

Méthode de mesure de surface de feuilles utilisée dans l'évaluation d'insecticides

Clément Vigneault, Bourahima Barkiré, Pierre Martel

La vision numérique est associée aux technologies de pointe utilisées en recherche, en robotique, dans les systèmes cognitifs et en intelligence artificielle [1]. Elle est utilisée pour réduire les erreurs en produisant des informations objectives [2], pour éliminer la présence humaine des situations ou milieux dangereux, pour réduire ou faciliter certains travaux monotones ou abrutissants [3] ou pour automatiser la prise de mesures répétitives qu'il serait presque impensable de faire manuellement [4-6].

L'évaluation de nouveaux insecticides comporte des mesures répétitives de surfaces de feuilles de plantes trempées dans différentes solutions et données en nourriture à des larves d'insecte. La surface de feuille ingérée par les insectes est mesurée par différence entre les surfaces des feuilles avant et après avoir été données aux insectes. L'efficacité des insecticides est évaluée à partir des surfaces de feuilles ingérées et de l'état physiologique des larves qui ont ingéré ces feuilles [7, 8]. La mesure des surfaces de feuilles à l'aide d'un planimètre électronique requiert des étalonnages et des nettoyages minutieux et fréquents pour maintenir une précision acceptable. La

vision numérique est utilisée ici pour faciliter la mesure de la surface des rondelles de feuille de pomme de terre données en nourriture à des larves de doryphore et diminuer le temps requis pour effectuer ces mesures tout en augmentant leur précision.

Description et performances du système

Une méthode de mesure de la surface d'un objet basée sur la vision numérique a été mise au point précédemment [9] et a été adaptée pour mesurer la surface des rondelles de feuille de pomme de terre données en nourriture aux larves de doryphore.

Les rondelles de feuille sont découpées à l'aide d'un couteau-gabarit pour obtenir des surfaces d'environ 260 mm². Les surfaces des rondelles de feuille sont mesurées à l'aide du système d'analyse d'image avant et après avoir été données en nourriture aux larves.

Le système d'analyse d'image présenté sur la *photo 1* se compose d'une source lumineuse, d'un diffuseur, d'une caméra et d'un écran vidéo. Une enceinte en plastique noir et opaque couvre la source lumineuse, le diffuseur et la caméra, pour éliminer les effets de la lumière ambiante sur l'image captée par la caméra. L'image produite est présentée sur l'écran vidéo, permettant à l'opérateur de centrer les objets à mesurer dans le champ de vision de la caméra.

L'image captée par la caméra est aussi transmise, sous forme de signal vidéo, à

un micro-ordinateur muni d'une carte de numérisation qui convertit ce signal analogique en signal numérique à un taux de 30 images/s. Cette numérisation divise l'image en petits éléments carrés appelés pixels. Chaque image, couvrant environ 160 mm sur 150 mm, est formée horizontalement de 512 pixels et verticalement de 484 pixels. Le ton de gris représentant l'intensité lumineuse associée à chaque pixel est emmagasiné dans une mémoire à très haute vitesse d'accès de la carte de numérisation. Chaque ton de gris utilise un octet de la mémoire (8 bits), permettant d'exprimer l'intensité lumineuse sur une échelle de 256 tons de gris numérotés de 0 à 255 ; 0 représentant une absence complète de lumière et 255 la quantité maximale de lumière que la caméra peut capter.

La mesure de surface d'un objet placé dans le champ de vision de la caméra se fait en comptant le nombre de pixels qui le forment. Un logiciel a été créé pour détecter et compter le nombre de pixels formant un objet à partir d'un ton de gris seuil. Le ton de gris moyen d'une image du champ de vision de la caméra ne contenant aucun objet a d'abord été mesuré. La *figure 1* présente la répartition des tons de gris d'une telle image. Le ton de gris moyen de cette image est $229,8 \pm 1,6$. Le ton de gris seuil a été fixé à 20 écarts types sous le ton de gris moyen de l'image, soit 198.

L'étalonnage de ce système de mesure est fait à l'aide d'un disque étalon de surface connue (4 993 mm²) placé dans le champ de vision de la caméra. Le logiciel est conçu pour identifier chaque objet présent en balayant ligne par ligne toute la surface de l'image. Il compare la valeur du ton de gris de chaque pixel au ton de

C. Vigneault, P. Martel : Centre de recherche et de développement en horticulture, agriculture et agro-alimentaire Canada, 430, bd Gouin, Saint-Jean-sur-Richelieu (Québec) Canada, J3B 3E6.

B. Barkiré : Université de Montréal, Faculté de pharmacie, CP 6128, succ. A, Montréal (Québec) Canada, H3C 3J7.

Tirés à part : C. Vigneault

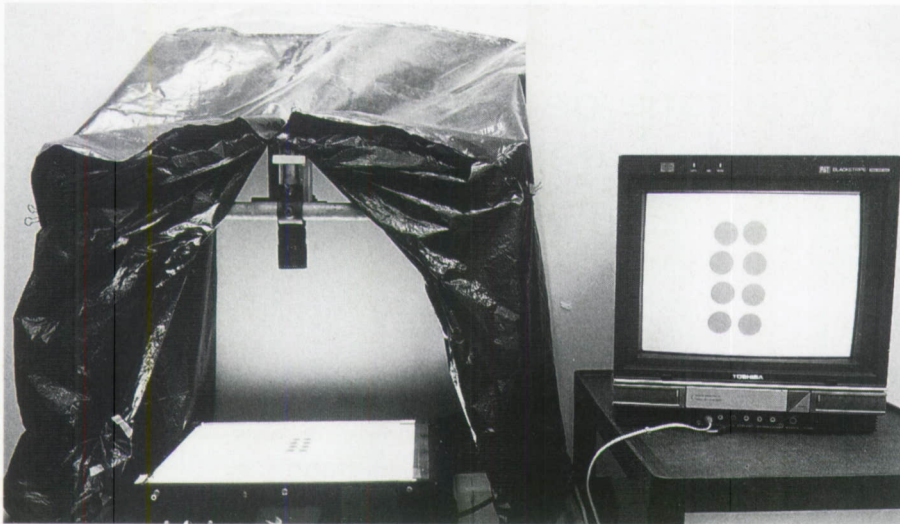


Photo 1. Système d'analyse d'image utilisé pour mesurer des surfaces de rondelles de feuille de pomme de terre. Un plastique noir et opaque couvre la source lumineuse, le diffuseur et la caméra. L'écran vidéo montre l'image produite.

Plate 1. Image analysis system used for measuring the area of potato leaf disks. An opaque and black plastic sheet covers the light source, the diffuser and the camera. The video screen shows the image produced.

gris seuil. Lorsqu'il identifie un objet, le système en trace le contour [9] et compte le nombre de pixels qui le forment. Le système efface ensuite l'objet en accordant une valeur de 255 à chaque pixel le formant ; ainsi un objet ne peut être identifié deux fois par le système. Un objet dont la surface est inférieure à 20 pixels est éliminé, évitant ainsi des erreurs dues à la présence occasionnelle de poussière sur les plaques de verre ou sur le diffuseur. L'étalonnage du système est obtenu en divisant la surface du disque étalon par le nombre de pixels qui le composent. La surface moyenne d'un pixel est d'environ $0,0972 \text{ mm}^2$. L'étalonnage du système a été répété à quelques reprises vingt fois au cours d'une même journée et a présenté une variation maximale de la surface d'un pixel de $0,0006 \text{ mm}^2$.

Lors des mesures, les feuilles sont placées par groupe de huit entre deux plaques de verre qui les maintiennent bien à plat. Les plaques de verre sont placées sur le diffuseur et centrées dans le champ de vision de la caméra. Les rondelles de feuille bloquent le passage de la lumière et l'image produite (photo 1) est formée de taches foncées correspondant à la surface des feuilles, sur un fond clair. La figure 2 présente un histogramme des tons de gris des pixels formant une ligne passant par le centre de deux rondelles de feuille. Le ton de gris moyen des pixels

identifiés par le système comme formant les huit rondelles est ici de $50,3 \pm 27,6$, mais cette valeur varie considérablement selon la transparence des feuilles de pomme de terre utilisées. En effet, de multiples mesures ont démontré que la valeur moyenne du ton de gris de pixels représentant des rondelles de feuille de pomme de terre varie entre 40 et 150, même si le niveau d'éclairage de la scène est constant. Le ton de gris seuil (198) demeure ainsi bien supérieur au ton de gris moyen maximal (150) des pixels représentant les rondelles de feuille.

Le nombre de pixels correspondant à une rondelle de feuille est compté de la même manière que pour le disque étalon. La surface des rondelles est calculée

en multipliant le nombre de pixels couverts par chaque rondelle par la surface moyenne d'un pixel. Le système enregistre, en mm^2 , la surface de chaque objet détecté. Lorsque les larves découpent les rondelles de feuille en plusieurs petits morceaux, ceux-ci sont rassemblés côte à côte sur la plaque de verre pour former plusieurs petits objets. Dans ce cas, l'opérateur identifie quels résultats doivent être additionnés pour obtenir la surface totale de toutes les parties restantes de chacune de ces rondelles de feuille.

La précision des méthodes de découpage et de mesure des rondelles a été déterminée en mesurant vingt rondelles, chacune placée à cinq endroits différents dans le champ de vision de la caméra. La méthode de mesure de surface à l'aide de la vision numérique a aussi été comparée à une méthode utilisant un planimètre électronique (Li-Cor, Model LI-3000). L'étalonnage des deux systèmes a été fait à l'aide du même disque étalon.

La surface moyenne des rondelles mesurée à l'aide de la vision numérique est $262 \pm 3,27 \text{ mm}^2$. Une analyse statistique des résultats montre que les différences obtenues dans les mesures de surface de feuilles proviennent de deux sources d'imprécision :

- la méthode de coupe à l'aide du couteau gabarit, soit la variation entre les mesures prises sur les différentes feuilles ($\pm 2,42 \text{ mm}^2$) ;
- la méthode de mesure de surface, soit la variation entre les mesures prises sur les mêmes feuilles mais placées à différents endroits dans le champ de vision de la caméra ($\pm 0,85 \text{ mm}^2$).

Les mesures des rondelles de feuille obtenues à l'aide du planimètre électronique présentent des surfaces légèrement inférieures à celles obtenues à l'aide de l'analyse

Summary

Leaf area measuring method for pest control evaluation

C. Vigneault, B. Barkiré, P. Martel

A method based on an image analysis system was adapted to measure the area of potato leaf disks used to feed Colorado beetle larva. The disk area measurements obtained using the image analysis system, produced more precise and more reproducible data than those obtained using an electronic planimeter. Besides, the image analysis method required less time.

Cahiers Agricultures 1995 ; 4 : 53-5.

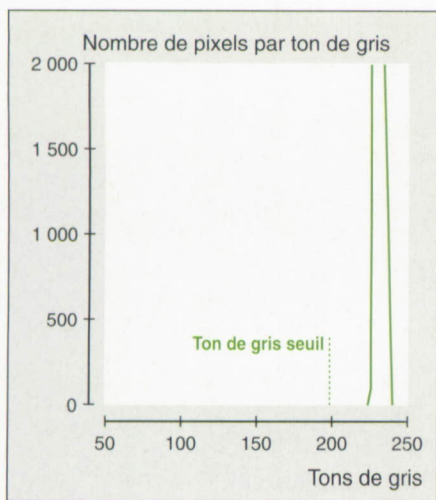


Figure 1. Répartition des tons de gris des pixels formant une image ne contenant aucun objet et ton de gris seuil (198) utilisé pour identifier les rondelles de feuille par le système d'analyse d'image.

Figure 1. Pixel grey tone distribution of an image containing non object and threshold grey tone (198) used to identify the potato disks.

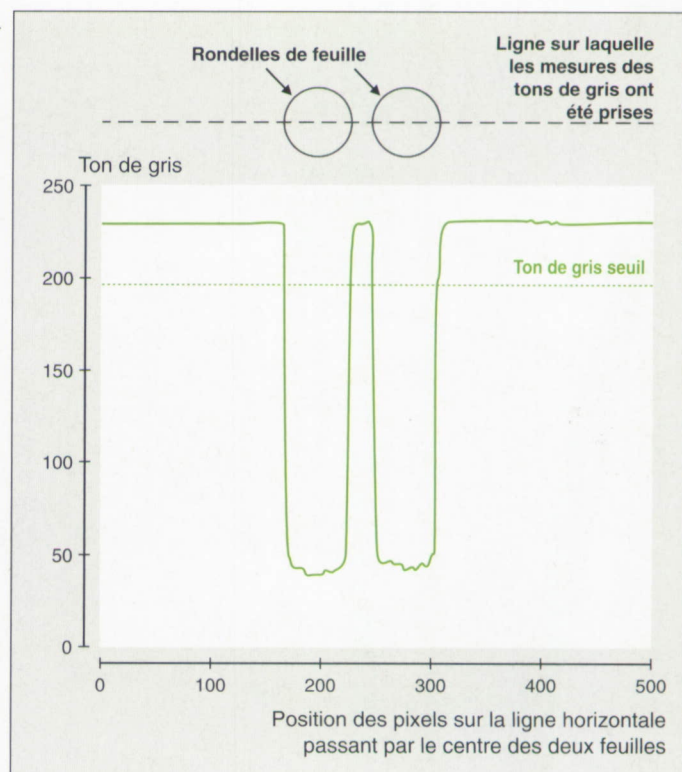
d'image avec une surface moyenne de $255 \pm 4,34 \text{ mm}^2$, soit une diminution de 2,75 %. Ceci peut être expliqué par un moins bon étalement des rondelles de feuille sur le planimètre. De plus, en considérant une imprécision de $\pm 2,42 \text{ mm}^2$ due à la méthode de coupe, une imprécision de $\pm 1,92 \text{ mm}^2$ serait associée à la méthode de mesure utilisant le planimètre, soit plus du double de celle associée à la vision numérique. Cette augmentation de la précision des mesures faites à l'aide de la vision numérique permet de mieux discriminer les effets des insecticides.

La vision numérique diminue par ailleurs de quatre façons le temps moyen requis pour effectuer une mesure :

- les temps requis pour faire un nettoyage et un étalonnage sont nettement inférieurs. Le nettoyage des plaques de verre requiert environ deux minutes, l'étalonnage ne demande qu'une seule lecture, la mesure est instantanée et les calculs d'étalonnage sont informatisés, alors que plusieurs lectures sont requises avec l'utilisation du planimètre et des nettoyages minutieux, demandant plus de vingt minutes par nettoyage, doivent être faits régulièrement ;
- l'étalonnage est très stable dans le temps (une variation maximale de 0,6 % au cours d'une même journée) ; des lectures peuvent donc être faites pendant toute une journée sans réétalonner. Avec le planimètre, l'étalonnage doit être vérifié fré-

Figure 2. Histogramme des tons de gris des pixels formant la ligne passant par le centre de deux rondelles de feuille.

Figure 2. Histogram of the gray tone of the pixels forming the line crossing two potato leaf disks at their centre.



quemment, la présence de saletés sur les courroies transparentes qui entraînent le matériel à mesurer affecte la précision de l'appareil et des nettoyages fréquents et laborieux doivent être effectués pour maintenir la précision de l'appareil ;

– l'utilisation continue et prolongée du système à vision numérique n'a pas posé de problème, à l'exception du glissement rencontré lors d'utilisations prolongées du planimètre, ce qui entraîne des délais pour laisser l'appareil refroidir ;

– finalement, les données étant directement prises et enregistrées par un ordinateur, leur entrée manuelle est éliminée, les risques d'erreurs sont minimisés et le temps investi pour la vérification des données est réduit ■

Références

1. Bullock D, Whittaker D, Brown J, Cook D. Neural networks for your toolbox. *Agric Eng* 1992 ; 73 : 10-2, 31.
2. Précetti CJ, Danzart M, Trystram G, Krutz GW. Accuracy of cracker size measurement using machine vision. ASAE Conference 1991 ; Paper 91-7534.
3. Affeldt HA Jr, Heck RD. Illumination methods for automated produce inspection: advantages and disadvantages. ASAE Conference 1992 ; Paper 92-3028.
4. Bieman LH. Measurement using three-dimensional machine vision. *Vision* 1989 ; 6 : 1-4.

5. Panneton B, Drummond AM. Digital image analysis of spray samples. *Applied Engineering in Agriculture* 1991 ; 7 : 273-8.

6. Orsat V, Vigneault C, Raghavan GSV. Air diffusers characterization using a digitized image analysis system. *Applied Engineering in Agriculture* 1993 ; 9 : 115-21.

7. Hough-Goldstein JA. Antifeedant effects of common herbs on the Colorado potato beetle. *J Econ Entomol* 1990 ; 19 : 234-8.

8. Raffa KF, Frazier JL. A generalized model for quantifying behavioural de-sensitization to anti-feedants. *Entomol Exp Appl* 1988 ; 46 : 93-100.

9. Vigneault C, Panneton B, Raghavan GSV. Real time digitizing system for measurement of air bubbles. *Can Agric Eng* 1992 ; 34 : 151-5.

Résumé

Une méthode basée sur la vision numérique a été adaptée pour mesurer la surface des rondelles de feuille de pomme de terre données en nourriture à des larves de doryphore. Les mesures de surface foliaire effectuées par la vision numérique sont plus précises et plus stables dans le temps que celles obtenues en utilisant un planimètre électronique. Par ailleurs, la méthode à vision numérique est plus rapide.