



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET  
POPULAIRE



وزارة التعليم العالي والبحث العلمي  
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE  
SCIENTIFIQUE

École National Supérieure Agronomique  
Département : Génie rural  
Spécialité : Agriculture numérique

المدرسة الوطنية العليا للفلاحة  
القسم : الهندسة الريفية  
التخصص : الزراعة الدقيقة

Mémoire de fin d'étude  
Pour l'obtention du diplôme Master

**THEME**

**Systeme de reconnaissance des mauvaises herbes basés  
sur les réseaux de neurones convolutifs**

Présenté par : Lekhlifi Oussama

Soutenu le 29/01/2025

**Devant le jury composé de :**

**Président :** Mr. SAADAoui Mohamed

MCA, ENSA

**Promoteur :** Mr. BOUDHAR Lies

MCA, ENSA

**Examineurs :** Mr. ETSOURI Salim

MCA, ENSA

Mr. AIT ALI YAHIA Yassine

MCB, ESI

**Promotion 2019-2024**

# Table des matières

<i>Dédicaces</i> .....	3
Remerciement .....	4
Liste de figures .....	5
Liste de tableaux.....	7
Liste des abréviations.....	8
Abstract.....	15
Résumé .....	16
خلاصة البحث.....	17
<i>Introduction Générale</i> .....	18
<i>Synthèse Bibliographique</i> .....	23
<i>Chapitre 1 : Contexte agricole</i> .....	23
Introduction.....	23
1. La culture de la tomate .....	23
1.1. Généralité sur la tomate .....	23
1.2. Importance économique de la tomate .....	26
1.3. Caractéristiques morphologiques de la tomate .....	27
1.3.1. L'appareil végétatif.....	27
1.3.2. L'appareil reproducteur .....	29
1.4. Caractéristiques physiologiques de la tomate .....	31
1.4.1. Le cycle phénologique de la tomate .....	31
1.5. Principales maladies et ravageurs de la tomate .....	34
2. Les mauvaises herbes .....	35
2.1. Notion de mauvaises herbes ou adventice .....	35
2.2. Biologie des mauvaises herbes .....	36
2.2.1. Les types biologiques des adventices .....	36
2.2.2. Cycle biologique des adventices .....	37
2.3. Impact des mauvaises herbes .....	38
2.3.2. Les avantages .....	39
2.4.1. Méthodes préventives .....	40
2.4.2. Méthodes culturales .....	40
2.4.4. Méthodes physiques .....	41
2.4.5. Méthodes chimiques .....	42
Conclusion .....	43
<i>Chapitre 2 : Introduction à l'intelligence artificielle</i> .....	45

<b>Introduction</b> .....	45
<b>1. Définition de l'IA</b> .....	45
<b>2. Machine Learning</b> .....	46
<b>2.1. Fonctionnement du machine Learning</b> .....	47
<b>2.2. Types de Machine Learning</b> .....	48
<b>2.2.1. Apprentissage supervisé</b> .....	48
<b>2.2.2. Apprentissage non supervisé</b> .....	51
<b>2.2.3. Apprentissage par renforcement</b> .....	52
<b>3. Deep Learning</b> .....	55
<b>3.1. Notions de bases</b> .....	56
<b>3.1.1. Réseaux de neurones</b> .....	56
<b>3.1.2. Types des réseaux de neurones</b> .....	65
<b>3.2. Deep Learning et agriculture</b> .....	67
<b>Conclusion</b> .....	68
<i><b>Chapitre 03 : CNN et Vision par ordinateur</b></i> .....	70
<b>Introduction</b> .....	70
<b>1. L'acquisition d'image</b> .....	70
<b>1.1. Les satellites</b> .....	71
<b>1.2. La caméra</b> .....	71
<b>1.3. Les drones</b> .....	71
<b>1.4. L'utilisation des téléphones intelligents</b> .....	72
<b>2. Les réseaux de neurones convolutif</b> .....	72
<b>2.1. Les différentes couches de CNN</b> .....	73
<b>2.1.1. Couche de Convolution</b> .....	74
<b>2.1.2. Couche de pooling</b> .....	74
<b>2.1.3. Couche entièrement connectée (FC)</b> .....	75
<b>2.2. Les architectures de CNN</b> .....	75
<b>3. CNN et la vision par ordinateur</b> .....	79
<b>3.1. La vision par ordinateur</b> .....	79
<b>3.2. Algorithmes de vision par ordinateur</b> .....	80
<b>3.2.1. R-CNN</b> .....	81
<b>3.2.2. Fast R-CNN</b> .....	82
<b>3.2.4. Mask R-CNN</b> .....	83
<b>3.2.5. YOLO</b> .....	84
<b>4. Les méthodes appliquées pour détecter les mauvaises herbes</b> .....	85
<b>Conclusion</b> .....	88

<i>Methodologie et résultats</i> .....	91
<i>Chapitre 1 : Matériels et méthodes</i> .....	91
<b>Introduction</b> .....	91
<b>1.1. Contexte expérimental</b> .....	91
<b>1.2. Environnement de développement</b> .....	94
<b>1.2.1. Environnement matériel (hardware)</b> .....	94
<b>1.2.1.1. Google Colaboratory</b> .....	94
<b>1.2.1.2. Raspberry Pi 4 Modèle B</b> .....	95
<b>1.2.1.3. Raspberry Pi Camera V3</b> .....	95
<b>1.2.2. Environnement immatériel (software)</b> .....	97
<b>1.2.2.1. Langage de programmation Python</b> .....	97
<b>1.2.2.2. Librairies et Frameworks</b> .....	97
<b>1.2.2.2.1. PyTorch</b> .....	97
<b>1.2.3. Numpy</b> .....	98
<b>1.2.4. Matplotlib</b> .....	98
<b>1.2.5. Scikit-learn</b> .....	98
<b>1.2.6. OpenCV</b> .....	98
<b>1.2.7. Roboflow</b> .....	98
<b>1.2.8. Pixlr</b> .....	99
<b>1.2.9. Décteron2</b> .....	100
<b>1.3.1. Description de l'approche</b> .....	100
<b>1.3.2. Processus de travail</b> .....	101
<b>1.3.2.1. La collecte des données</b> .....	101
<b>1.3.2.2. Prétraitement des données</b> .....	103
<b>1.3.2.2.1. Nettoyage des données</b> .....	104
<b>1.3.2.2.2. Annotation des données</b> .....	104
<b>1.3.2.2.3. Organisation et division des données</b> .....	105
<b>1.3.2.2.4. Augmentation des données</b> .....	106
<b>1.3.2.2.5. Exportation des données</b> .....	108
<b>1.3.2.3. Chargement des modèles</b> .....	108
<b>1.3.2.3.1. YOLOv8</b> .....	108
<b>1.3.2.3.2. Mask RCNN</b> .....	110
<b>1.3.2.4. Entraînement</b> .....	111
<b>1.3.2.4.1. Entraînement du modèle YOLOv8</b> .....	111
<b>1.3.2.4.2. Entraînement du modèle Mask R-CNN</b> .....	114
<b>Conclusion</b> .....	116

<b>Chapitre 2 :</b> .....	117
<i>Résultats et discussion</i> .....	117
<i>I. Méthodologie et résultats</i> .....	118
<i>Chapitre 2 : Résultats et discussion</i> .....	118
<b>Introduction</b> .....	118
<b>2.1. Métriques d'évaluation</b> .....	118
2.1.1. <b>Matrice de confusion</b> .....	118
2.1.2. <b>Accuracy</b> .....	119
2.1.3. <b>Precision</b> .....	120
2.1.4. <b>Recall</b> .....	120
2.1.5. <b>F1-score</b> .....	120
2.1.6. <b>mAP</b> .....	121
2.1.7. <b>IoU</b> .....	121
<b>2.2. Résultats des modèles</b> .....	121
2.2.1. <b>Modèle Yolov8l</b> .....	122
2.2.2. <b>Modèle Mask R-CNN</b> .....	124
2.2.3. <b>Teste et comparaison</b> .....	128
<b>2.3. Discussion</b> .....	131
<b>Conclusion</b> .....	134
<b>Business Plan</b> .....	136
<b>1. Résumé exécutif</b> .....	136
<b>2. L'équipe</b> .....	136
2.1. <b>Compétences et expériences des membres de l'équipe</b> .....	136
2.2. <b>Objectifs communs et vision</b> .....	137
2.3. <b>Soutien consultatif</b> .....	137
<b>3. Le projet</b> .....	138
3.1. <b>Mission</b> .....	138
3.2. <b>Vision</b> .....	139
3.3. <b>Proposition de valeur</b> .....	139
<b>4. Stratégie marketing</b> .....	139
4.1. <b>Segment cible</b> .....	140
4.2. <b>Stratégies clés</b> .....	140
4.3. <b>Mesure du succès</b> .....	142
<b>5. Analyse de porter</b> .....	142
<b>6. Analyse de PESTEL</b> .....	144
<b>7. Analyse SWOT</b> .....	145

8. Facteurs clés de succès (FCS) .....	145
9. Moyens .....	146
10. Calendrier de lancement du projet .....	148
10.1. Phase de conception et de développement.....	148
10.2. Phase de prototypage.....	148
10.3. Phase de test et validation .....	149
10.4. Phase de préparation au lancement .....	149
11. Bilan financier .....	151
11.1. Investissements .....	152
11.3. Dépenses externes .....	153
11.4. Tableau des flux de trésorerie.....	154
11.5. Prix de l'offre .....	154
Conclusion générale .....	159
Perspective .....	160
References	
Annexes	

## **Abstract**

The proliferation of weeds in blueberry fields poses a significant challenge to both harvest and product quality. To address this issue, precision agriculture is utilized as a tool to assist eradication methods, either through herbicide spraying or hoeing. To enable the efficient eradication of weeds, several weed detection methods can be employed, which aim to discriminate between different weed species under specific conditions. For instance, the use of vegetation indices involves algorithms capable of differentiating parts of an image based on specific color characteristics. Other methods utilize threshold detection based on shape differences to subdivide an image of a plot into distinct regions (e.g., soil, vegetation). In this context, our research aims to facilitate the classification of the most common weeds found in blueberry fields. Through the experiments we conducted, we developed a classifier based on a convolutional neural network (CNN), which can accurately determine the species of a weed among four others.

**Keywords:** CNN, Weeds, Blueberry, Computer Vision

## Résumé

La prolifération des mauvaises herbes dans les champs de bluet constitue un problème pour la récolte et la qualité du produit. Afin de remédier à ce problème, l'agriculture de précision est utilisée comme outil d'aide aux méthodes d'éradications, soit par pulvérisation d'herbicide ou par sarclage.

Pour permettre l'éradication efficace des mauvaises herbes, plusieurs méthodes de détection des mauvaises herbes peuvent être utilisées, qui ont pour intérêt de discriminer les différentes espèces de mauvaises herbes sous certaines conditions. L'utilisation des indices de végétation par exemple qui consiste à utiliser des algorithmes capables de différencier des parties dans l'image grâce à une particularité de ses couleurs. D'autres méthodes utilisent la détection par seuillage avec la différence de formes pour subdiviser l'image d'une parcelle en régions distinctes (ex: sol, végétation).

Dans ce contexte, notre recherche a pour objectif de faciliter la classification des mauvaises herbes les plus répandues dans les champs de bluets. Grâce aux expérimentations que nous avons menées, nous avons mis au point un classificateur basé sur un réseau de neurones convolutif, capable de déterminer avec une bonne précision l'espèce à laquelle appartient la mauvaise herbe parmi les quatre autres

**Mots clés :** CNN, Mauvaises herbes, Tomate, Vision par ordinateur

## خلاصة البحث

تشكل انتشار الأعشاب الضارة في حقول التوت الأزرق مشكلة كبيرة تؤثر على الحصاد وجودة المنتج. وللتصدي لهذه المشكلة، يتم استخدام الزراعة الدقيقة كأداة للمساعدة في طرق الإزالة، سواء من خلال رش المبيدات الحشرية أو من خلال استخدام المجرفة

لتمكين الإزالة الفعالة للأعشاب الضارة، يمكن استخدام عدة طرق للكشف عن الأعشاب الضارة، والتي تهدف إلى تمييز الأنواع المختلفة من الأعشاب تحت ظروف معينة. على سبيل المثال، تتضمن استخدام مؤشرات النبات خوارزميات قادرة على تمييز أجزاء من الصورة بناءً على خصائص لونية معينة.

وتستخدم طرق أخرى للكشف من خلال العتبة مع اختلاف الأشكال لتقسيم صورة قطعة الأرض إلى مناطق متميزة (مثل: التربة، والنباتات)

في هذا السياق، تهدف أبحاثنا إلى تسهيل تصنيف الأعشاب الضارة الأكثر شيوعاً في حقول التوت الأزرق. من خلال التجارب التي أجريناها، قمنا بتطوير مصنف يعتمد على شبكة عصبية تلافيفية قادر على تحديد النوع الذي تنتمي إليه العشبة الضارة بدقة جيدة بين أربعة أنواع أخرى

## مفاتيح البحث

الأعشاب الضارة، التوت الأزرق، الرؤية الحاسوبية