



**Mémoire de fin d'étude Master 2 IMAGE /  
Université Rennes 2 - Agrocampus Ouest**  
*Sous le sceau de l'Université européenne de Bretagne*

Département de Géographie  
*Mention : Géographie ; Spécialité : Géomatique*

Présenté par

**PINTAULT ARNAUD**

Préparé à l'INRA, UMR AGAP, campus  
CIRAD, site de La Valette, Montpellier

---

## **Phénotypage par imagerie multispectrale et thermique très haute résolution pour l'étude de la variabilité de réponse à la contrainte hydrique de variétés de pommier**

---

---

**Mémoire de fin d'étude du MASTER 2  
IMAGE (Université Rennes 2) présenté le  
18/09/2015 devant le jury composé de :**

**Jean Luc Regnard**

Enseignant chercheur, SupAgro, Maître de stage

**Magalie Delalande**

Responsable de plateforme de phénotypage  
instrumenté plein champ, Inra, Maître de stage

**Samuel Corgne**

MCF, Université Rennes 2, Tuteur Académique

**Laurence Hubert-Moy**

Professeur, Université Rennes 2, Président de  
Jury

**Hervé Nicolas**

Professeur, Agrocampus Ouest, Président de  
Jury

## Fiche de confidentialité et de diffusion du mémoire

### Confidentialité :

Non  Oui si oui :  1 an  5 ans  10 ans

Pendant toute la durée de confidentialité, aucune diffusion du mémoire n'est possible<sup>(1)</sup>.  
A la fin de la période de confidentialité, sa diffusion est soumise aux règles ci-dessous (droits d'auteur et autorisation de diffusion par l'enseignant).

Date et signature du maître de stage<sup>(2)</sup> :

### Droits d'auteur :

L'auteur<sup>(3)</sup> autorise la diffusion de son travail

Oui  Non *au terme de la période susdite*

Si oui, il autorise

la diffusion papier du mémoire uniquement<sup>(4)</sup>

la diffusion papier du mémoire et la diffusion électronique du résumé

la diffusion papier et électronique du mémoire (joindre dans ce cas la fiche de conformité du mémoire numérique et le contrat de diffusion)

Date et signature de l'auteur :

### Autorisation de diffusion par le responsable de spécialisation ou son représentant :

L'enseignant juge le mémoire de qualité suffisante pour être diffusé

Oui  Non

Si non, seul le titre du mémoire apparaîtra dans les bases de données.

Si oui, il autorise

la diffusion papier du mémoire uniquement<sup>(4)</sup>

la diffusion papier du mémoire et la diffusion électronique du résumé

la diffusion papier et électronique du mémoire

Date et signature de l'enseignant :

(1) L'administration, les enseignants et les différents services de documentation d'AGROCAMPUS OUEST s'engagent à respecter cette confidentialité.

(2) Signature et cachet de l'organisme

(3) Auteur = étudiant qui réalise son mémoire de fin d'études

(4) La référence bibliographique (= Nom de l'auteur, titre du mémoire, année de soutenance, diplôme, spécialité et spécialisation/Option)) sera signalée dans les bases de données documentaires sans le résumé

# Remerciements

Je tiens à remercier en premier lieu Jean-Luc REGNARD, David GOMEZ-CANDON et Magalie DELALANDE pour leur expertise, leur enseignement, leur conseils précieux ainsi que le temps qu'ils m'ont accordé.

Je remercie également Evelyne COSTES de m'avoir accueilli au sein de son équipe.

Je n'oublie pas Sébastien MARTINEZ et Audrey JOLIVOT pour les journées d'acquisition de terrain ainsi que nos longues discussions enrichissantes pendant nos trajets.

A mes collègues de travail Lucie, Loriane, Margaux, Paul sans oublier Alix et Vincent, pour les moments de décompression et de soutien pendant ces 6 mois.

Mes remerciements les plus sincères aux enseignants du Master IMAGE qui m'ont appris toutes les bases nécessaires sur la géomatique, qui m'ont rendu la compréhension de mon stage plus accessible.

A toutes les personnes que j'oublie et qui ont contribué, de loin ou de près, à la réussite de mon stage, je vous adresse un grand Merci.

Je ne pourrais terminer ces remerciements sans penser à ma famille, ma compagne ainsi que mes amis pour leur encouragement et leur écoute tout au long de ce stage.



Diplôme : Master 2 Géomatique  
Spécialité : IMAGE  
Enseignant référent : Samuel Corgne

Auteur(s) : Arnaud Pintault

Organisme d'accueil : INRA, UMR AGAP, campus CIRAD, Montpellier

Date de naissance\* : 05/04/1993

Adresse : Avenue Agropolis, 34398 Montpellier Cedex 5, France

Nb pages : 27    Annexe(s) :50

Maîtres de stage : Magalie Delalande (INRA) et Jean-Luc Regnard (Montpellier SupAgro)

Année de soutenance : 2015

Titre français : Phénotypage par imagerie multispectrale et thermique haute résolution pour l'étude de la variabilité de réponse à la contrainte hydrique de variétés de pommier

Titre anglais : High resolution multispectral and thermal imagery for phenotyping the response of various apple tree cultivars to hydric constraints

Résumé : Le changement climatique, qui s'avère très sensible en zone méditerranéenne (hot spot), amène à repenser les pratiques agricoles et à développer de nouvelles méthodes afin d'économiser l'eau. Cette étude s'intéresse plus précisément à la réponse de 8 variétés de pommiers à deux régimes hydriques, l'un résultant d'une contrainte hydrique édaphique établie en juillet, par limitation des apports, l'autre une situation de confort. Le protocole de terrain a été mis en œuvre en interaction avec le Ctifl pour acquérir simultanément des données sur les plantes et des images de télédétection. Un drone volant à 40m a permis d'acquérir des images multispectrales à très haute résolution spatiale (résolution 1,9cm) et des images thermiques (résolution 10cm) pour évaluer les effets de la contrainte hydrique au champ. Une chaîne de traitement des images a été mise en œuvre, et améliorée. A partir d'une base de données phénotypique, le traitement statistique a permis d'évaluer le stress hydrique sur les différentes variétés pour les campagnes d'acquisition de juillet 2014 et 2015, sur le site de Bellegarde (Gard, France). Une corrélation entre les données de terrain (potentiels hydriques) et les données issues d'imagerie aéroportée a été recherchée. Les résultats présentés permettent de caractériser les variétés, et d'appréhender leurs réponses. Ces résultats débouchent sur une discussion méthodologique, soulignant l'importance des conditions météorologiques de l'année, tandis que les résultats agronomiques permettent d'apprécier une capacité variable des variétés à tolérer le déficit hydrique estival.

Abstract: The climate change, which turns out very sensitive in Mediterranean zone (hot spot), brings to rethink the agricultural practices and to develop new methods to save water. This study focuses specifically on the response of 8 varieties of apple under two water regimes, the first one resulting from a soil water constraint established in July, by limitation of the irrigation, the other one from a situation of comfort (control). The field protocol was implemented in interaction with the Ctifl to acquire simultaneously data on plants and remote sensing images. A drone flying at 40m altitude allowed to acquire multispectral images with very high spatial resolution (1.9 cm) and thermal imaging (10cm resolution) was performed to evaluate the effects of water stress in the field. An image processing chain has been implemented and improved. From a phenotypic database, the statistical treatment of the data was used to assess the water stress on different varieties during the acquisition campaigns of July 2014 and 2015 for the site of Bellegarde (Gard, France). A correlation between the field data (water potential) and data from airborne imaging was assessed. The results allow to characterize varieties, and to understand their response to water deficit. These results lead to a methodological discussion, stressing the importance of the weather conditions of the year, while the agronomic results provide evidence of a variable capacity of varieties to afford the summer water deficit.

Mots-clés : Contrainte hydrique, imagerie thermique, imagerie multispectrale, drone, pommier, stress hydrique

Key Words: Soil water deficit, thermal imaging, multispectral imaging, UAV, apple tree, hydric stress