



**HAL**  
open science

# Détection précoce de maladies sur feuilles par traitement d'images

Simeng Han, Frédéric Cointault

► **To cite this version:**

Simeng Han, Frédéric Cointault. Détection précoce de maladies sur feuilles par traitement d'images. Orasis, Congrès des jeunes chercheurs en vision par ordinateur, Jun 2013, Cluny, France. <hal-00829402>

**HAL Id: hal-00829402**

**<https://hal.science/hal-00829402v1>**

Submitted on 5 Jun 2013

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



HAL Authorization

# Détection précoce de maladies sur feuilles par traitement d'images

S.Han\*

F. Cointault\*

\* AgroSup Dijon

simeng.han@agrosupdijon.fr

f.cointault@agrosupdijon.fr

## Résumé

Pour résister aux maladies en agriculture et viticulture, la solution actuelle nécessite l'emploi massif de produits phytosanitaires, dangereux pour l'environnement et l'opérateur.

Pour répondre aux enjeux agronomiques, la présente étude consiste à définir des méthodes d'acquisition et de traitement des images pour la détection précoce de maladies chez les végétaux.

## Mots-clés

Détection précoce, espace colorimétrique, espace hybride, imagerie thermique

## Abstract

In order to resist diseases in agriculture and viticulture, the actual solution requires massive use of phytosanitary products, dangerous for the environment and the operator.

To respond to the challenges agronomic, this study seeks to early detection of the presence of disease in plants by using imaging techniques: acquisition and image processing.

## Keywords

Early detection, color space, hybride spaces, thermal acquisition

## 1 Introduction

Dans les domaines de l'agriculture et de la viticulture précision, la gestion maîtrisée des exploitations agricoles permet à la fois un rendement croissant et un impact environnemental négatif réduit. Les produits phytosanitaires utilisés dans l'agriculture sont

des molécules étrangères aux processus biologiques et laissent des résidus dans la nature. Ils ont de conséquences réelles sur la santé des utilisateurs et des consommateurs en raison de leur persistance [ 1 ].

La volonté actuelle est de diminuer le nombre de molécules toxiques autorisées sur le marché dans le cadre du plan Ecophyto 2018, cela implique de mieux contrôler l'apparition des maladies. Les techniques d'imagerie peuvent aider à la réalisation de ce compromis, en intervenant notamment dans la détection précoce des maladies chez les végétaux.

En effet, les végétaux ont une façon particulière de réfléchir le rayonnement électromagnétique (Figure 1). Cette caractéristique unique est appelée la 'signature spectrale' de la végétation. La réflectance de la végétation est très faible dans les régions bleue et rouge du spectre électromagnétique, légèrement plus élevée dans la région verte et beaucoup plus haute dans le proche infrarouge.

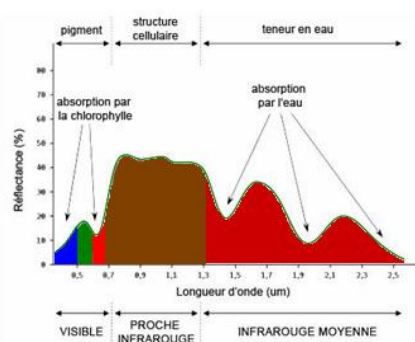


Figure 1 : Spectre de réflectance d'un végétal chlorophyllien\*

La croissance normale d'une plante est perturbée

\* <http://e-cours.univ-paris1.fr/modules/uvved/envcal/html/vegetation/caracteristique-vegetation/> modifié

quand celle-ci traverse une période de stress. Ainsi, elle présente généralement certains symptômes visibles (couleur) mais aussi d'autres symptômes invisibles à l'œil nu (texture, température...)

Il existe plusieurs types de stress chez les végétaux, le stress hydrique, le stress azoté les ravageurs... Les stress affectent la production de chlorophylle, provoquant une perte de chlorophylle et un changement de couleur de la feuille qui devient jaune, rouge et puis brune.

Ces couleurs rendent le traitement d'images plus performant pour la détection des maladies. Par contre, détecter précocement est un challenge plus pertinent. L'apparition de ces dernières, se traduit par une modification de la température extérieure, des structures externe et interne de la feuille, de la texture et de la réflectance de la feuille..., mesure que l'on peut effectuer au moyen de systèmes optiques adaptés.

On se propose ici de présenter depuis un premier temps les algorithmes de détection de maladie visible ou peu visibles à l'œil nu, en utilisant des techniques basées sur la représentation des images dans des espaces colorimétriques, hybrides ou non, mêlant des informations à la fois couleur et texture.

On se propose ensuite d'aller plus loin, surtout dans le cas où la maladie est en stade précoce, en utilisant des acquisitions par Proche Infrarouge pour la visualisation.

## 2 Analyse et premiers traitements

Nos premiers travaux ont lieu sur des images de feuilles de vigne atteintes de 'Mildiou'. Ces images représentent les différents niveaux de taches de maladie (Figure 2), et acquises par des capteurs photographiques.

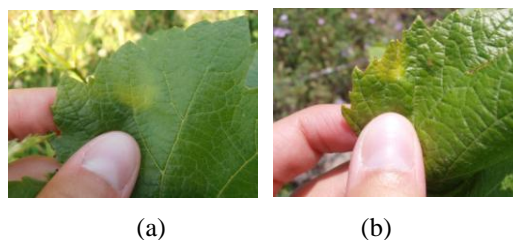


Figure 2: 'Mildiou' sur feuille de vigne\* : (a) stade précoce (b) stade avancé

Pour réaliser la détection de ce type de maladie, nous nous sommes naturellement orientés vers le changement d'espaces colorimétriques.

Un espace colorimétrique désigne le volume géométrique correspondant à un ensemble de couleurs disponibles dans un système [ 2 ]. L'espace colorimétrique fournit des informations nécessaires supplémentaires et il représente les relations corrélatives entre chaque couleur. La conversion entre espaces colorimétriques permet de renforcer l'image couleur et de simplifier la recherche de l'objet dans l'image. Les exemples suivants (Figure 3) nous montrent la détection de maladie 'Mildiou' sur feuille par cette méthode.

En plus, pour visualiser les taches et faciliter la détection, nous nous intéressons aux différentes bandes de chaque image. La Figure 3(b) et la Figure 3(d) ci-après nous montrent la bande V de l'espace YUV.

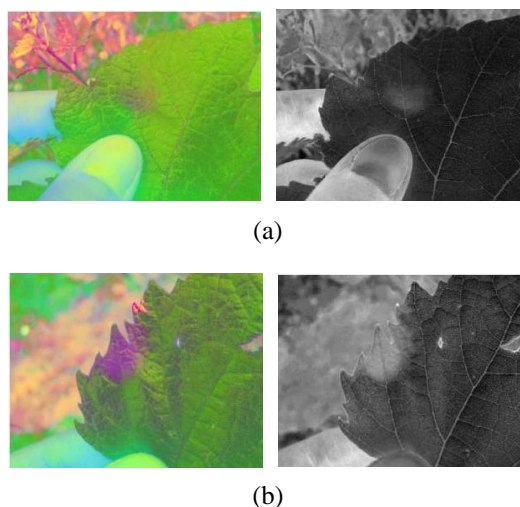


Figure 3: (a) 'Mildiou' stade précoce dans

\* Images fournis par Dr Mohamed Sbaghi, Chercheur-Directeur de Recherche, INRA Maroc.

l'espace couleur YUV et la bande V (b) 'Mildiou' stade avancé dans l'espace couleur et la bande V

Ici, nous avons converti l'image de 'Mildiou' dans l'espace YUV, la Figure 3 représente les deux différents stades de maladie 'Mildiou' en fausse couleur.

Nous discernons facilement les zones saines et malades quand le 'Mildiou' est en stade avancé Figure 3(b), les tâches de 'Mildiou' sont bien visibles. Mais cette méthode ne semble pas bien fonctionner dans le cas de maladie en stade précoce (Figure 3(a)) : cette détection n'est pas suffisante pour envisager de poursuivre avec un traitement uniquement couleur. Il est donc nécessaire de coupler ce type de traitement à un traitement basé sur l'analyse de texture.

### 3 Méthodes et résultats

#### 3.1 Espaces hybrides

Afin de détecter la maladie dans le cas où la tâche est peu visible, c'est-à-dire quand la maladie n'est pas encore totalement déclarée, mais aussi afin de simplifier le traitement et éviter la perturbation de la couleur, il a semblé intéressant d'utiliser une méthode d'analyse d'images combinant des informations couleur et texture.

Cette méthode appelée « Espaces hybrides couleur – texture », est basée sur la détermination d'un espace hybride de représentation des images combinant des informations couleur et texture ; il a été développé dans le cadre d'une étude de faisabilité d'un système adapté au comptage d'épis de blé [ 3 ]. Après apprentissage des différentes classes de points à trouver, l'image est représentée dans une espace à trois dimensions : chaque dimension étant un couple de [paramètre texture, paramètre couleur].

Pour tester cette méthode, l'exemple de l'image de 'Mildiou' moins visible Figure 4(a) est utilisé. Dans cette image, on discerne trois classes de textures: la partie perturbante (le fond, le

doigt...), la feuille et la partie malade sur la feuille.

Le programme nous permet de choisir 20 patches d'apprentissage pour chaque classe en cliquant directement sur l'image. On obtient l'image représentée dans le nouvel espace en fausse couleur Figure 4(b) :

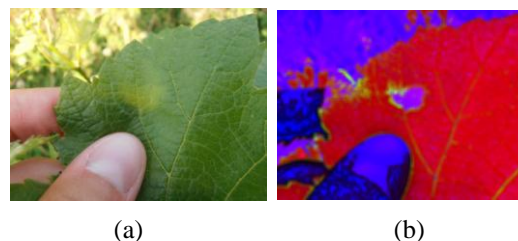


Figure 4: (a) Mildiou sur feuille de vigne stade précoce (b) Représentation de l'image dans l'espace hybride

Ainsi, par la mesure de la distance de Mahalanobis, on obtient l'image de segmentation suivante (Figure 5):

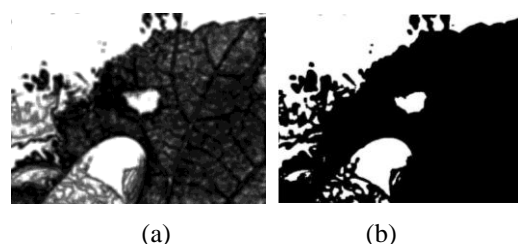


Figure 5: Segmentations par mesure de distance de Mahalanobis (a) image en niveau de gris (b) image binaire

En négligeant les parties perturbées, la segmentation donne un résultat satisfaisant: la partie malade a été bien identifiée par rapport à la partie saine sur la feuille, la forme correspond bien à la tâche malade, ce qui nous donne un grand avantage pour travailler sur la détection de maladie chez les végétaux.

La segmentation ne donne que des informations sur la structure de l'image, la méthode 'Espaces hybrides' prend les points d'intérêt d'une image qui seront trouvés similaires. Les résultats affectent les trois couleurs à chacune des régions. La méthode de la distance de Mahalanobis est une méthode de segmentation non paramétrique,

elle permet d'évaluer au mieux l'information contenue dans les régions.

### 3.2 Problématique

Dans l'exemple précédent (Figure 5), la plupart de la zone de maladie a été détectée, mais un problème se manifeste : on aperçoit une zone de maladie très peu visible, prolongement de la zone malade principale et qui n'a pas été détectée (Figure 6).

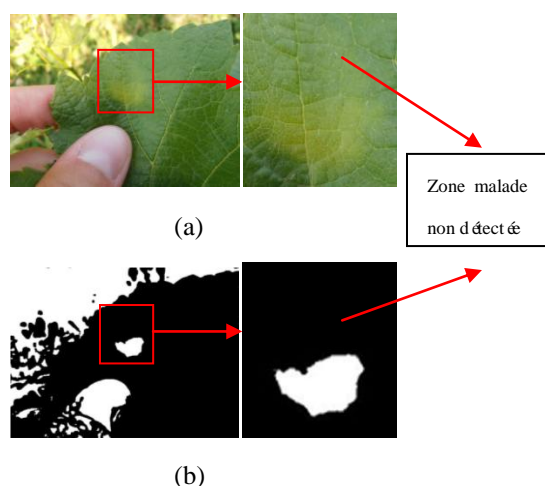


Figure 6: (a) Image RGB (b) Segmentation par mesure de distance de Mahalanobis

Effectivement, cette zone a déjà été attaquée par la maladie, mais elle est encore en période primaire ; donc par la méthode des espaces hybrides, la détection ne semble pas possible.

### 3.3 L'imagerie thermique

Les exemples précédents nous montrent que quand la maladie est en stade précoce, la méthode du changement d'espaces colorimétriques, ou l'utilisation de la technique des espaces hybrides qui travaillent sur la couleur et la texture ne sont pas suffisant pour résoudre ce problème. En effet, si les maladies sont déjà visibles à l'œil nu, il n'y a que peu d'intérêts en terme de traitement phytosanitaire.

Il convient donc de s'intéresser à coupler le traitement sur la couleur à une autre technique d'acquisition d'images fonctionnant dans des longueurs spectrales différentes.

A partir des caractéristiques des végétaux appelées 'Signatures Spectrales'(Figure 1), on remarque il y a un grand changement de réflectance dans l'infrarouge quand le virus vient de commencer d'attaquer la feuille.

On peut donc imaginer que si l'on travaille dans les spectres proches infrarouges, l'on trouvera facilitée la détection précoce de maladie. Ici, nous avons choisi de travailler sur l'imagerie thermique.

#### 3.3.1 L'intérêt de l'imagerie thermique

Dans l'agriculture de précision, l'imagerie thermique permet d'estimer la quantité de chlorophylle présente dans une plante [ 4 ]. Cette imagerie donne une vue immédiate de la répartition des rayonnements de la scène observée par l'œil ou la caméra [ 5 ]. Elle nous montre les détails dans un ensemble, s'il y a un petit point chaud ou froid, on le distingue immédiatement parmi les parties moins chaudes ou moins froides.

Avant que la concentration en chlorophylle ne chute dans les plantes stressées, le facteur de stress a déjà commencé à affecter la structure cellulaire des feuilles [ 6 ]. L'imagerie thermique permet de voir ces changements dans le proche infrarouge (qui n'est pas visible à l'œil nu), avant même que les symptômes chlorotique ne commencent à apparaître.

#### 3.3.2 L'application et le résultat

L'exemple fourni sur la Figure 7 nous montre les intérêts de l'imagerie thermique pour notre étude.

La plante verte a un point distinct en image thermique de la Figure 7(a): la couleur de ce point 1 à est plus foncée que les autres parties. A partir de l'indicateur de température, on sait que la température de ce point insolite est moins élevée, malgré qu'on ne puisse pas discriminer ce point en image RGB de la Figure 7(b).

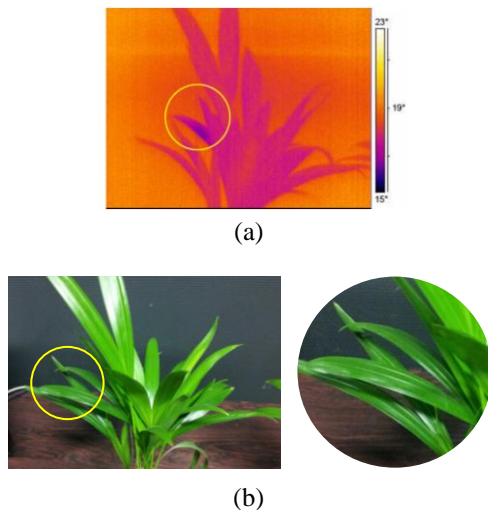


Figure 7: Plante verte: (a) image thermique\* (b) image RGB

Même si on ne connaît pas la cause de la chute de température de ce point, on sait qu'il y a des changements liés à la structure interne de la feuille.

Continuons sur ce test, nous avons trouvé l'explication une semaine plus tard : la Figure 8 nous montre que la branche qui correspond à ce point distinct s'est flétrie ; les feuilles ont séchées, l'eau s'est évaporée, la chaleur est partie à cause de la transpiration, donc la température est plus basse sur cette partie.

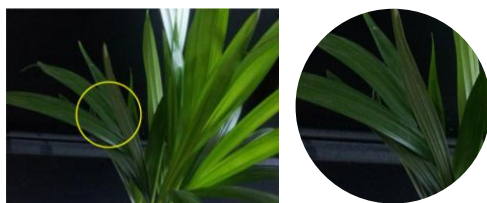


Figure 8: Plante verte en image RGB une semaine plus tard

Malgré la limite du relevé d'acquisition de cette expérimentation (une fois par semaine), on peut dire qu'on a au moins 2 ou 3 jours d'avance pour détecter ce problème. C'est un grand avantage par rapport aux méthodes que nous avons présentées précédemment, car en image couleur, il n'y a ni de changement de couleur, ni de changement de texture.

\* Image acquise par caméra thermique Flir A40, gamme de spectrale : 7,5 à 13  $\mu\text{m}$ .

Cet exemple nous montre que l'imagerie thermique est assez efficace pour détecter un stress hydrique.

#### 4 Conclusion et perspectives

Dans cet article, nous avons appliqué plusieurs méthodes pour détecter les problèmes de santé chez les végétaux.

Les traitements sur la couleur et la texture sont des méthodes classiques pour la demande du sujet, mais les résultats ne sont pas suffisants pour envisager de poursuivre dans un objectif de détection précoce de maladies. Les caractéristiques de la texture nous donnent la possibilité de détecter les symptômes qui sont moins visibles à l'œil nu.

L'utilisation de la caméra thermique, nous aide à découvrir prématurément les symptômes de problème de santé chez les plantes. On récupère plus d'information à partir de l'image de source, et les résultats répondent aux objectifs initiaux, notamment en ce qui concerne la détection précoce de maladies.

Les perspectives de ces travaux sont de continuer à approfondir les recherches pour identifier les différentes maladies, et pouvoir les discriminer entre elles. L'utilisation d'informations thermiques et/ou de fluorescence (en cours) est à poursuivre pour encore permettre une meilleure analyse dans cette recherche, et donner la possibilité de calculer la surface infectée.

#### Bibliographie

- [ 1 ] N.Pingault, E.Pleyber, C.Champeaux, L.Guichard, B.Omon, 'Produits phytosanitaires et protection intégrée des cultures : l'indicateur de fréquence de traitement', Notes et études socio-économiques, n°32, pp63, Mars 2009.
- [ 2 ] A.Ford, A.Roberts, 'Colour Space Conversions', pp.3-5, 1998.

- [ 3 ] F. Cointault, D. Gu érin, J.P. Guillemin, B. Chopinet, '*In-Field Wheat ears Counting Using Color-Texture Image Analysis*', New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science, Vol. 36, pp.117–130, Juin 2008.
- [ 4 ] L.Chaerle, I.Leinonen, H.G. Jones, D.Van Der Straeten, '*Monitoring and screening plant populations with combined thermal and chlorophyll fluorescence imaging*', Journal of Experimental Botany, Vol. 58, Issue 4, pp. 773-784, 2006.
- [ 5 ] D.Pajani, '*La thermographie du bâtiment : Principes et applications du diagnostic thermographique*', pp.14-15, Mai 2012.
- [ 6 ] C.Gu érette. '*Évaluation du potentiel de l'infrarouge spectral pour la détection hâtive du stress nutritif chez les vég éaux de grandes cultures : Application à la culture de la pomme de terre*'. Faculté de Foresterie et G éomatique, Université Laval, Québec, Mémoire de Doctorat, pp. 49-51, 2003.