point un dispositif expérimental pour la prise de photographies de plantes en pots dans l'optique d'une estimation non destructive de leur surface foliaire. Ce dispositif fixe consiste en une table percée au centre d'un trou de diamètre d'un pot. Cette table est surmontée d'une structure en aluminium profilé, recouverte d'un tissu de couleur uniforme et contrastée par rapport à la plante. Deux projecteurs sont positionnés à l'intérieur du dispositif afin d'homogénéiser les conditions de luminosité. Chaque plante (i.e. chaque pot) est insérée dans ce dispositif équipé d'un appareil photographique fixé en hauteur et horizontalement pour une prise de photographie sommitale des plantes. Les photographies obtenues dans des conditions de luminosité stable peuvent être analysées à l'aide d'un logiciel d'analyse d'image. Ce dispositif permet de photographier un grand nombre de plantes et a prouvé son adéquation au phénotypage hebdomadaire d'une population de 175 génotypes. Initialement conçu pour la photographie de plantes à port rampant, ce dispositif a été adapté à tout type de port de plante.*

Mots clés : Surface foliaire, photographie, analyse d'image, standardisation, phénotypage.

Introduction

La surface foliaire détermine la quantité de rayonnement intercepté. Elle est par conséquent impliquée dans la nutrition carbonée de la plante. En outre, compte tenu du lien étroit entre la mise en place de la surface foliaire et l'accumulation de l'azote dans la plante, la surface foliaire est un bon indicateur de l'état de nutrition azotée de la plante. La surface foliaire apparaît ainsi comme une variable clef du fonctionnement de la plante. Toutefois la lourdeur et le caractère destructif de sa mesure (généralement effectuée à l'aide d'un planimètre) rendent difficile la caractérisation de la cinétique de mise en place de la surface foliaire d'un grand nombre de plantes. C'est dans ce cadre que se sont développées les plateformes de phénotypage comme Phenopsis pour *Arabidopsis thaliana* (<http://bioweb.supagro.inra.fr/phenopsis/Accueil.php>). Il s'agit toutefois de dispositifs onéreux qui ne sont pas forcément adaptés à tout type de plante, notamment à tout port et à toute taille de plante.

L'équipe d'Ecophysiologie du Centre Inra de Dijon a développé un dispositif alternatif de prise de photographie de la partie aérienne de plantes en pots, avec pour but l'estimation non destructive de leur surface foliaire. Il s'agit d'un dispositif fixe pour standardiser les conditions de prise de photographie et de faciliter ensuite l'analyse d'image (**figure 1**). Ce travail a initialement été réalisé pour des génotypes rampants de l'espèce *Medicago*

¹ UMR 102 Génétique et Ecophysiologie des Légumineuses - INRA - F-21065 Dijon cedex
☎ 03 80 69 30 37 ✉ patrick.mathey@dijon.inra.fr

² UMR 1210 Biologie et Gestion des Adventices - INRA - F-21065 Dijon cedex

truncatula cultivés en pots. Il a par la suite été adapté à un grand nombre d'espèces dicotylédones et graminées présentant tout type de port et de taille.

1. Matériel et méthodes

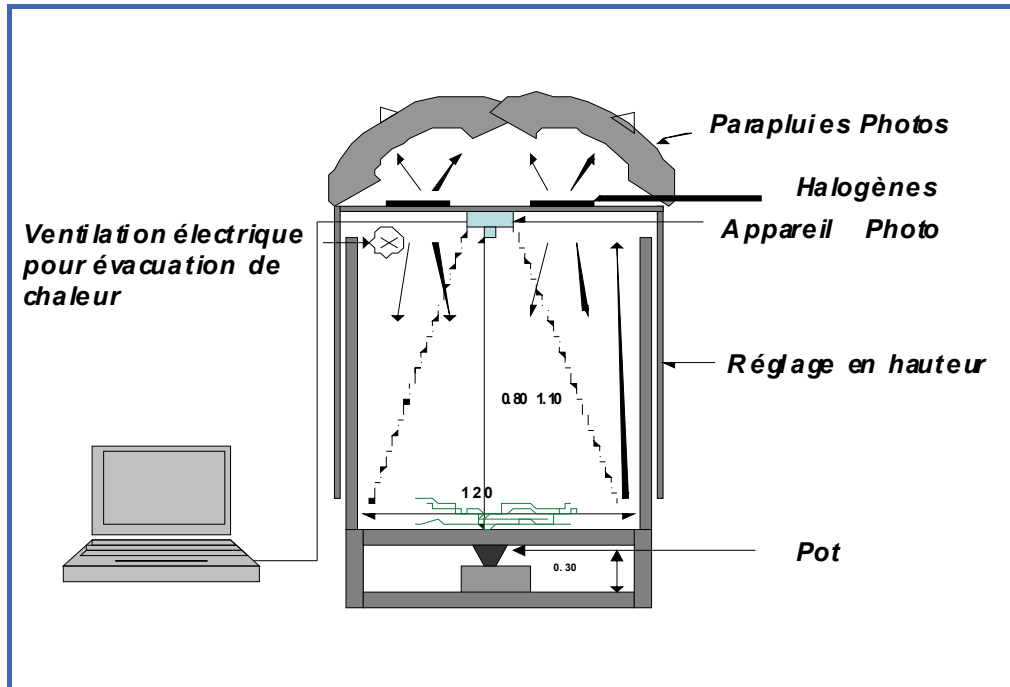


Figure 1 : coupe transversale du dispositif de photographie vu dans son ensemble

Le dispositif est composé de différents éléments décrits ci-après (**figure 2**).

1.1 Une table de dimensions $1,20 \times 1,20$ m, percée au centre d'un trou de la dimension du diamètre d'un pot. Cette table est surmontée d'une structure en profilé aluminium (tubes de section 45×45 et 50×50 mm), à montage à jonction rapide. La hauteur de la structure est modulable de 1,20 à 2,40 m).

1.2 La plante est disposée au centre de la table dans le trou réservé à cet effet. Le collet de la plante se trouve à hauteur de la table. Le pot est soutenu par un tabouret avec réglage de hauteur.

1.3 Pour masquer le substrat et ainsi uniformiser le fond de la photographie on pose sur la table un carré de tissu (feutrine orange) qui entoure le collet de la plante. On place sur le côté, un étalon d'une dimension fixe et connue pour les changements de zoom. Pour la vérification d'authenticité, la plante est étiquetée et immatriculée.

1.4 La structure en aluminium est ensuite recouverte de couvertures de survie (modèle résistant à la déchirure) afin d'isoler la plante de toute lumière parasite et ainsi de produire une photographie homogène pour toutes les répétitions.

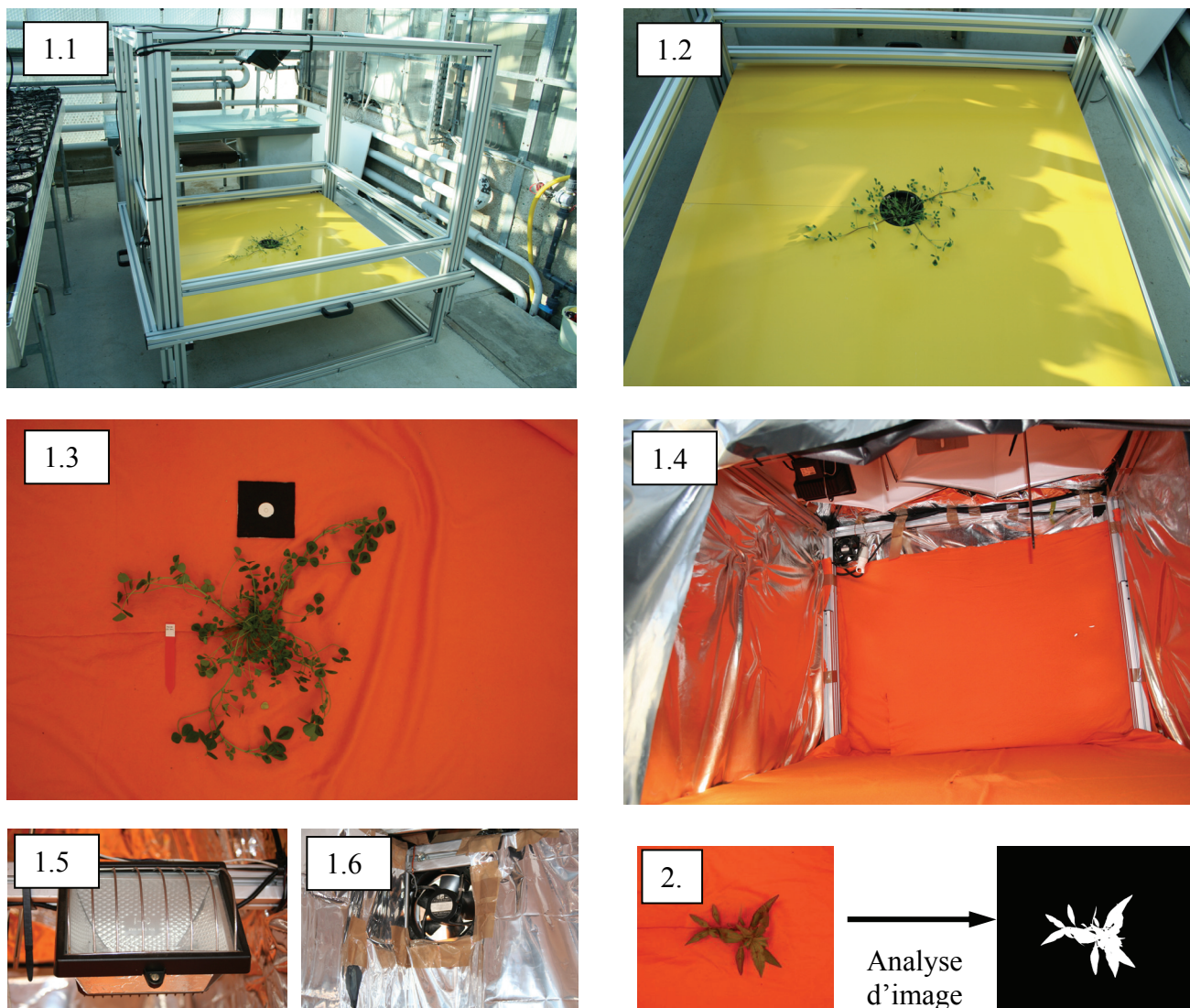


Figure 2 : présentation du dispositif de prise de photographies
Nb. Les numéros correspondent aux numéros de paragraphe dans le texte.

1.5 Deux lampes de type halogène (500 watts par lampe) installées à l'intérieur de la structure et se reflétant dans deux parapluies de photographie réfléchissants (Ø 115 cm). Ce dispositif génère un éclairage identique sur l'ensemble des photographies.

1.6 La chaleur induite par les lampes halogènes est évacuée par un petit ventilateur disposé en haut et au coin du dispositif.

1.7 Un appareil photo numérique (Canon EOS- 350D, Format Reflex avec pour résolution 8 MPixels capteur 22.2 × 14.8mm objectif 18/55 mm interchangeable) est fixé en haut de la structure, à l'horizontale sur son pas de vis.

1.8 Un câble USB relie le dispositif photographique à un portable avec un logiciel de commande à distance (Digital Photo Professional). Le dispositif et l'ordinateur portable sont alimentés sur le secteur. Pour prendre les photographies, l'appareil photographique est réglé avec une priorité à l'ouverture et une résolution maximum.

1.9 Le dispositif a été conçu dans un premier temps pour des plantes au port rampant qui ne nécessitent qu'une prise de vue sommitale. Une prise de vue latérale a été rendue possible par l'ajout d'un second appareil photographique posé cette fois-ci verticalement sur un côté du dispositif.

2. Traitement et résultats

Le dispositif permet à deux personnes de photographier 55 plantes/h. Les photographies ainsi obtenues dans des conditions de luminosité stable sont ensuite analysées à l'aide d'un logiciel d'analyse d'image pour estimer la surface foliaire de chaque plante à chaque date mesure. N'importe quel logiciel peut être utilisé ; dans notre étude nous avons employé Visilog 5.4 (Noesis®, Les Ulis, France).

Pour valider la pertinence du dispositif proposé, nous avons, pour trois génotypes de *Medicago truncatula*, analysé la relation entre (1) la surface foliaire, mesurée par photographie sommitale et couplée à une analyse d'image et (2) la surface foliaire totale, mesurée de manière destructive à l'aide d'un planimètre.

La relation obtenue est présentée en **figure 3**. La droite en pointillés correspond à la bissectrice ; les droites en trait plein correspondent (1) jusqu'à 1 000 cm² de surface totale, à la régression linéaire entre les deux variables et (2) à partir de 1 000 cm² de surface totale, à une valeur plateau fixée à 1 200 cm² de surface projetée.

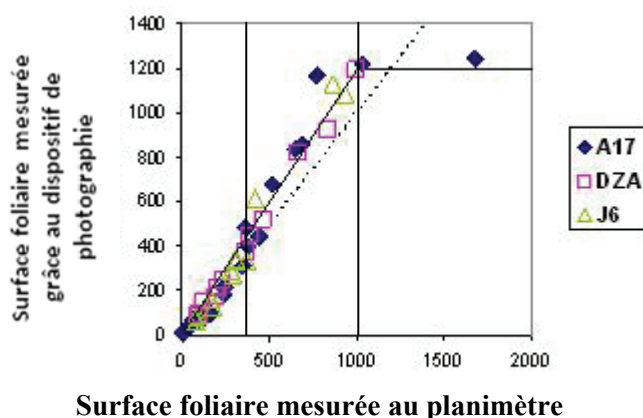


Figure 3 : relation entre :

(1) la surface foliaire, mesurée par photographie sommitale et couplée à une analyse d'image et (2) la surface foliaire totale, mesurée de manière destructive à l'aide d'un planimètre. Résultats obtenus pour trois génotypes de *Medicago truncatula* (A17, DZA et J6).

Une relation unique est apparue pour l'ensemble des génotypes. Cette relation peut être décomposée en trois phases :

- 1 jusqu'à environ 400 cm² de surface foliaire totale, la relation entre surface foliaire totale et surface projetée est très proche de la bissectrice ;
- 2 entre environ 400 et 1 000 cm² de surface foliaire totale, la surface projetée est supérieure à la surface foliaire totale ;
- 3 à partir d'environ 1 000 cm² de surface foliaire totale, la surface projetée sature à un plateau proche de 1 200 cm².

Au cours de la première phase, la relation obtenue est proche de la bissectrice, ce qui indique la bonne adéquation entre les deux méthodes d'estimation de la surface foliaire et démontre que les phénomènes d'auto-ombrage dans la plante sont mineurs en début de cycle.

Les valeurs de surface projetée supérieures aux valeurs de surface foliaire totale, observées en deuxième partie de cycle, trouvent leur origine dans la forte croissance des tiges qui a débuté lorsque les plantes ont atteint environ 400 cm² de surface foliaire totale. Cette croissance des tiges augmente la surface mesurée par photographie et qui correspond à la surface de la partie aérienne : feuilles + tiges ; cela n'affecte pas la surface foliaire mesurée par le planimètre et qui ne prend en compte que la surface de feuilles.

Enfin, en troisième phase, le plateau de surface projetée suggéré par nos données s'explique vraisemblablement par l'importance des phénomènes de recouvrement de feuilles.

A l'aide de ce dispositif, il est possible de photographier un grand nombre de plantes et d'obtenir le phénotypage hebdomadaire d'une population de 175 génotypes (Moreau *et al.* 2009). Notons que, selon le port des plantes étudiées, seule une prise de vue soit sommitale, soit latérale, est nécessaire. Dans le cas de l'étude de plantes dont le port est variable, il est possible de réaliser deux prises de vue, l'une sommitale, l'autre latérale, et de sommer les surfaces calculées sur les deux prises de vue.

Conclusion

Nous avons mis au point un dispositif pour standardiser la prise de photographie de la partie aérienne de plantes et qui isolé de toute variation de luminosité extérieure, rend possible la prise de photographies et l'analyse d'image en série sans modification de réglage de l'appareil photographique et du logiciel d'analyse d'image. Ce dispositif fournit une estimation non destructive de la surface foliaire. La méthode présentée ici reste relativement lourde à mettre en œuvre car elle nécessite le déplacement manuel de chacune des plantes photographiées. Cependant elle délivre une estimation fiable de la surface foliaire et elle est applicable aux études de phénotypage à grande échelle.

Bibliographie

Moreau D., Schneider C., Huguet T., Salon C., Munier-Jolain N. (2009) Can differences of nitrogen nutrition level among *Medicago truncatula* genotypes be assessed non-destructively? Plant, Signaling and Behavior 4: 30-32.

<http://bioweb.supagro.inra.fr/phenopsis/Accueil.php> (consulté le 17/12/2010)

