



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

Ecole Nationale Supérieure Agronomique

المدرسة الوطنية العليا للفلاحة

Département : Génie Rural

القسم : الهندسة الريفية

Spécialité : Sciences et Techniques  
des Agroéquipements

التخصص : علوم وتقنيات تجهيزات الفلاحة

Mémoire de Fin d'Etude

Pour l'obtention du Diplôme de Master

***THEME***

**Comparaison de deux techniques d'étude du stress  
hydrique chez le Maïs : méthode conventionnelle et  
traitement d'images aériennes prises par drone**

Présenté par : M. AOUISSI Seyfeddine  
M. DJEDDI Mohammed

Soutenu publiquement le 23/10/2019

Devant le jury composé de :

Mémoire dirigé par :

M. ETSOURI S. MAA, ENSA

Président de jury :

M. BOUDHAR L. MCB, ENSA

Examineurs :

M. DJEMEL A. Professeur, ENSA

M. LAABASSI K. MAA, ENSA

M. KECHIDA A. Maître de Recherche, CRTI

Invité :

M. GUENOUN O. Cadre d'étude, BNEDER

Promotion 2016-2019

# SOMMAIRE

INTRODUCTION GENERALE .....	1
-----------------------------	---

## CHAPITRE I – LE DRONE ET L’AGRICULTURE

I.1. GENERALITES .....	3
<i>I.1.1. Définitions.....</i>	<i>3</i>
<i>I.1.2. Historique .....</i>	<i>4</i>
I.2. DRONE AGRICOLE.....	5
<i>I.2.1. Le drone au service de l’agriculture .....</i>	<i>5</i>
<i>I.2.2. Le drone et l’agriculture de précision .....</i>	<i>6</i>
<i>I.2.3. Les nouvelles technologies de l’agriculture de précision .....</i>	<i>7</i>
I.3. CLASSIFICATION DES DRONES.....	7
<i>I.3.1. Drone à voilure tournante .....</i>	<i>8</i>
<i>I.3.2. Drone à voilure fixe.....</i>	<i>8</i>
I.4. CARACTERISTIQUES ESSENTIELLES DU DRONE .....	10
<i>I.4.1. Les principaux composants du drone .....</i>	<i>10</i>
<i>I.4.2. Contrôle de vol : Autopilote.....</i>	<i>10</i>
<i>I.4.3. Le module GPS.....</i>	<i>10</i>
<i>I.4.4. La charge utile .....</i>	<i>11</i>
I.5. LES UTILISATIONS DES DRONES .....	11
I.6. DRONE CIVIL : LA REGLEMENTATION.....	12

## CHAPITRE II –CAPTEURS ET PHOTOGRAMMETRIE

II.1. SPECTRE ELECTROMAGNETIQUE.....	13
<i>II.1.1. Imagerie infrarouge.....</i>	<i>13</i>
<i>II.1.2. Signature spectrale des plantes.....</i>	<i>14</i>
II.2. CAPTEURS MULTI SPECTRAUX.....	14
II.3. TRAITEMENT DES IMAGES.....	15
II.4. PRINCIPE DE DETECTION DE DIFFERENTS PARAMETRES.....	15

II.4.1.	Détection des stades physiologiques.....	15
II.4.2.	Détection des besoins de la plante .....	16
II.4.3.	Détection du stress hydrique .....	16
II.4.4.	Détection du stress nutritionnel .....	16
II.4.5.	Estimation du rendement .....	17
II.5.	LES INDICES DE VEGETATION .....	18
II.5.1.	Indice de végétation NDVI .....	18
II.5.2.	Autres indices .....	19
II.6.	LA TELEDETECTION ET LE MOSAÏQUAGE .....	20
II.6.1.	La télédétection .....	20
II.6.2.	La mosaïque.....	20
II.7.	LE PHENOTYPAGE PAR DRONE .....	21
II.8.	LA VISION NUMERIQUE .....	21
II.9.	PHOTOMETRIE .....	22
II.9.1.	Orthophotographie et orthomosaïque .....	22
II.9.2.	Photogrammétrie .....	23
II.9.3.	Réflectance .....	23

## CHAPITRE III – LA CULTURE DU MAÏS

III.1.	CADRE GENERAL.....	25
III.2.	CLASSIFICATION BOTANIQUE.....	26
III.3.	MORPHOLOGIE .....	27
III.4.	CYCLE DE DEVELOPPEMENT .....	28
III.4.1.	Stade Végétatif.....	28
III.4.2.	Stade de reproduction .....	29
III.4.3.	Stade de développement du grain .....	29
III.5.	EXIGENCE DU MAÏS .....	30
III.5.1.	Exigences en sol.....	30
III.5.2.	Exigences en eau .....	30
III.5.3.	Exigences en température .....	30
III.6.	LE STRESS HYDRIQUE CHEZ LE MAÏS .....	31
III.6.1.	Définition du « Stress hydrique ».....	31
III.6.2.	Conséquences du stress hydrique sur le développement et le rendement du maïs.....	31
III.7.	MECANISMES IMPLIQUES DANS LA REPOSE DU MAÏS AU STRESS HYDRIQUE :.....	31

## CHAPITRE IV – MATERIEL ET METHODES

IV.1.	PRESENTATION DE LA ZONE D’ETUDE .....	33
IV.1.1.	<i>Cadre général</i> .....	33
IV.1.2.	<i>Caractéristiques climatiques</i> .....	34
IV.2.	DESCRIPTION DE L’EXPERIMENTATION .....	34
IV.3.	PROTOCOLE DE MISE EN PLACE DE LA CULTURE .....	35
IV.3.1.	<i>Description générale du protocole</i> .....	35
IV.3.2.	<i>Procédure de mise en place du maïs</i> .....	36
IV.4.	PROTOCOLE DE PRISE DE PHOTOS ET TRAITEMENT D’IMAGE.....	39
IV.4.1.	<i>La prise de vue/photos</i> .....	39
IV.4.1.	<i>Paramètres de prise de vue/photos</i> .....	39
IV.4.2.	<i>Proxi-détection et traitements d’image</i> .....	41
IV.4.2.1.	Caractéristiques du drone utilisé .....	41
IV.4.2.2.	Géolocalisation et mesure du vent .....	42
a.	Géolocalisation .....	42
b.	Mesure de vitesse et de direction du vent .....	42
IV.4.3.	<i>Logiciels et applications utilisés pour le traitement d’image</i> .....	42
IV.4.3.1.	DroneDeploy .....	42
IV.4.3.2.	PIX4D.....	42
IV.4.3.3.	ArcGis .....	42

## CHAPITRE V – RESULTATS ET DISCUSSION

IV.1.	SYNTHESE DES RESULTATS .....	44
IV.2.	PREPARATION DES MISSIONS DE PRISES DE VUE.....	44
IV.3.	RESULTATS DE L’UTILISATION DE LA PLATEFORME DRONEDEPLOY.....	46
IV.4.	RESULTATS DE L’UTILISATION DE LA PLATEFORME PIX4D .....	50
IV.5.	RESULTATS DE L’UTILISATION DU LOGICIEL ARCGIS.....	51
IV.5.1.	<i>Analyse des feuilles de maïs</i> .....	51
IV.5.2.	<i>Analyse globale de la parcelle</i> .....	54
	CONCLUSION GENERALE .....	63
	REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	65

## الملخص

الهدف من هذه الدراسة هو إثبات فائدة الصور الجوية التي التقطتها الطائرة بدون طيار من أجل الإجابة عن مشكلة زراعية وهي إجهاد الماء في نبتة الذرة. بالنظر إلى طبيعة مستشعر الصورة RGB، تمكنا من إبراز كثافة الغطاء النباتي بالنسبة للأرض. وكشفت مقارنة هذه النتيجة مع النتيجة التي تم الحصول عليها بالطريقة التقليدية عن توافق يمكن أن يحل تحليل الصور الرقمية محل التحليل اليدوي بمخطط اللون " Stay Green " .

**كلمات البحث:** طائرة بدون طيار، الكشف عن قرب، الانعكاس، photogrammetry، ArcGis، معالجة الصور.

## Résumé

L'objectif de cette étude est de démontrer l'utilité des photos aériennes prise par drone afin de répondre à une problématique agronomique qui est le stress hydrique du maïs. Vu la nature du capteur d'image qui en mode RGB, nous avons pu faire ressortir la densité du couvert végétal par rapport au sol.

La comparaison de ce résultat avec le résultat obtenu par la méthode conventionnelle a révélé une concordance. L'analyse numérique des images peut remplacer l'analyse manuelle faite avec le nuancier « Stay Green ».

**Mots clés :** Drone, proxidetection, réflectance, photogrammétrie, ArcGis, traitement d'image.

## Summary

The objective of this study is to demonstrate the usefulness of aerial photos taken by drone in order to respond to an agronomic problem that is the water stress of corn. Given the nature of the image sensor, which is an RGB mode, we were able to highlight the density of the vegetation cover in relation to the ground cover.

The comparison of this result with the result obtained by the conventional method revealed a concordance. Digital image analysis can replace manual analysis with the "Stay Green" colour chart.

**Key words :** Drone – Proxidetection – Reflectance – Photogrammetry – ArcGis – Image processing.