

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

UNIVERSITE BADJI MOKHTAR - ANNABA  
BADJI MOKHTAR – ANNABA UNIVERSITY



جامعة باجي مختار  
عنابة

**Faculté: de Technologie**

**Département: Electronique**

**Domaine : Sciences et Technologie**

**Filière: Télécommunications et Electronique**

**Spécialité : Systèmes Embarqués et Réseaux et Télécommunications**

**Présenté en vue de l'obtention du Diplôme de  
Master**

**Thème:**

**Reconnaissance par imagerie des plantes en particulier  
dans des champs agricoles**

**Présenté par : Gaaga Wissal et Lot Feriella**

**Encadrant: Doghmane Noureddine Professeur**

**UBM ANNABA**

**Jury de Soutenance :**

Harize Saliha	MCA	UBM ANNABA	Président
Doghmane Noureddine	Prof	UBM ANNABA	Encadrant
Amara Fethi	MCB	UBM ANNABA	Examineur

**Année Universitaire :2022/2023**

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

# REMERCIEMENT

Nous tenons tout d'abord à remercier en premier lieu Allah, le Tout-Puissant, de nous avoir donné autant de courage, de patience et de volonté pour atteindre ce but.

Nous tenons à exprimer notre gratitude à notre directeur de thèse, le **Dr. Doghmane Noureddine**. Nous le remercions de nous avoir guidées, aidées et conseillées.

Nous présentons également nos sincères remerciements à toute l'équipe pédagogique du Département d'électronique de l'Université d'Annaba.

Nous tenons également à remercier vivement **Mme HARIZE** et **M. AMARA** pour avoir accepté d'être membres du jury lors de notre soutenance.

Nous tenons à témoigner toute notre reconnaissance aux personnes suivantes :

**Madame Belhout**, **Madame hassayen**, qui ont contribué au succès de notre stage et qui nous ont aidées lors de la rédaction de ce mémoire.

Nos parents, pour leur soutien constant et leurs encouragements.

Nous voudrions exprimer notre reconnaissance envers les amis et collègues qui nous ont apporté leur soutien moral et intellectuel tout au long de notre démarche.

# DEDICACE

Je dédie ce mémoire Aux êtres les plus chers au monde « **MES PARENTS** » qui ont toujours été à mes côtés

Et m'ont toujours soutenu tout au long de ces longues années d'études et L'amour et le respect qui ont toujours été avec vous deux.

Que Dieu vous garde longtemps avec nous.

À mes **Frères** et ma **Sœur Amira**, les mots ne suffiront pas à exprimer l'étendue de mon affection et de ma gratitude.

À tous mes amis et camarades de classe et surtout : **Amani, Nour Takwa** En souvenir de notre sincère et profonde amitié et des moments agréables que nous avons passé ensemble.

Merci pour leurs amours et leurs encouragements.

Sans oublier ma chère binôme **Wissal** pour son soutien moral, sa patience et sa compréhension tout au long de ce projet.

**Ferielle**

## DÉDICACE

Du fond du cœur, je dédie ce travail à

Chers maman et papa, aucune dévotion ne peut exprimer mes sentiments sincères et ma gratitude éternelle, pour leur patience sans bornes, leurs encouragements constants, leur aide, en gage de mon profond amour et respect pour leur grand sacrifice.

Mon frère Soulimane et mes sœurs Amani et Hana, et à mon cher oncle Ammar pour leur amour et leur soutien, mes chers grands-parents et toute ma famille.

Une amie de ma vie est l'âme soeur de ma soeur, à qui la vie a donné naissance, Nour Larej

Mes cousines ines et Malak j'espère que tu obtiendras ton bac  
Tous mes amis et tous ceux qui m'ont aidé de près ou de loin dans la réalisation de ce travail

Sans oublier ma chère binôme **ferielle** pour son soutien moral, sa patience et sa compréhension tout au long de ce projet.

Nesrin, Tasnime, Qusai, Reham, Melina, Owais, Aziz, Mohammed, Jehan, ayoub, soujod

**WISSAL**

## Résumé

---

---

### Résumé :

L'agriculture est l'un des principaux objectifs de chaque pays souhaitant atteindre l'autosuffisance alimentaire. Parmi les agricultures sur lesquelles l'Algérie s'appuie figurent le blé et les dattes. Malgré les efforts déployés par l'État, ce type d'agriculture est exposé à certains problèmes qui entravent la production, en particulier le manque d'eau, les maladies, les herbes sauvages et les insectes qui peuvent affecter ces plantes.

A travers ces travaux, nous aspirons à introduire une modeste contribution technique basée sur le traitement d'images et l'intelligence artificielle pour détecter le plus rapidement possible certaines maladies de ces plantes pendant la période de croissance et ainsi permettre un meilleur accompagnement et au final un rendement plus élevé.

**Mots-clés :** Détection, L'agriculture intelligente, Intelligence artificielle, traitement d'images..

### Abstract:

Agriculture is one of the main objectives of every country wishing to achieve food self-sufficiency. Among the agricultures on which Algeria relies are wheat and dates. Despite the efforts made by the state, this type of agriculture is exposed to certain problems that hinder production, especially lack of water, diseases, wild weeds and insects that can affect these plants.

Through this work, we aspire to introduce a technology based on image processing and artificial intelligence to detect plant diseases as quickly as possible during the growth period and thus allow better support and a higher yield in production.

**Key- words:** Detection, Smart Agriculture, artificial intelligence, image processing.

### ملخص

الزراعة هي أحد الأهداف الرئيسية لكل دولة ترغب في تحقيق الاكتفاء الذاتي الغذائي. ومن بين المحاصيل التي تعتمد عليها الجزائر القمح والتمور. على الرغم من الجهود التي تبذلها الدولة إلا أن هذا النوع من الزراعة يتعرض لمشاكل معينة تعيق الإنتاج. وخاصة الأمراض والحشرات التي يمكن أن تصيب هذه النباتات.

من خلال هذا العمل ، نطمح إلى إدخال تقنية تعتمد على معالجة الصور والذكاء الاصطناعي للكشف عن أمراض النبات بأسرع ما يمكن خلال فترة النمو وبالتالي السماح بدعم أفضل.

الكلمات المفتاحية: الاستشعار ، الزراعة الذكية ، الذكاء الاصطناعي

## LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Production, consommation , importation de blé .....	7
Tableau 2 : production de dattes en Algérie .....	9
Tableau 3 : OV7670Pinout.....	40
Tableau 4 : Format YCbCr422 de la caméra OV7670.....	44

# LISTE DES FIGURES

---

---

Figure 1 : Cycle Végétal du Blé .....	5
Figure 2 : Production, consommation et importation de blé en Algérie.....	6
Figure 3 : Une photographie d'un palmier Dattier .....	8
Figure 5 : production de dattes en Algérie .....	9
Figure 6 : Carte montrant la répartition des palmiers dattiers en Algérie .....	10
Figure 7 : Cycle de vie du palmier dattier.....	11
Figure 8 : Symptômes Fusarium Head Blight/Scab on wheat .....	15
Figure 9 : Symptômes of Fusarium .....	15
Figure 10 : PDA Petri plate containing an isolate of Fusarium spp. ....	15
Figure 11 : Étapes de l'infection par la rouille brune .....	16
Figure 12 : Etape de l'infection rouille de la tige .....	17
Figure 13 : Etape de l'infection de la rouille rayée.....	18
Figure 14 : Symptômes de l'infection par le ver des dattes .....	19
Figure 15 : Étapes de l'infection par une araignée de poussière .....	20
Figure 16 : Premier Symptôme du Bayoud .....	21
Figure 17 : Stade final de la maladie .....	21
Figure 18 : Panorama des domaines de l'IA.....	24
Figure 19 : Modèle Deep Learning .....	25
Figure 20 : Type de machine learning .....	26
Figure 21 : Difference entre Machine Learning & Deep Learning .....	27
Figure 22 : Réseau de neurone .....	28
Figure 23 : Exemple d'architecture d'un CNN .....	29
Figure 24 : Classification plot imageNet .....	29
Figure 25 : Architecture d'AlexNet .....	32

# LISTE DES FIGURES

---

---

Figure 26 : Architecture générale d'un nœud capteur sans fil .....	34
Figure 27 : Schéma de principe de la surveillance d'un champs agricole par WSN .....	35
Figure 28 : La carte Arduino UNO .....	36
Figure 29 : Principales parties de la carte Due.....	38
Figure 30 : Module Camera OV7670.....	39
Figure 31 : Le schéma fonctionnel du module de caméra OV7670.....	41
Figure 32 : Le câblage ArduinoUno avec Camera OV7670.....	44
Figure 33 : Réalisation finale .....	45
Figure 34 : Les bus et connexions entre Arduino et Camera OV7670 (Nœud capteur) .....	46
Figure 35 : Organigramme de l'initialisation de la caméra OV7670 (Arduino) .....	49
Figure 36 : Organigramme de la communication I2C (Arduino) .....	49
Figure 37 : Organigramme de capture d'images (Arduino) .....	50
Figure 38 : Algorithme de réception et génération des images au niveau du (PC).....	51
Figure 39 : les photos de la base de données du blé.....	54
Figure 40 : photo de la base de données du palm.....	55
Figure 41 : Vérification de l'installation de la boîte à outils Deep Learning .....	55
Figure 42 : Téléchargement du modèle AlexNet .....	56
Figure 43 : Vérification de l'installation d'Alexnet .....	56
Figure 44 : Évolution de la précision et de la perte dans la base de données sur le blé.....	58
Figure 45 : Graphique de l'évolution de la précision au fil des époques.....	59
Figure 46 : Graphique de l'évolution de la perte au fil des époques .....	59
Figure 47 : Évolution de la précision et de la perte dans la base de données sur le palm.....	60
Figure 48 : Graphique de l'évolution de la précision au fil des époques.....	61
Figure 49 : Graphique de l'évolution de la perte au fil des époques .....	61
Figure 50 : Résultats de recherche d'image similaire à l'image d'entrée (Rouille) .....	65

# LISTE DES FIGURES

---

---

Figure 51 : Résultats de la distance euclidienne (Rouille).....	66
Figure 52 : Résultats de recherche d'image similaire à l'image d'entrée (Healthy).....	66
Figure 53 : Résultats de la distance euclidienne (Healthy).....	67
Figure 54 : Résultats de recherche d'image similaire à l'image d'entrée (Rouille 40).....	67
Figure 55 : Résultats de la distance euclidienne (Rouille).....	68
Figure 56 : Résultats de recherche d'image similaire à l'image d'entrée (healthy) .....	68
Figure 57 : Résultats de la distance euclidienne (palme ) .....	69
Figure 58 : Résultats de recherche d'image similaire à l'image d'entrée (Septoria) .....	69
Figure 59 : Résultats de la distance euclidienne (Septoria) .....	70
Figure 60 : L'analyse de similarité d'images révèle des résultats incohérents .....	70
Figure 61 : Résultats de la distance euclidienne (Septoria) .....	71
Figure 62 : L'analyse de la similarité des images révèle des résultats incohérents .....	71
Figure 63 : L'analyse de la similarité des images révèle des résultats incohérents .....	72

# LISTE DES ABRÉVIATIONS

---

---

A/N : Analogique-Numérique

AC-DC : Alternative Current/Direct Current

ARM : Advanced RISC Machine

AVR : Automatic Voltage Regulator

CIF : Common Intermediate Format

CAN : Convertisseur Analogique Numérique

COM : Communication

CPU : Central Processing Unit

DL : Deep Learning

Dout : Data Output

DSP : Digital Signal Processor

EEPROM : Electrically Erasable Programmable Read Only Memory

FP : False Positiv ( Faux positif)

FN : False Negative (Faux Ngatif)

FTDI: Future Technology Device International

FIFO : First Input First Output

GHz : Giga Hertz

GO : Giga Octet

GND : Ground

GPU : Graphics Processing Unit

HR : High-Resolution

HREF : Horizontal Reference

# LISTE DES ABRÉVIATIONS

---

---

ICSP : In Circuit Serial Programming

IDE : Integrated Development Environment

I2C : Inter-Integrated Circuit

JPG : Joint Photographic Expert Group

K $\Omega$  : Kilo Ohm

LED : Light-Emitting Diode

MCU : Micro Controller Unit

ML : Machine Learning

MLI : Modulation en Largeur d'impulsions

NN : Neural Network

OS : Operating System

PC : Personal Computer

PCLK : Pixel Clock

PWM : Pulse Width Modulation

PX : Pixel

RAM : Random Access Memory

SCL : Serial Clock

SCCB : Serial Camera Control Bus

SDA : Serial Data

SMS : Short Message Service

SRAM : Static Random Access Memory

TP : True Positive ( Vrai Positif)

# LISTE DES ABRÉVIATIONS

---

---

TN : True Negative (Vrai Ngatif)

USB : Universal Serial Bus

VCC : Common Collector Voltage

VGA : Video Graphics Array

VGG : Visual Geometry Group

VSYNK : Vertical Sync

XCLK : External Clock

YCbCr : Green (Y), Blue (Cb), Red (Cr)

YUV : Luminance (Y), blue–luminance (U), red–luminance (V)

WSN : Wireless Sensor Network

# SOMMAIRE

Introduction générale.....	1
<b>CHAPITRE 1: Contexte et problématique</b>	
1. Introduction .....	3
2. Le blé .....	4
2.1 Définition du plant de blé .....	4
2.2 Différents types de blé .....	5
2.3 Les cycle du blé.....	5
2.4 Production Algérienne de céréales .....	6
3. Palmier .....	7
3.1 Description.....	7
4. Culture de palmier dattier en Algérie .....	8
5. Variétés de dattes Algérie .....	9
5.1 Dattes molles (humides) .....	9
5.2 Dattes demi-sèches .....	10
5.3 Dattes sèches .....	10
6. Zones de cultures de dattes .....	10
7. Étapes de la vie du palmier dattier .....	11
8. Conclusion : .....	11
<b>CHAPITRE 2 : Les maladies de deux plantes</b>	
1. Introduction :.....	13
2. Les maladies du blé en Algérie :.....	13
2.1 Fusariose de l'épi .....	13
2.2 Rouille des feuilles .....	16
2.2.1 Rouille brune .....	16
2.2.2 Rouille de la tige (rouille noire) .....	16
2.2.3 Rouille rayée (rouille jaune) .....	17
3. Les problèmes de la culture du palmier en Algérie.....	18
3.1 Les maladies du palmier en Algérie .....	18

3.1.1	Ver des dattes .....	18
3.1.2	Araignée de poussière (Albu farwa) .....	19
3.2	La méthode traditionnelle de pollinisation .....	21
3.3	Problèmes liés aux variétés de dattes .....	21
4.	Conclusion : .....	22

### CHAPITRE 3 :Intelligence Artificielle

1.	Introduction : .....	23
2.	L'Intelligence Artificielle (IA) .....	23
3.	Le Deep Learning .....	24
4.	Machine Learning .....	25
5.	La différence entre ML et DL .....	26
6.	Les ‘‘Convolutional Neural Networks (CNN)’’ .....	27
7.	Architectures de CNN .....	28
7.1	LeNet-5 (1998).....	30
7.2	Alex Net (2012).....	30
7.3	ZFNet (2013).....	30
7.4	GoogLeNet (2014).....	30
7.5	VGGnet (2014).....	30
7.6	ResNet (2015) .....	31
8.	AlexNet .....	31
9.	Exemples applications de l'IA en agriculture .....	32
9.1	Traitement d'images .....	32
9.2	Apprentissage automatique .....	32
9.3	Réseaux de neurones convolutifs (CNN).....	32
10.	Comment utiliser IA pour la détection des maladies des plantes ? .....	32
11.	Conclusion .....	33

### CHAPITRE 4 : Simulation Arduino et Matlab

1	Introduction .....	34
2.	La carte ArduinoUno .....	35
2.1	Les caractéristiques techniques de la carte Arduino Due.....	37
.3	Camera OV7670 .....	38

3.1	OV7670 Pinout .....	39
3.2	Schéma fonctionnel OV7670 .....	40
3.3	Caractéristiques techniques .....	41
3.4	Application d'ov7670 .....	42
3.5	Formats vidéo utilisés par l'OV7670 .....	42
4.	Circuit Diagramme .....	44
5.	Réalisation finale .....	44
6.	Méthodologie .....	45
6.1	Rappel sur la partie matérielle.....	46
6.2	Programmation de la caméra OV7670 à l'aide d'un Arduino.....	46
7.	Résultats et discussion sur le nœud capteur.....	51
8.	Langage de programmation .....	52
9.	Le transfert d'apprentissage .....	52
10.	Méthodologie .....	53
10.1	La base de données .....	53
11.	Installation d'un réseau CNN sur MATLAB .....	55
12.	Mesure de la précision d'une base de données .....	56
13.	Analyse de code .....	62
13.1	Résultats obtenus après analyse avec AlexNet .....	65
13.2	Résultats obtenus après analyse avec VGG16 .....	71
14.	La différence entre AlexNet et VGG16 .....	72
15.	Comparaison entre ALEXNET et VGG .....	73
16.	Conclusion .....	74
	Conclusion Générale.....	75

# INTRODUCTION GÉNÉRALE

## Introduction générale

---

---

L'Algérie est un pays où l'agriculture joue un rôle essentiel dans son économie et sa sécurité alimentaire. Parmi les cultures les plus importantes du pays, le blé et les dattes qui occupent une place prépondérante. Le blé est une céréale fondamentale pour la production de pain, un aliment de base dans l'alimentation des Algériens. Quant aux dattes, elles sont non seulement une source de nourriture nutritive, mais aussi un produit d'exportation essentiel.

Cependant, ces cultures vitales sont confrontées à de nombreux défis, notamment les maladies des plantes qui peuvent causer d'importants dommages économiques. Il est donc primordial de pouvoir détecter rapidement et précisément les maladies affectant le blé et les dattes afin de mettre en place des mesures de prévention et de contrôle adéquates.

C'est là qu'intervient l'utilisation de système embarqué de faible coût à l'instar de l'Arduino connecté à un appareil photo et associé au code MATLAB. Ce système permet de capturer une image de la plante affectée, de l'envoyer à un ordinateur pour analyse et d'extraire des informations précieuses à partir de cette image. Le code MATLAB est spécialement conçu pour extraire les caractéristiques importantes de l'image saisie et pour rechercher des images similaires dans une base de données préalablement constituée.

La bibliothèque AlexNet, intégrée à MATLAB, joue un rôle clé dans cette approche. Elle permet de comparer l'image d'entrée avec les images de référence présentes dans la base de données. Cette comparaison aide à identifier les maladies spécifiques affectant les cultures du blé et des dattes, facilitant ainsi leur reconnaissance et leur traitement approprié.

L'utilisation de cette technologie offre de nombreux avantages, notamment la détection précoce des maladies, ce qui permet de prendre des mesures rapides pour limiter leur propagation et minimiser les pertes économiques. De plus, elle permet également de guider les agriculteurs dans leurs décisions en matière de gestion des cultures, en leur fournissant des informations précises sur les maladies spécifiques et les méthodes de traitement recommandées.

En résumé, l'utilisation de l'Arduino, ou tout autre système embarqué de faible coût, connecté à un appareil photo et d'un code MATLAB avec la bibliothèque AlexNet offre une méthode prometteuse pour détecter les maladies des plantes du blé et des dattes en Algérie. Cette approche peut jouer un rôle crucial dans la préservation de la santé des cultures et dans le

## **Introduction générale**

---

---

---

maintien de la productivité agricole, contribuant ainsi à la sécurité alimentaire du pays et à la prospérité des agriculteurs.

# CHAPITRE 1

Contexte et problématique

### **1. Introduction :**

L'agriculture est considérée comme l'épine dorsale de l'économie du pays et diverses tactiques sont mises en œuvre afin de maintenir la conscience de produire de bonnes récoltes, exemptes de maladies. La qualité et la quantité de grains et de produits alimentaires que nous obtenons par les plantes dépendent de la santé de la plante, et la santé de la plante est directement proportionnelle au profit que nous réalisons. Divers produits agricoles sont pertinents et diffèrent d'un pays à un autre. En Algérie, les céréales et en particulier le blé est le produit agricole numéro 1 compte tenu de son importance en tant aliment de premier ordre pour notre population. Néanmoins, d'autres produits agricoles en Algérie sont aussi importants compte tenu de la production nationale et de leurs intérêts commerciaux. Les dattiers font partie prenante de ces produits agricoles que l'Algérie leur octroi un intérêt très particulier. Nous nous sommes donc intéressés dans notre travail de fin d'études à ces deux produits agricoles phares et de première pertinence en Algérie.

La culture du blé s'est aujourd'hui répandue dans toute la région tempérée du monde, car elle représente une part importante du régime alimentaire de nombreux pays, et les pays arabes produisent environ 17 millions de tonnes de grains de blé, ce qui est bien inférieur aux besoins de consommation de la plupart des pays arabes, qui importent donc plus de 60% de leurs besoins en provenance de pays ayant une production excédentaire comme la Russie, l'Ukraine, les États-Unis, le Canada, la France et l'Australie.

L'expansion de la production agricole est un moyen d'assurer la sécurité alimentaire des individus, surtout pour les pays émergents comme l'Algérie, où la production agricole, surtout dans le domaine des céréales, est oscillante et Fluctuant et ne répond pas aux besoins de la population Elle est en constante expansion en raison de certaines variables qui entravent la production, notamment le climat, les sols et les maladies des cultures céréalières.

Le palmier dattier, connu en arabe sous le nom de palmier, est un arbre béni mentionné dans le Saint Coran. La culture du palmier dattier est un axe majeur de l'écosystème désertique, qui occupe environ 80% de la superficie totale de l'Algérie. L'Algérie se classe au cinquième rang mondial et dans le monde arabe pour la production de dattes. L'Algérie compte 18 millions de palmiers de divers types. La culture du palmier dattier en Algérie et dans tout le monde arabe est d'une grande importance car c'est une culture de subsistance et d'exportation. Les pays européens sont les plus grands marchés d'importation pour les dattes algériennes, et la France

## **Chapitre 1 : contexte et problématique**

---

et la Russie sont parmi les plus gros importateurs de dattes. Comme tout autre produit agricoles les palmiers dattiers peuvent être sujets à plusieurs types maladies et autres parasites qui peuvent réduire le rendement de production et affecter négativement la qualité de la datte produite.

### **2. Le blé :**

Le blé est la culture vivrière la plus importante au monde. Il est adopté par des centaines de millions de personnes dans le monde il est impliqué dans les aliments fabriqués à partir des grains de la plante de blé. Ces grains sont moulus en farine pour les biscuits, le pain, les muffins, les gaufrettes, les pâtes et d'autres aliments. Le blé couvre des parties de la surface de la Terre plus que toute autre culture vivrière. Les principaux pays producteurs de blé dans le monde sont : le Canada, la Chine, la France, l'Inde, la Russie, l'Ukraine et les États-Unis.

#### **2.1 Définition du plant de blé [1] :**

Les céréales sont des plantes de la famille Nigelia, dans leurs graines une substance pleine d'amidon qui se transforme en farine lors de la mouture Il convient à l'alimentation humaine et animale et à certaines industries telles que l'extraction de l'amidon, de l'alcool et de la bière. Et en arabe, si on dit "semer et récolter", on entend par ces plantes pour la plupart, qui sont le blé, l'orge.....' La culture de toutes ces céréales est très similaire, de même que leurs conditions économiques sont similaires, ils sont donc rassemblés en un seul chapitre pour faciliter l'étude de chacun d'eux. Les céréales contiennent les nutriments suivants dans des proportions différentes :

- ✓ Substances azotées (protéines), comme le gluten, l'albumine, la fibrine et la caséine.
- ✓ Glucides à base d'eau (glucides), tels que : amidon, sucre, dextrine, glucose et cellulose.
- ✓ Les graisses et les huiles aromatiques sont volatiles.
- ✓ Les matières minérales, les cendres, telles que la chaux et les phosphates de manganèse. Et des sels de potasse, de noir, de chaux et de soufre [1].

# Chapitre 1 : contexte et problématique

## 2.2 Différents types de blé [2]

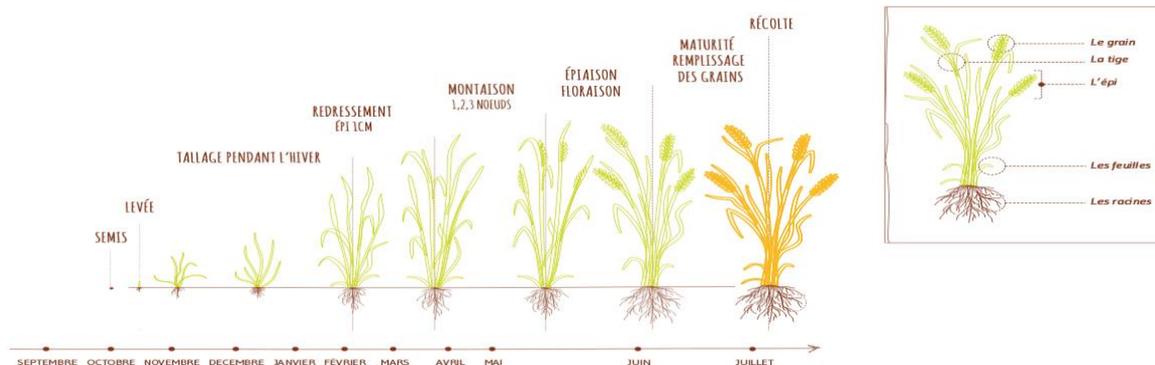
Le genre *Triticum* compte plusieurs espèces, dont :

- ✓ *Triticumaestivum*, ou blé tendre, généralement appelé blé, qui est fréquemment utilisé en boulangerie.
- ✓ Le *triticumdurum*, ou blé dur, est utilisé dans la production de pâtes et de couscous.
- ✓ *Triticumspelta*, ou épeautre, blé « enrobé » (en allemand Spelz désigne un adverbe).
- ✓ *Triticummonococcum*, pour le petit épeautre ou engrain.
- ✓ *Triticumdicoccum*, pour l'amidonnier. Avant l'apparition de l'agriculture, l'amidonnier sauvage était récolté.

## 2.3 Les cycle du blé [3]

Les 7 étapes de la vie culturale :

- ❖ Le semis : les grains de blé sont semés début octobre,
- ❖ Germination : Les germes de la graine se développent au contact de l'humidité du sol.
- ❖ La levée : la plantule (une petite pousse) apparaît peu de temps après
- ❖ Le tallage : la plante se ramifie pour former une touffe à la fin de l'hiver
- ❖ La montaison : la plante commence à grandir fin avril.
- ❖ L'épiaison : l'épi de blé apparaît fin avril/début mai.
- ❖ La moisson : les grains de l'épi grossissent et mûrissent en juin, c'est alors le début de la moisson.

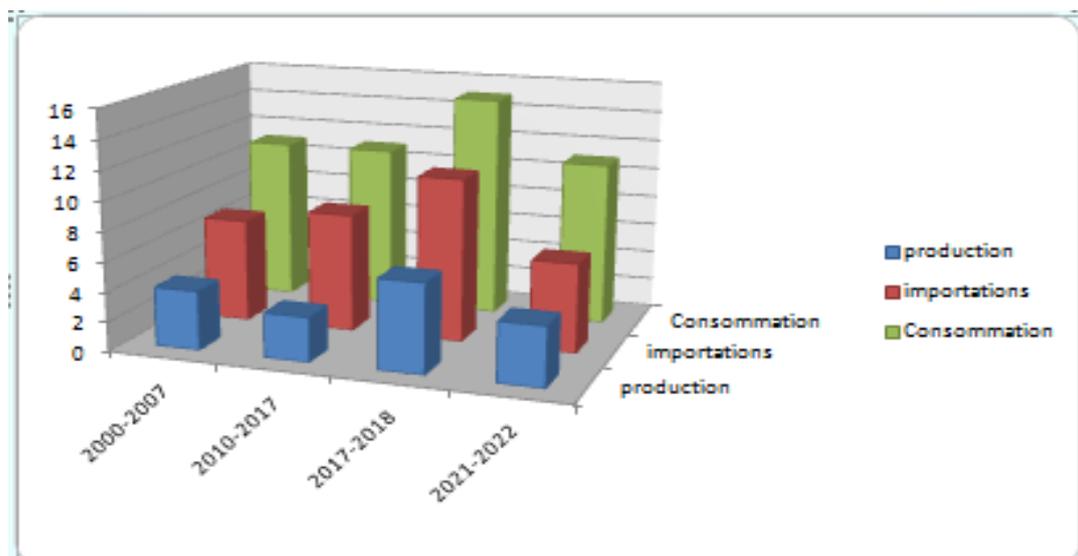


**Figure 1 : Cycle Végétal du Blé [4]**

## Chapitre 1 : contexte et problématique

### 2.4 Production Algérienne de céréales [5]:

La production céréalière de l'Algérie a diminué de 40 %, principalement en raison du déséquilibre climatique et du manque de pluie. L'Algérie a enregistré une baisse significative de la production céréalière de 40% pour la saison de récolte 2020-2021 en raison du manque de pluie, estimant que la situation affecterait négativement l'économie du pays. La production de blé dur (dur) était de l'ordre de 3,17 millions de tonnes en 2018 et de 3,21 millions de tonnes en 2019. Selon les chiffres des autorités agricoles, la production céréalière pour la saison de récolte 2020-2021 est inférieure à celle réalisée lors de la dernière saison, qui s'élevait à 3,9 millions de tonnes. La valeur de la production agricole algérienne s'élevait à 29,1 milliards de dollars en 2019, selon un rapport publié par le Centre des statistiques agricoles du ministère algérien de l'Agriculture. La superficie cultivée est estimée à 8,6 millions d'hectares. L'Algérie est l'un des pays qui consomme le plus de pain blanc à base de blé tendre. L'Algérie importe 7 millions de tonnes de céréales par an, dont du blé des deux types .



**Figure 2 :** Production, consommation et importation de blé en Algérie

## Chapitre 1 : contexte et problématique

---

**Tableau 1** : production, consommation ,importation de blé en Algérie

Années	production	importations	Consommation
2000-2007	4.12	2,4	11
2010-2017	3.12	4,4	11
2017-2018	6.05	11	15
2021-2022	3.5	6	11
2022-2023	3.3	7.8	11.15

### 3. Palmier [6]

C'est l'un des plus anciens arbres fruitiers du monde et il est mentionné dans le Coran et la Bible. Il y a environ 100 millions de palmiers dans le monde, dont 62 millions de palmiers se trouvent dans le monde arabe. Le palmier dattier est un palmier largement cultivé pour ses fruits comestibles. En raison de sa longue histoire en tant que producteur de fruits, sa distribution originale exacte est inconnue, mais il est probablement originaire quelque part dans les oasis désertiques d'Afrique du Nord, et peut-être aussi en Asie du Sud-ouest. Sur le plan commercial, la région Moyen-Orient et Afrique du Nord est la plus importante région de production de palmiers dattiers au monde.

#### 3.1 Description [6]:

Le palmier dattier est une plante vivace, car ses femelles commencent généralement à porter des dattes dans les cinq ans en moyenne à partir du moment où la branche est plantée. Le palmier a une durée de vie moyenne 150 ans environ. C'est un arbre de taille moyenne, de 15 à 25 m de haut, souvent regroupé avec plusieurs troncs d'un système unipodal, mais poussant souvent isolément. Les feuilles sont pennées, de 3 à 5 m de long, avec des épines sur le pétiole et environ 150 folioles ; Les folioles mesurent 30 cm de long et 2 cm de large. L'étendue totale de la couronne est de 6 à 10 m et la grande inflorescence peut contenir de 6 000 à 10 000 fleurs. Les petites fleurs parfumées (la femelle est blanche, le mâle est cireuse et crème), portées par des spadices ramifiés. Le fruit est oblong, de 2,5 à 7,5 cm de long, brun foncé, rougeâtre ou brun jaunâtre à maturité avec une peau fine ou épaisse, une chair sucrée (astringente jusqu'à pleine maturité) et un seul noyau cylindrique, mince et très dur rainuré côté.



**Figure 3 :** Une photographie d'un palmier Dattier

#### **4. Culture de palmier dattier en Algérie [7] :**

Date Palm est considéré comme l'une des cultures en bois les plus importantes plantées au Moyen-Orient et en Afrique du Nord régionalement, et c'est un bon candidat pour améliorer les cultures agricoles dans des environnements secs. Cependant, les générations de longue date (5-8 ans) et de dioecy (arbres séparés pour les hommes et les femmes) ont conduit à la complexité de leur culture et de leur analyse génétique. Datte Palm est l'un des plus anciens arbres cultivés au monde, avec des preuves de domestication datant de plus de 5 000 ans.

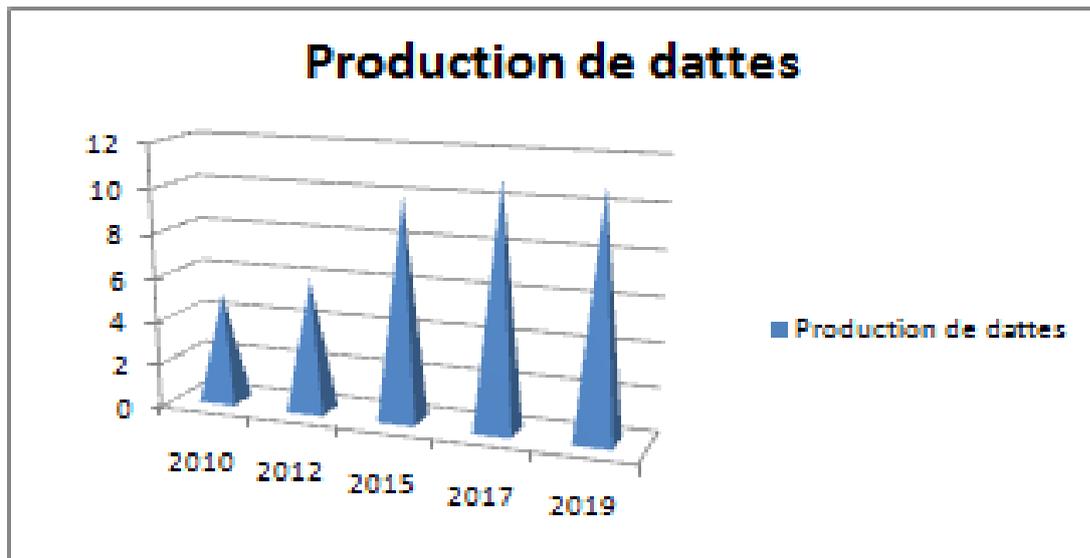
Il explique l'importance historique de ces types de nutrition humaine, et les palmiers sont nécessaires à l'agriculture dans de nombreuses régions chaudes et sèches, et l'Algérie produit les meilleurs types de dattes. L'Algérie occupe une place de choix dans la culture de la palme et les dattes de la production, et les oasis algériennes se distinguent par des caractéristiques distinctives, et en particulier la Deglat Nour, qui est l'une des dattes les plus célèbres et les plus importantes, est vendue au pays et à l'étranger. L'Algérie [7] possède 18 millions de palmiers et produit 900 mille tonnes de ce produit agricole chaque année, car il exporte 5% ou 45 000. Des tonnes de production totale.

## Chapitre 1 : contexte et problématique

**Tableau 2 [8] :** Evolution de la production de dattes en Algérie

2010	2012	2015	2017	2019
550000	600096	990370	1100000	1136000

D'après le tableau 2, on note que la production de dattes en Algérie est en constante augmentation puisqu'elle a doublé en moins de dix ans.



**Figure 4 :** production de dattes en Algérie

### 5. Variétés de dattes Algérie [9] :

Les dattes algériennes sont un produit économique important et une source de devises fortes, et il existe plusieurs façons de les consommer. Il est consommé frais, séché ou transformé sous de nombreuses formes, il existe nombreuses variétés en Algérie avec des caractéristiques différentes:

#### 5.1 Dattes molles (humides) :

Ces dattes se caractérisent par leur faible teneur en sucre, humidité, mangée au stade humide, ne peut pas être stockée pendant longtemps si des méthodes de conservation ne sont pas utilisées par exemple ghers, Humira, takrmust.

## Chapitre 1 : contexte et problématique

### 5.2 Dattes demi-sèches :

Ce groupe peut être conservé longtemps comme : Dégât Nour, takrbus, azroud.

### 5.3 Dattes sèches :

Les dattes mûres deviennent complètement sèches à faible humidité, il est riche en sucre et bien sûr il se conserve longtemps : MechDegla, Deglat Beidha, Deglat Msehhl. [10]

## 6. Zones de cultures de dattes [10] :

La culture du palmier se trouve en Algérie dans les régions désertiques :

- Sud-est : Biskra, Oued et Ouargla.
- Centre Sud : Ghardaïa, Tamanrasset, Illizi.
- Sud-ouest : Adrar, Béchar.

Le reste des wilayas : Laghouat, Batna, Tébessa, Djelfa, El Bayadh, Tindouf, Khenchela, Naama.

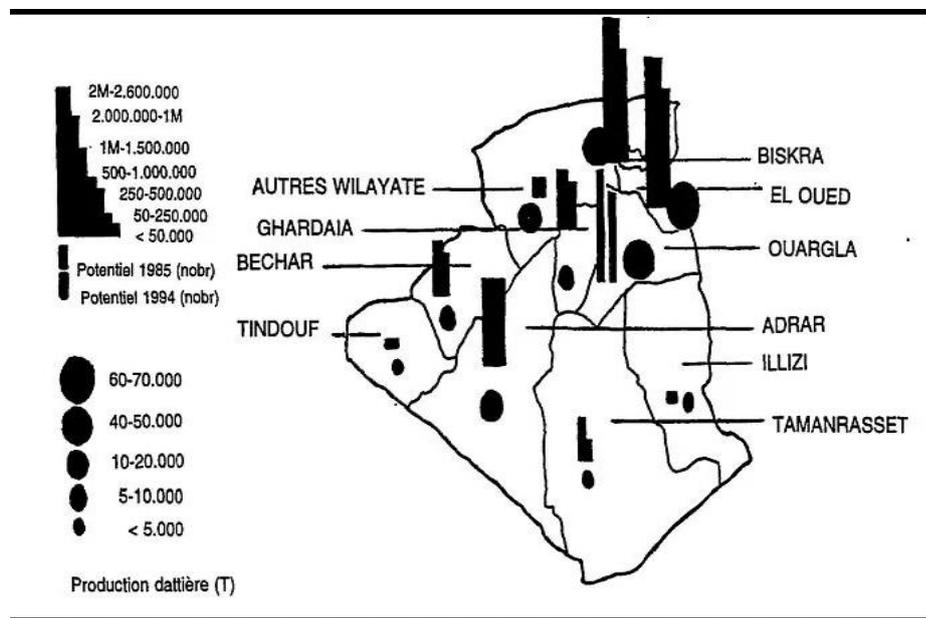


Figure 5 : Carte montrant la répartition des palmiers dattiers en Algérie

### 7. Étapes de la vie du palmier dattier [11] :

Le cycle de vie d'un palmier dattier peut être exprimé en quatre étapes :

- La première étape : stade de croissance et de développement végétatif (5-7ans).
- La deuxième étape : Fatwa : La période d'entrée en production et de fructification (30 ans).
- La troisième étape : Puberté : le début de la baisse de production (60 ans)
- La quatrième étape : le vieillissement : la production s'arrête (80 ans et plus) [11]



**Figure 6 :** Cycle de vie du palmier dattier

### 8. Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons passé en revue la culture du blé et des palmiers dattiers en Algérie. Nous avons ainsi exposé les différentes statistiques de production, de consommation et d'importation relatives à ces deux produits importants aussi bien pour la sécurité alimentaire de notre pays, spécialement pour le blé, mais aussi pour l'apport économique surtout en ce qui concerne les palmiers dattiers.

# CHAPITRE 2

Les maladies des deux plantes

## **1. Introduction :**

Les cultures du blé et du palmier dattier en Algérie sont exposées à des problèmes qui entraînent une baisse de la production, un faible rendement et une réduction de la qualité. Les plus importants de ces problèmes sont les maladies graves, les herbes parasites et le manque d'eau. Les méthodes traditionnelles de pollinisation des palmiers dattiers provoquent également leur carence. Il est donc important de proposer des solutions, de diverses natures, pour répondre à ces problèmes. Mais avant de proposer des solutions il faut savoir diagnostiquer ces pathologies et/ou parasites et bien les identifier.

## **2. Les maladies du blé en Algérie :**

### **2.1 Fusariose de l'épi [12] :**

Les pluies abondantes et les conditions chaudes pendant la floraison des cultures en 2010 ont entraîné la première apparition significative et généralisée de la fusariose dans les cultures de blé, de blé dur et d'orge dans le sud du Queensland. Cela a entraîné un déclassement important de certaines cultures. Jusqu'à récemment, la fusariose a été signalée de manière irrégulière et dans des zones isolées de la région nord de l'Australie. Les infections les plus importantes dans le passé ont eu lieu dans les cultures de blé dur des plaines de Liverpool à la fin des années 1990. La fusariose est une maladie fongique qui peut se produire sur de nombreuses espèces de graminées, y compris les cultures et les mauvaises herbes. Lorsqu'elle est présente dans les cultures, elle est plus fréquente dans le blé, le blé dur et l'orge. Il s'agit d'une maladie fréquente et répandue dans les principales zones de production de blé, où de nombreuses recherches sur son contrôle sont en cours depuis plus de 20 ans. La fusariose de l'épi peut entraîner des pertes de rendement importantes et des baisses de qualité. Les principales pertes de rendement sont dues principalement à la stérilité des fleurons. Des pertes supplémentaires de rendement et de qualité peuvent survenir lorsque des grains légers endommagés et racornis sont produits à cause de l'infection. Des réductions de qualité peuvent également se produire en raison de la décoloration des graines, qui varie du gris blanchâtre au brun en passant par le rose. L'infection fongique peut parfois être associée à la production d'une toxine (mycotoxines). Si des toxines fongiques sont produites dans les semences infectées, le grain est souvent inacceptable pour certaines utilisations finales et déclassé sur le marché en

fonction de la concentration de toxine présente. Les niveaux de toxines et l'infection fongique ne peuvent être estimés avec précision à partir de l'apparence visuelle.

- a) Symptôme [13] : La maladie touche le plus souvent le blé, mais peut également affecter l'orge, l'avoine, le seigle et certaines graminées fourragères. La FHB est mieux identifiée par le blanchiment des fleurons de l'épi ou de la tête. Une infection grave peut causer l'alternariose ou blanchir tout l'épi. D'autres symptômes incluent une décoloration de la base de la tête du bronzage au brun. Le mycélium rose/orange est généralement présent à la base des fleurons dans des conditions humides, des grains flétris, d'apparence blanche et crayeuse - ressemblant à des pierres tombales dans le mycélium plus tard dans le processus d'infection. Les épillets malades et blanchis sont stériles ou contiennent des graines ratatinées/décolorées (généralement avec une teinte de rose ou d'orange). Une boîte de Pétri PDA contenant un isolat de *Fusarium* Acting. (Photo : Alfredo Martinez). Les symptômes de la FHB peuvent être confondus avec diverses maladies des racines et de la couronne, qui provoquent le blanchiment de toute la tête. Les symptômes de la brûlure alternarienne peuvent également être confondus avec la peau noire et les taches brunes, qui provoquent une décoloration du fourrage et des graines. Ces maladies ne causeront pas de décoloration du grain ou de la tige (pédoncule).



**Figure 7** : Champ de blé présentant une grave brûlure fongique de l'épi (FHB)



**Figure 3** : Symptômes Fusarium Head Blight/Scab on wheat



**Figure 4** : Symptômes of Fusarium



**Figure 5** : PDA Petri plate containing an isolate of *Fusarium* spp.

## 2.2 Rouille des feuilles :

### 2.2.1 Rouille brune [14] :

a) Symptômes : Elle est causée par un champignon appelé *Puccinia triticina*, qui ne s'attaque qu'aux feuilles. La maladie apparaît, à partir de février, sur la face supérieure des feuilles. Il provoque des pertes moyennes en cas de blessure grave et précoce, car il laisse des traces sur la main au toucher sous la forme d'une poudre brun clair qui ressemble à de la rouille de fer, et à la fin de la saison, il se transforme en une couleur noir brun foncé. Pour lutter contre ce champignon, des variétés résistantes sont utilisées pour permettre à la culture de mûrir avant que l'infection ne devienne grave.

b) Développement : L'infection primaire est généralement bénigne et se développe à partir de spores utérines transportées par le vent qui peuvent avoir parcouru de longues distances. La maladie peut se développer rapidement lorsqu'il y a de l'humidité libre et des températures proches de 20°C. Des générations successives de spores peuvent être produites tous les 10 à 14 jours si les conditions sont réunies. À mesure que les plantes mûrissent ou lorsque les conditions environnementales sont défavorables, des touffes de spores noires peuvent apparaître [14].



**Figure 6 :** Étapes de l'infection par la rouille brune

### 2.2.2 Rouille de la tige (rouille noire) [14] :

a) Symptômes : Les pustules (contenant des masses de spores) sont de couleur brun rougeâtre foncé. La maladie apparaît à partir de fin mars sur la surface des feuilles, sur les tiges et sur les bosses. Dans le cas d'infections bénignes, les cloques sont généralement discrètes et

dispersées, mais dans le cas d'infections graves, elles peuvent fusionner. Avant la formation de l'ampoule, des "taches" peuvent apparaître. Avant que les masses de spores ne pénètrent dans la peau, les sites d'infection sont rugueux au toucher, Au fur et à mesure que les masses de spores pénètrent, les tissus de surface prennent un aspect rugueux et déchiré

b) Développement : L'infection primaire est généralement bénigne et se développe à partir de spores utérines transportées par le vent qui peuvent avoir parcouru de longues distances. La maladie peut se développer rapidement en présence d'humidité libre (pluie ou rosée) et de températures modérées. Si les températures avoisinent les 20°C ou plus, la première génération de spores sera produite en 10-15 jours. À mesure que la plante mûrit, des masses de spores noires peuvent être produites



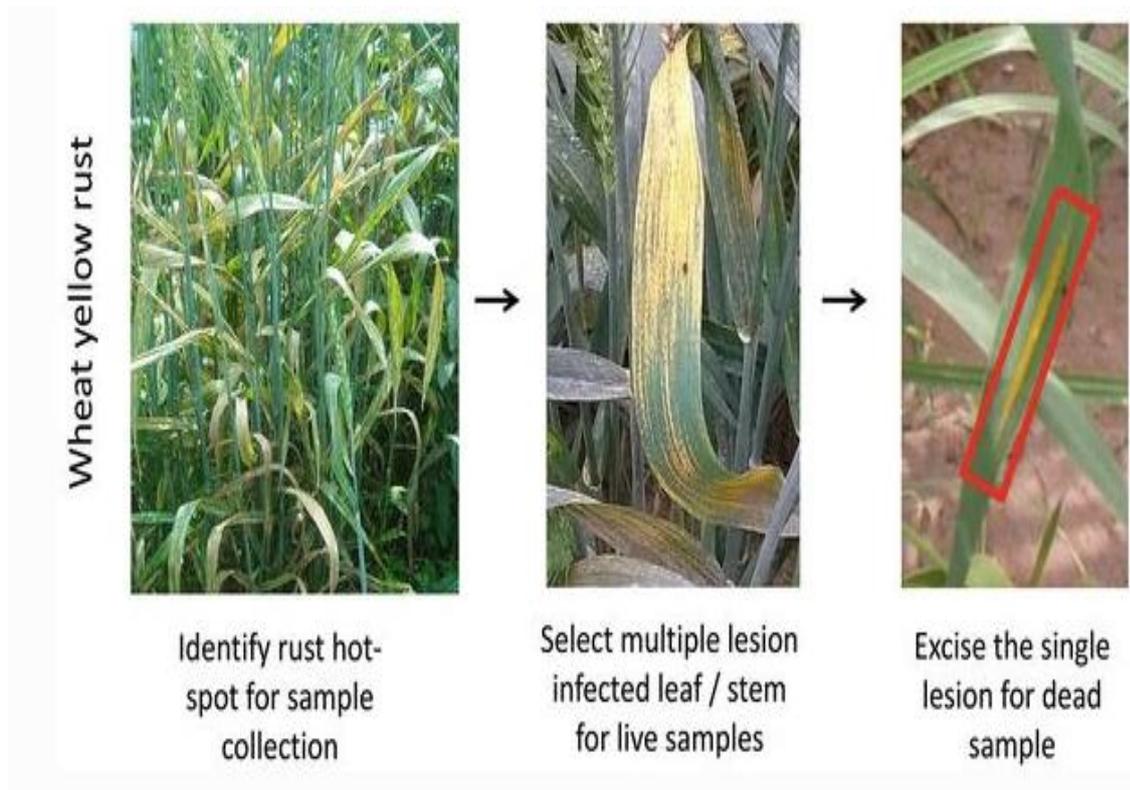
**Figure 7** : Etape de l'infection rouille de la tige

### 2.2.3 Rouille rayée (rouille jaune) [14] :

a) Symptômes : C'est le blé le plus dangereux, et il est causé par un champignon appelé striformis *Puccinia triticis* pf, qui attaque à la fois les feuilles et les épis et provoque une perte de récolte élevée et dévastatrice, et la maladie apparaît à partir de fin janvier, qui contient spores jaunes ou jaune orangé, lignes étroites sur les feuilles.

b) Développement : L'infection primaire est causée par des spores utérines transportées par le vent qui peuvent avoir parcouru de longues distances. La maladie peut se développer

rapidement en présence d'humidité libre (pluie ou rosée) et de températures comprises entre 10 et 20°C. À des températures supérieures à 25 °C, la production de spores d'uréidioïdes diminue ou s'arrête et des spores noires sont souvent produites



**Figure 8 :** Etape de l'infection de la rouille rayée

### 3. Les problèmes de la culture du palmier en Algérie

#### 3.1 Les maladies du palmier en Algérie

Les palmiers en Algérie sont exposés à de nombreuses maladies qui entraînent des pénuries de produits et une détérioration de la qualité.

##### 3.1.1 Ver des dattes [15] :

a) Classement des insectes :

- Le nom scientifique : *Ectomyeloisceratoniae* Zeller
- Rang : Lepidoptera
- La famille : Pyralidae

b) Son effet : Cet insecte cause des dégâts estimés à environ 30% de la production, et donc les dattes deviennent impropres à la consommation humaine, car elles sont données comme fourrage pour le bétail [16].



**Figure 9** : Symptômes de l'infection par le ver des dattes

3.1.2 Araignée de poussière (Albu farwa) [15] :

a). Classement des insectes :

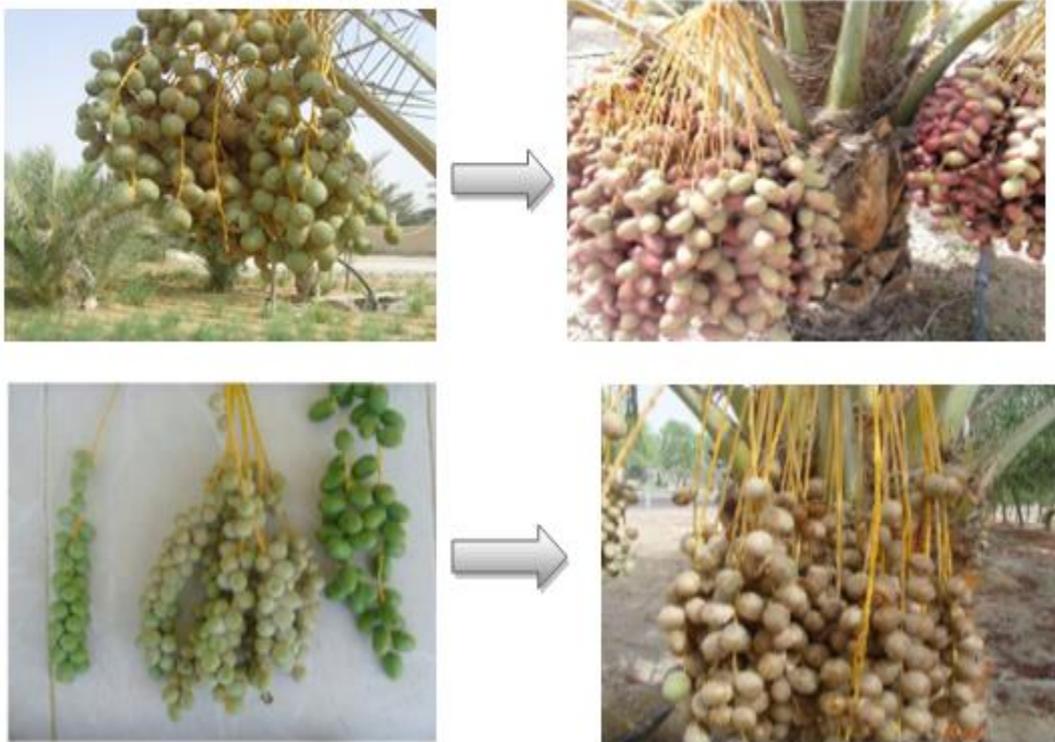
- Le nom scientifique : *Oligonychus afrasiaticus*
- Rang : Acariens
- La famille : Tetranychidae

b). Son effet : Il aspire le jus du fruit et l'extrait avant qu'il ne soit mûr. Les facteurs climatiques, notamment la température (35°-45°), sont des facteurs favorables à la propagation de la maladie, qui provoque des pertes allant jusqu'à 80 % des récoltes de palmiers [16].

La brûlure de Bufarwa constitue une grande menace pour les zones de production de dattes dans l'État d'El Oued, en particulier la variété Deglet Nour, en raison de sa plus grande sensibilité à cette maladie [17].

c). Étapes de l'infection par une araignée de poussière :

- Les fruits des dattes sont colorés en rouge à la suite d'une infection
- L'extension de la coloration des dattes en rouge
- Les dattes changent de couleur et deviennent plus petites
- Fruits de datte fissurés et durcis à la suite d'une grave infection par les acariens



**Figure 10** : Étapes de l'infection par une araignée de poussière

- a. Bayoud Disease [18] : C'est une maladie causée par un champignon du sol (*Fusarium oxysporum f. sp. albedinis*) considérée comme la maladie la plus dangereuse et la plus destructrice d'Afrique du Nord, cette maladie s'est propagée à l'ouest de l'Algérie et a endommagé 3 millions de palmiers dattiers
- b. Son effet : aggravation de la désertification, menacent les oasis et pertes pour les agriculteurs du palmier
- c. Symptômes d'infection de Bayoud Disease [18] :
  - ✓ Blessure à la couronne médiale de la palme
  - ✓ Raideur latérale d'une feuille de palmier
  - ✓ Mycélium du champignon responsable et la mort des tissus
  - ✓ La mort des palmiers



**Figure 11** : Premier Symptôme du Bayoud



**Figure 12** : Stade final de la maladie

### **3.2 La méthode traditionnelle de pollinisation :**

- Les palmiers femelles nécessitent plusieurs stades de croissance lorsqu'ils sont au milieu de la floraison. Dans certains cas, les palmiers femelles ont une courte période de floraison, ce qui rend la pollinisation plus coûteuse
- Le manque de main-d'œuvre qualifiée dans les zones de production de dattes
- Saison de floraison courte Dans les zones à températures élevées, il devient impossible de polliniser tous les palmiers de la ferme [19].

### **3.3 Problèmes liés aux variétés de dattes :**

L'Algérie possède de nombreuses excellentes variétés de dattes, mais elles sont gravement exposées à la maladie blanche. Malgré l'utilisation de techniques agricoles traditionnelles et modernes par les institutions pour améliorer les palmiers, elles souffrent encore d'un développement lent dans l'amélioration des variétés et la recherche d'autres variétés résistantes à la maladie des œufs. Cela est dû au manque de main-d'œuvre et au manque d'expérience scientifique [20].

#### **4. Conclusion :**

Dans ce chapitre, nous avons énuméré les principaux problèmes auxquels peuvent être confrontés les plantes de blé et les palmiers de dattes, en termes de maladies et d'insectes dangereux qui menacent la production. Nous avons également mentionné des problèmes connexes avec les variétés de dattes en plus des méthodes traditionnelles de pollinisation des palmiers qui provoquent des pénuries de récoltes.

En complément des problèmes énumérés précédemment, l'utilisation de l'intelligence artificielle offre des perspectives prometteuses pour la réduction des maladies et la détection précoce des problèmes dans les plantes de blé et les palmiers de dattes. Les techniques d'apprentissage automatique et de vision par ordinateur peuvent être exploitées pour analyser de grandes quantités de données, telles que des images de feuilles ou des données environnementales, afin d'identifier les signes précurseurs de maladies ou d'infestations d'insectes. Cela permettrait aux agriculteurs de prendre des mesures préventives ciblées, de réduire l'utilisation de pesticides et d'améliorer la santé des cultures. L'intégration de l'intelligence artificielle dans la gestion agricole offre un potentiel significatif pour accroître la productivité et la durabilité des cultures.

# CHAPITRE 3

## Intelligence Artificielle

### 1. Introduction :

L'utilisation de l'intelligence artificielle (IA) et du deep learning a révolutionné de nombreux domaines, y compris l'agriculture moderne. L'une des applications clés dans ce domaine est la découverte et l'analyse des photos. Grâce à des modèles tels qu'AlexNet, un réseau neuronal à convolution profonde (CNN) révolutionnaire, les agriculteurs sont en mesure de tirer parti des avantages de l'IA pour optimiser la gestion de leurs cultures.

La découverte des photos implique l'utilisation d'algorithmes de deep learning pour analyser des images de champs, de plantes et d'animaux. Ces images peuvent fournir des informations cruciales sur la santé des plantes, les infections, les maladies, les parasites, les carences en nutriments et bien plus encore. En appliquant des modèles comme AlexNet, qui a été formé sur de vastes ensembles de données, les agriculteurs peuvent automatiser la détection et la classification de ces éléments clés.

Cette utilisation de la technologie permet aux agriculteurs de prendre des décisions plus éclairées et basées sur des données concrètes. Ils peuvent intervenir de manière plus ciblée, en appliquant des traitements précis et en optimisant l'utilisation des ressources. Cela se traduit par une augmentation de la productivité, une réduction des pertes de récoltes et une meilleure gestion globale des cultures.

**En résumé**, la découverte des photos grâce à des modèles tels qu'AlexNet joue un rôle crucial dans l'agriculture moderne en permettant aux agriculteurs d'analyser de manière automatisée les images des cultures. Cela conduit à une prise de décision plus précise, à une utilisation optimisée des ressources et à une amélioration globale de la productivité et de la gestion agricole

### 2. L'Intelligence Artificielle (IA) [21] :

est le domaine de recherche qui vise à permettre aux machines d'accomplir des tâches qui nécessitent normalement l'intelligence humaine. Le terme "Intelligence Artificielle" a été introduit en 1956, bien que certains préfèrent le terme d'"Informatique Heuristique". Dans ce cours, nous n'aborderons pas les concepts de machines intelligentes ou de programmes intelligents.

## Chapitre 3 : Intelligence Artificielle

Selon une autre définition proposée par J.L. L'urière, l'IA étudie les activités intellectuelles humaines pour lesquelles aucune méthode préalablement connue n'existe. En d'autres termes, il s'agit de tout ce qui n'a pas encore été réalisé en informatique, car une fois qu'une méthode est connue, cela ne relève plus de l'IA.

L'informatique est la science du traitement de l'information, tandis que l'IA se concentre sur les situations où ce traitement ne peut pas être réduit à une méthode simple, précise et algorithmique. Un algorithme est une série d'opérations ordonnées, bien définies, pouvant être exécutées sur un ordinateur actuel et permettant d'obtenir une solution en un temps raisonnable (minutes, heures, mais pas des siècles !).

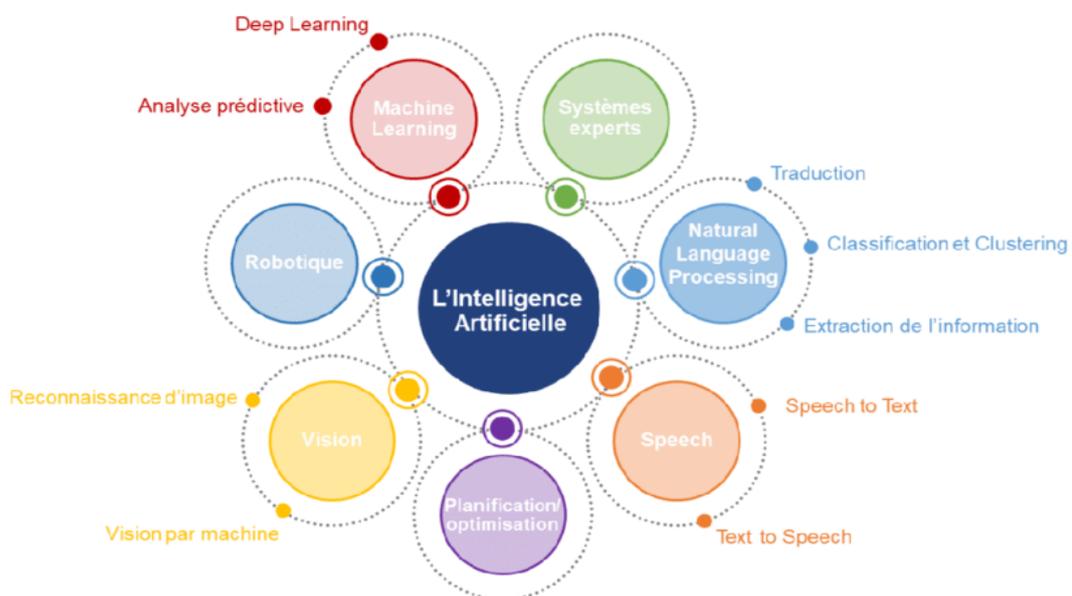


Figure 13 : Panorama des domaines de l'IA

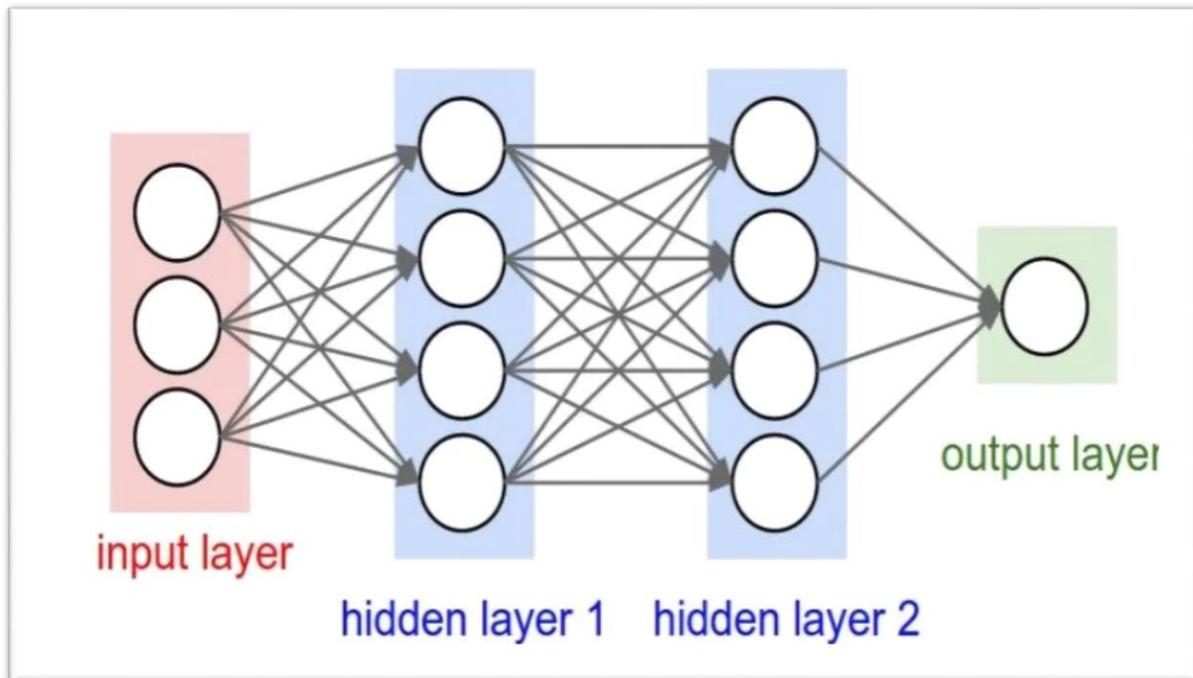
### 3. Le Deep Learning [22] :

Le Deep Learning, également connu sous le nom d'apprentissage profond, englobe un ensemble de techniques utilisées dans le domaine de l'apprentissage automatique, qui ont entraîné des avancées significatives en intelligence artificielle au cours des dernières années. Dans le cadre de l'apprentissage automatique, un programme examine un ensemble de données pour extraire des règles permettant de tirer des conclusions sur de nouvelles données. Le Deep Learning repose sur l'idée de créer des "Réseaux de neurones artificiels" en utilisant des milliers d'unités, appelées "neurones", qui effectuent des opérations simples. Les résultats de la première couche de neurones servent ensuite d'entrée aux calculs de la couche suivante, et ainsi de suite.

## Chapitre 3 : Intelligence Artificielle

---

L'apprentissage profond permet aux modèles informatiques dotés de plusieurs couches de traitement d'apprendre différents niveaux d'abstraction pour représenter les données. Ces techniques ont considérablement amélioré les performances dans des domaines tels que la reconnaissance vocale, la reconnaissance visuelle d'objets, la détection d'objets, ainsi que dans d'autres domaines tels que le développement de médicaments et la génomique.



**Figure 14 :** Modèle Deep Learning

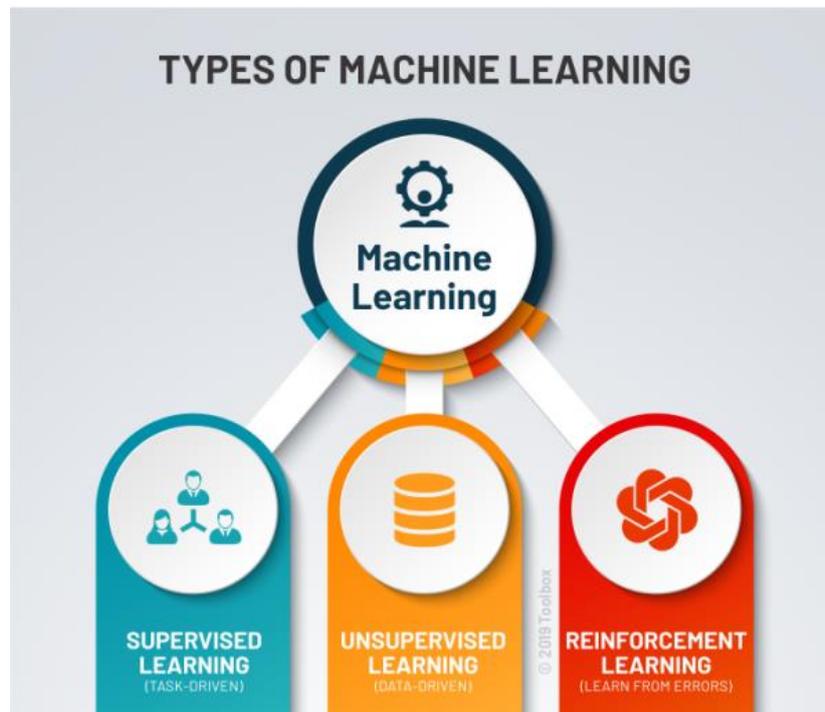
### 4. Machine Learning [23] :

L'apprentissage automatique (ML) est un domaine de recherche scientifique qui se consacre à l'étude des algorithmes et des modèles statistiques utilisés par les systèmes informatiques pour effectuer des tâches spécifiques sans programmation explicite. Les algorithmes d'apprentissage sont omniprésents dans de nombreuses applications que nous utilisons quotidiennement. Par exemple, lorsque nous utilisons un moteur de recherche tel que Google pour effectuer des recherches sur Internet, son efficacité repose en partie sur un algorithme d'apprentissage qui a appris à classer les pages Web. Ces algorithmes sont utilisés dans une variété de domaines tels que l'exploration de données, le traitement d'images, l'analyse prédictive, et bien d'autres encore. L'un des principaux avantages de l'apprentissage automatique est sa capacité à exécuter automatiquement les tâches une fois que l'algorithme a acquis les connaissances nécessaires. Dans cet article, une revue brève mais informative ainsi

## Chapitre 3 : Intelligence Artificielle

---

qu'une perspective sur les futures applications des algorithmes d'apprentissage automatique sont présentées.



**Figure 15 :** Type de machine learning

### 5. La différence entre ML et DL [24] :

La différence entre l'apprentissage automatique (ML) et l'apprentissage profond (DL) réside dans les techniques utilisées et le niveau d'abstraction impliqué.

Les algorithmes ML s'appuient sur des modèles statistiques pour apprendre des modèles à partir des données et faire des prédictions ou des décisions. Ces algorithmes nécessitent généralement que les humains créent manuellement les caractéristiques pertinentes qui seront utilisées comme entrée de l'algorithme. Par exemple, dans un problème de classification de spam, un ingénieur peut identifier manuellement des fonctionnalités telles que la présence de certains mots ou expressions dans un e-mail qui peuvent être utilisées pour entraîner un modèle à classer les e-mails comme spam ou non spam.

D'autre part, les algorithmes DL sont basés sur des réseaux de neurones artificiels qui s'inspirent de la structure et du fonctionnement du cerveau humain. Ces réseaux peuvent apprendre automatiquement des fonctionnalités pertinentes à partir de données brutes, sans intervention humaine. Les algorithmes DL sont particulièrement bien adaptés à la gestion

## Chapitre 3 : Intelligence Artificielle

d'ensembles de données volumineux et complexes, tels que des images ou de la parole, et peuvent atteindre des performances de pointe sur un large éventail de tâches.

En résumé, ML s'appuie sur des modèles statistiques et des fonctionnalités conçues par l'homme, tandis que DL utilise des réseaux de neurones et apprend automatiquement les fonctionnalités pertinentes à partir de données brutes. Les deux techniques ont leurs propres forces et faiblesses et sont adaptées à différents types de problèmes

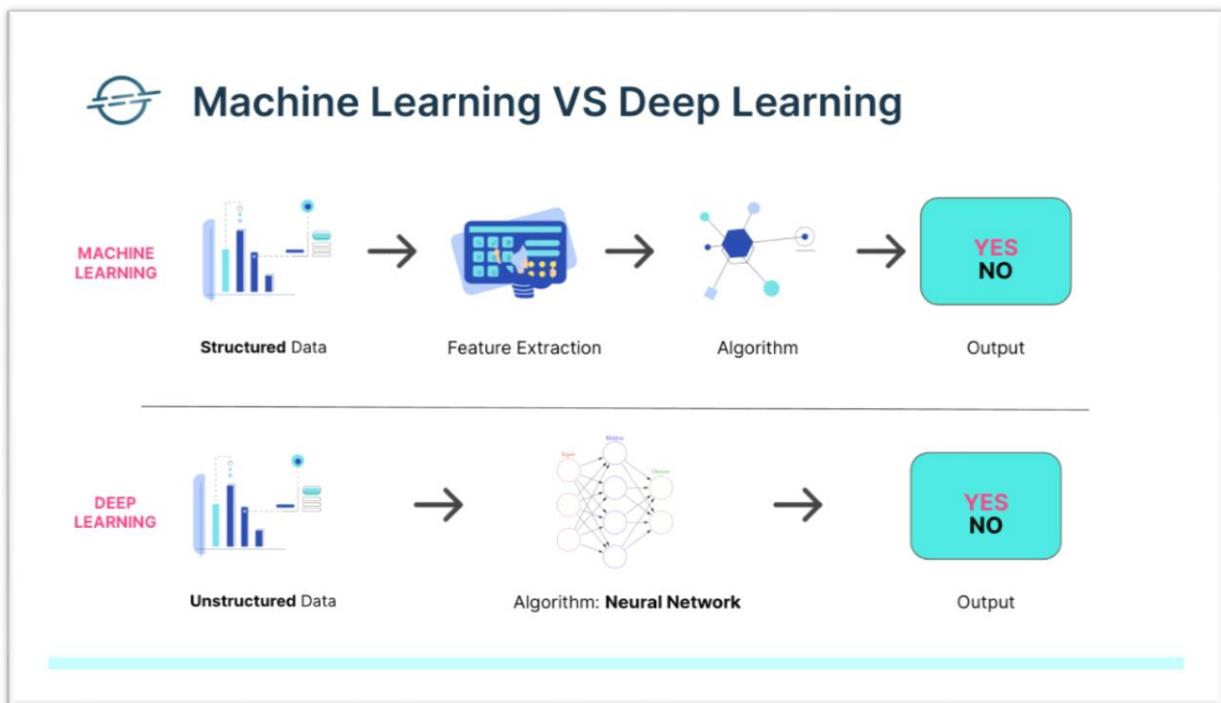


Figure 16 : Difference entre Machine Learning & Deep Learning

### 6. Les "Convolutional Neural Networks (CNN)" [25] :

Ou réseaux de neurones convolutifs, sont un type de réseau de neurones spécialement conçus pour traiter des données présentant une structure semblable à une grille. Parmi les exemples de telles données, on retrouve les séries temporelles qui peuvent être considérées comme une grille 1D avec des échantillons prélevés à intervalles de temps réguliers, ainsi que les images qui peuvent être représentées sous forme d'une grille 2D de pixels.

Les réseaux convolutifs ont rencontré un grand succès dans diverses applications pratiques. Le terme "réseau de neurones convolutifs" fait référence à l'utilisation d'une opération mathématique appelée convolution. La convolution est une opération linéaire spéciale. Les

## Chapitre 3 : Intelligence Artificielle

---

réseaux convolutifs sont simplement des réseaux de neurones qui utilisent la convolution à la place de la multiplication matricielle dans au moins une de leurs couches.

Ces réseaux sont largement utilisés dans des domaines tels que la reconnaissance d'images et de vidéos, les systèmes de recommandation et le traitement du langage naturel.

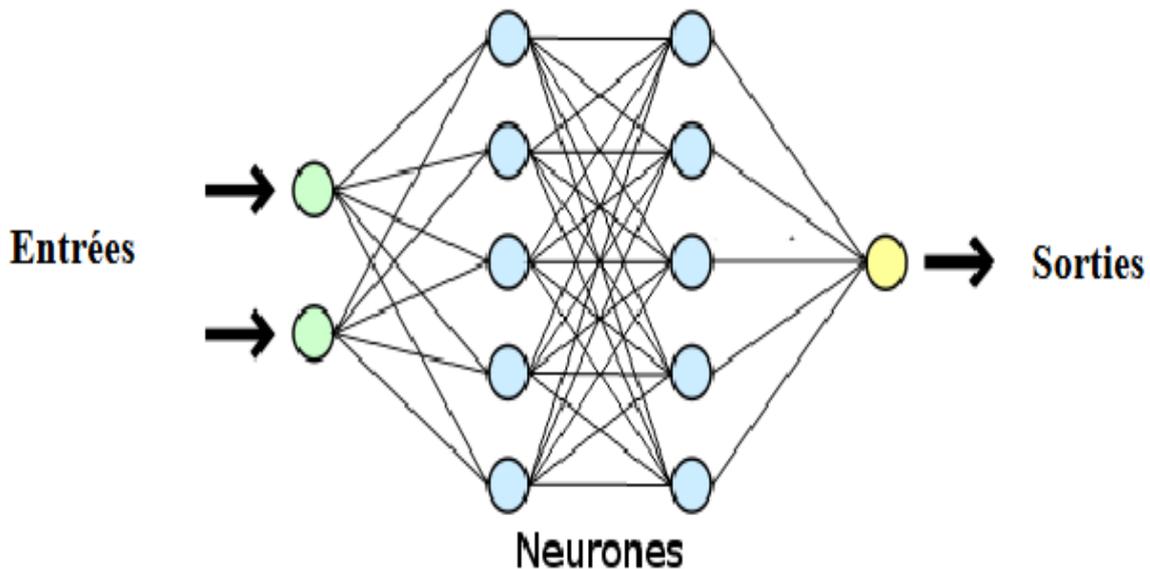


Figure 17 : Réseau de neurone

### 7. Architectures de CNN [26] :

Au cours des dix dernières années, plusieurs architectures de CNN ont été présentées. L'architecture du modèle joue un rôle crucial dans l'amélioration des performances des différentes applications. Des modifications diverses ont été apportées à l'architecture des CNN depuis 1989 jusqu'à aujourd'hui, comprenant des reformulations structurelles, des régularisations, des optimisations de paramètres, et bien d'autres. Cependant, il est important de souligner que l'amélioration significative des performances des CNN est principalement due à la réorganisation des unités de traitement et au développement de blocs novateurs.

Parmi les développements les plus récents dans les architectures de CNN, l'utilisation de la profondeur du réseau a été particulièrement novatrice. Dans cette section, nous passons en revue les architectures de CNN les plus populaires, depuis le modèle AlexNet en 2012 jusqu'au modèle Haute résolution (HR) en 2020. L'étude des caractéristiques de ces

## Chapitre 3 : Intelligence Artificielle

architectures, telles que la taille de l'entrée, la profondeur et la robustesse, revêt une importance capitale pour aider les chercheurs à choisir l'architecture adaptée à leur tâche spécifique.

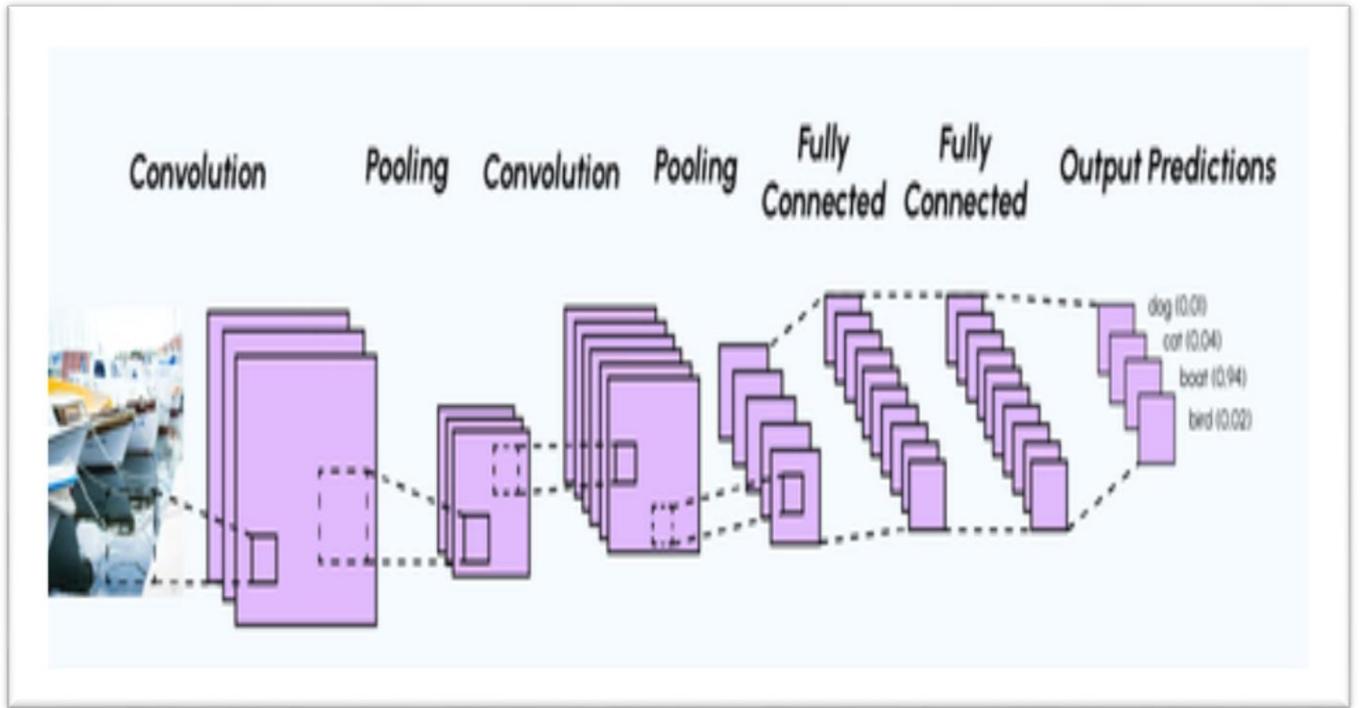


Figure 18 : Exemple d'architecture d'un CNN

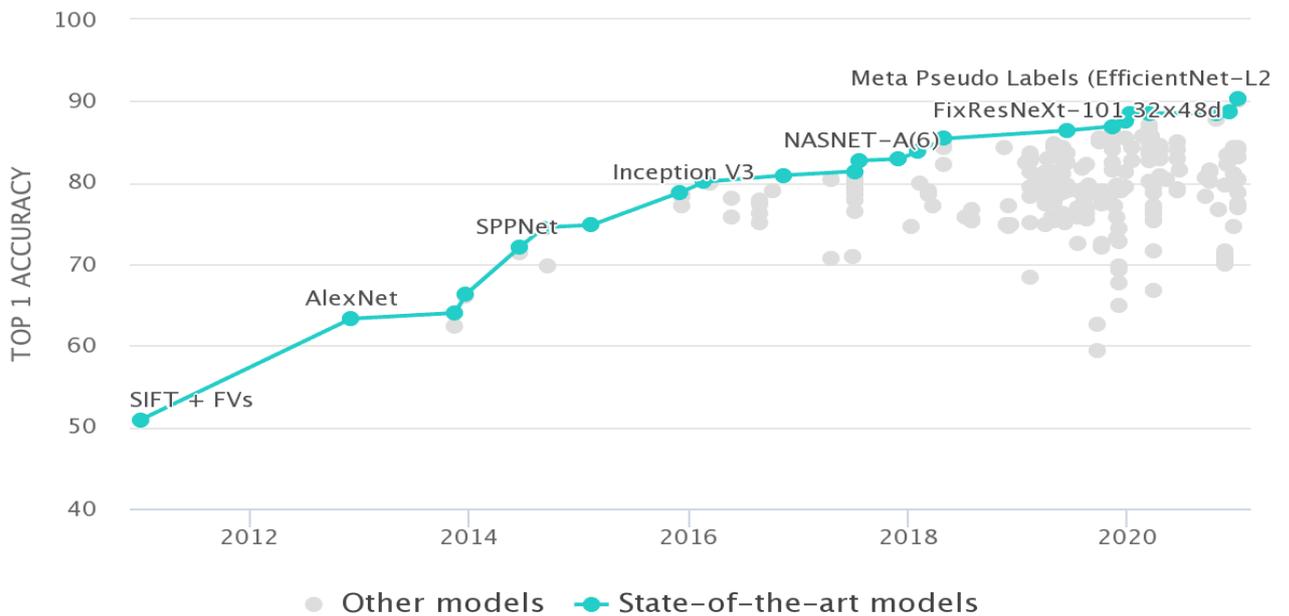


Figure 19 : Classification plot imageNet [27]

## Chapitre 3 : Intelligence Artificielle

---

Caractéristiques du réseau neuronal convolutif [26] :

### 7.1 LeNet-5 (1998)

- ❖ Réseau convolutionnel à 7 niveaux
- ❖ Reconnaît les numéros manuscrits sur les chèques
- ❖ Images d'entrée en niveaux de gris de  $32 \times 32$  pixels
- ❖ Contraint par les ressources informatiques pour des images à plus haute résolution

### 7.2 Alex Net (2012)

- ❖ A surpassé ses concurrents précédents dans ILSVRC
- ❖ Réduction de l'erreur dans le top 5 de 26 % à 15,3 %
- ❖ Architecture similaire à LeNet mais plus profonde
- ❖ Couches convolutives empilées, activations ReLU, abandon, augmentation des données Formé sur deux GPU NvidiaGeforce GTX 580 pendant 6 jours

### 7.3 ZFNet (2013)

- ❖ Vainqueur du concours ILSVRC 2013
- ❖ Atteint le top 5 du taux d'erreur de 14,8 %
- ❖ Ajustement des hyper-paramètres d'AlexNet avec des éléments supplémentaires de Deep Learning

### 7.4 GoogLeNet (2014)

- ❖ Vainqueur du concours ILSVRC 2014
- ❖ Atteint le top 5 du taux d'erreur de 6,67 %
- ❖ Introduction du module de démarrage, normalisation des lots, distorsions d'image, RMSprop
- ❖ Paramètres réduits par rapport à AlexNet

### 7.5 VGGnet (2014)

- ❖ Finaliste au concours ILSVRC 2014
- ❖ Se compose de 16 couches convolutionnelles avec des convolutions  $3 \times 3$
- ❖ Formé sur 4 GPU pendant 2-3 semaines
- ❖ Choix préféré pour l'extraction de fonctionnalités dans la communauté
- ❖ 138 millions de paramètres

### 7.6 ResNet (2015)

- ❖ Introduction d'une nouvelle architecture avec des "connexions de saut"
- ❖ Fonctionnalités de normalisation par lots lourds
- ❖ Formé un NN avec 152 couches
- ❖ Atteint le top 5 du taux d'erreur de 3,57 %, battant les performances au niveau humain

### 8. AlexNet [28] :

Se distingue en tant que premier réseau neuronal convolutifs à grande échelle à avoir excellé dans la classification ImageNet. En 2012, AlexNet a été inscrit à la compétition et a surpassé de manière significative tous les modèles non basés sur l'apprentissage profond précédents, marquant ainsi le début de l'utilisation généralisée des réseaux convolutifs.

L'architecture fondamentale d'AlexNet se compose d'une couche de convolution suivie d'une couche de pooling, de normalisation, d'autres couches de convolution, de pooling et de normalisation, ainsi que de plusieurs couches entièrement connectées. Cette structure présente des similitudes avec le réseau LeNet, mais avec un plus grand nombre de couches. On compte ainsi cinq couches de convolution et deux couches entièrement connectées avant la dernière couche entièrement connectée, qui est reliée aux classes de sortie.

AlexNet prend en entrée des images de taille  $224 \times 224 \times 3$ , représentant des images couleur à trois canaux. Elle utilise des filtres de taille  $11 \times 11$  avec un décalage de 4. Des travaux ultérieurs ont montré qu'il n'est pas nécessaire d'utiliser des filtres aussi grands.

Plusieurs couches entièrement connectées de taille 4096 sont présentes, et enfin, la dernière couche, appelée FC8, est connectée à une fonction soft max qui fournit les probabilités des 1000 classes d'ImageNet.

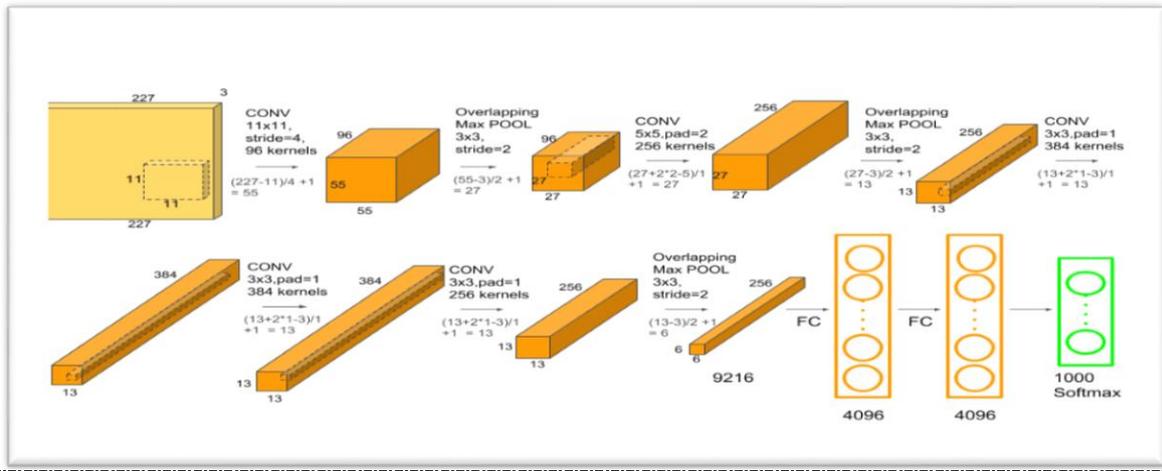


Figure 20 : Architecture d'AlexNet

## 9. Exemples applications de l'IA en agriculture [22] :

### 9.1 Traitement d'images :

Le traitement d'images est utilisé dans le domaine de l'agriculture pour détecter principalement les maladies des plantes, également pour spécifier la zone affectée par la maladie dans la feuille de la plante.

### 9.2 Apprentissage automatique :

En agriculture, l'apprentissage automatique est utilisé comme outil d'identification des maladies en raison de l'efficacité et de la précision de ses algorithmes.

### 9.3 Réseaux de neurones convolutifs (CNN) :

On considère que les CNN réussissent à diagnostiquer les maladies des plantes car ils ont la capacité d'assurer un diagnostic rapide.

## 10. Comment utiliser IA pour la détection des maladies des plantes ? [22] :

L'IA peut être un outil puissant pour la détection et la gestion des maladies des plantes. Les méthodes traditionnelles de diagnostic des maladies des plantes demandent souvent du temps et de la main-d'œuvre, nécessitant des experts pour inspecter visuellement les plantes et identifier les symptômes ou les signes de la maladie. Cependant, avec les progrès de la vision par ordinateur et de l'apprentissage automatique, les systèmes basés sur l'IA peuvent être

## **Chapitre 3 : Intelligence Artificielle**

---

formés pour détecter et diagnostiquer automatiquement les maladies des plantes à l'aide d'images des plantes.

Le processus implique généralement la collecte d'images des plantes et leur introduction dans un modèle d'apprentissage automatique qui a été formé sur un grand ensemble de données d'images étiquetées. Le modèle peut ensuite analyser les images et identifier tout symptôme de maladie, comme une décoloration ou des lésions sur les feuilles, ou des schémas de croissance anormaux. Le système peut alors fournir des informations sur le type de maladie, sa gravité et recommander des options de traitement appropriées.

L'un des principaux avantages de l'utilisation de l'IA pour la détection des maladies des plantes est qu'elle peut considérablement augmenter la vitesse et la précision du diagnostic, permettant une détection précoce et la prévention des épidémies. Cela peut aider à réduire les pertes de récoltes et à améliorer les rendements, ce qui profite en fin de compte aux agriculteurs et à l'industrie agricole dans son ensemble.

Cependant, la mise en œuvre de systèmes de détection des maladies des plantes basés sur l'IA présente également certains défis. L'un des principaux défis est le besoin d'ensembles de données de formation diversifiés et de haute qualité qui représentent avec précision l'éventail des maladies et des symptômes pouvant être rencontrés sur le terrain. De plus, il existe un besoin d'outils conviviaux et accessibles qui peuvent être utilisés par les agriculteurs et d'autres parties prenantes qui peuvent ne pas avoir d'expertise en vision par ordinateur ou en apprentissage automatique.

### **11. Conclusion :**

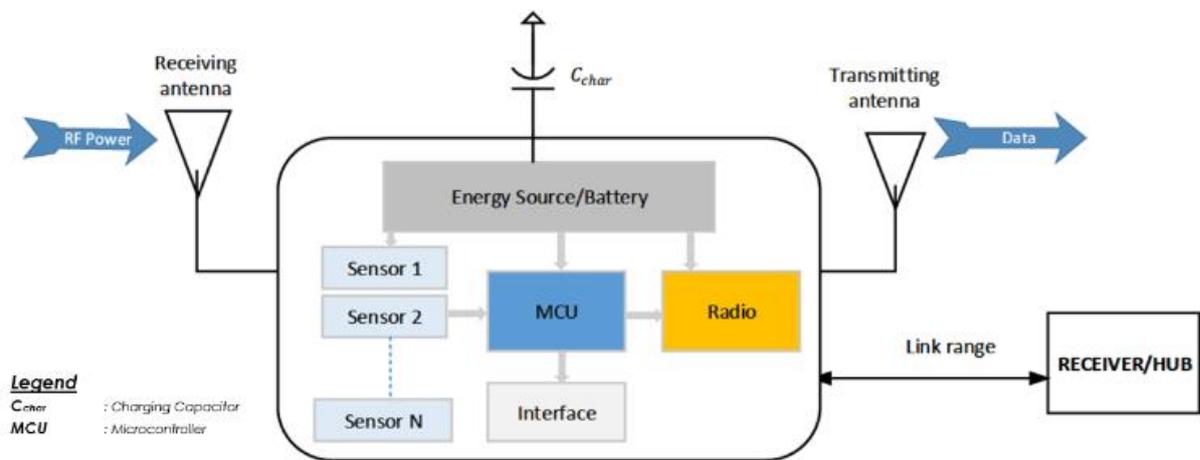
L'utilisation de l'intelligence artificielle (IA) et des modèles de deep learning tels que les réseaux neuronaux à convolution (CNN) comme AlexNet a apporté une révolution dans l'agriculture moderne dite de précision. Grâce à ces technologies, les agriculteurs peuvent analyser et interpréter efficacement les images de champs, de plantes et d'animaux, ce qui leur permet de détecter et de classifier des éléments clés tels que la santé des plantes, les maladies, les parasites, les paramètres climatiques, l'humidité du sol, le degré de pollution ...etc. Cela leur permet de prendre des décisions éclairées basées sur des données concrètes, d'optimiser l'utilisation des ressources, d'augmenter la productivité et de réduire les pertes de récoltes. L'IA et les CNN ont ouvert de nouvelles perspectives pour une gestion plus précise et durable de l'agriculture moderne.

# CHAPITRE 4

**Simulation Arduino et Matlab**

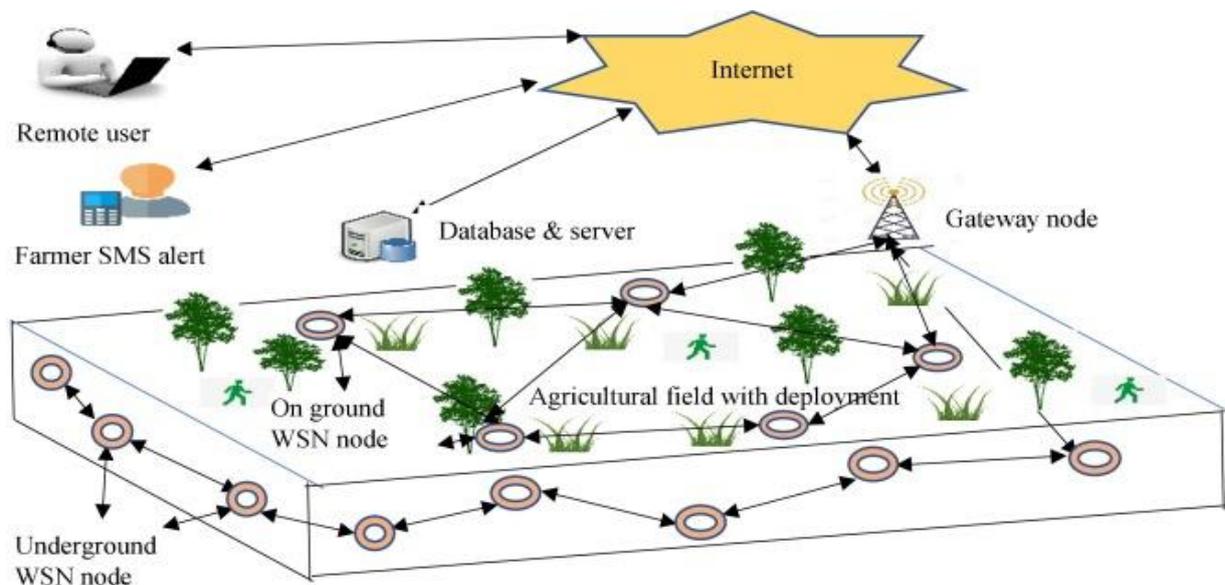
### 1. Introduction :

L'utilisation de la technologie pour améliorer notre compréhension des plantes et détecter les maladies est un domaine de recherche en plein essor. Dans cette optique, notre projet propose une approche novatrice en combinant un système embarqué de faible coût à l'instar d'un simple module Arduino connecté à une caméra et doté d'un moyen de communication sans fil. Ceci va former ce que l'on appelle habituellement un nœud capteur sans fil (figure 26).



**Figure 21** : Architecture générale d'un nœud capteur sans fil

Les images ainsi acquises seront alors transmises vers une station (PC) pour un traitement numérique avancé en l'occurrence une reconnaissance et une classification. Dans cette station en utilisant un langage de programmation comme par exemple MATLAB, un programme basé sur l'intelligence artificielle, doit nous permettre d'identifier les maladies des plantes. En effet, en les images captées et transférées seront comparées à l'aide du programme MATLAB à une base de données. Grâce à cette comparaison, basée sur des traitements et des analyses de données avancés, nous pouvons extraire les images qui présentent des similitudes avec les maladies connues, permettant ainsi une détection précoce et une intervention rapide. Dans un contexte plus réaliste nous n'allons pas nous contenter d'un simple nœud capteur mais plutôt d'un réseau de capteurs sans fil afin de surveiller des champs agricoles beaucoup plus vastes. Cette approche prometteuse offre de nombreuses perspectives dans le domaine de l'agriculture et de la botanique, en contribuant à la santé des plantes et à la sécurité alimentaire.



**Figure 22 :** Schéma de principe de la surveillance d'un champs agricole par WSN [29]

Dans notre application nous avons opté pour mettre en œuvre un testbed représentant un nœud capteur visual sans fil qui soit le moins couteux possible tout en Assurant un fonctionnement efficace. A cet effet, nous avons adopté pour cette plateforme un simple ArduinoUno connecté à une caméra OV7670 et muni d'un moyen de communication sans fil de type Bluetooth. Le coût global ne dépasse pas les cinq mille dinars Algérien (5000 DA).

### 2. La carte ArduinoUno [30]:

Le nœud capteur est souvent un système embarqué de faible coût muni d'un module de communication. Dans notre cas nous avons choisi d'utiliser un simple module Arduino dont le coût est modique et aussi à cause de sa simplicité et sa disponibilité. Il s'agit d'un microcontrôleur basé sur l'ATmega328. Il dispose de 14 broches d'entrée/sortie numériques dont 6 peuvent être utilisées comme sorties PWM, d'un résonateur céramique 16 MHz, d'un connecteur ICSP, d'une connexion USB, de 6 entrées analogiques, d'une prise d'alimentation et d'un bouton de réinitialisation. Celui-ci contient tout les support requis pour le microcontrôleur. Pour commencer, ils sont simplement connectés à un ordinateur avec un câble USB ou avec un adaptateur AC-DC ou une batterie. La carte ArduinoUno diffère de toutes les autres cartes et elles n'utiliseront pas la puce de pilote FTDI USB –série qu'elles

## Chapitre 4 : Simulation Arduino et Matlab

contiennent. Il est présenté par l'Atmega16U2 (Atmega8U2 jusqu'à la version R2) programmé comme un convertisseur USB-série.

Le matériel est doté d'une carte matérielle open source conçue autour d'un microcontrôleur Atmel AVR 8 bits ou d'un Atmel ARM 32 bits. Les modèles actuels consistent en une interface USB, 6 broches d'entrée analogiques et 14 broches d'E/S numériques qui permettent à l'utilisateur de connecter diverses cartes d'extension.

"Uno" est un mot italien. Il a été choisi comme nom pour marquer la sortie de la version 1.0 du logiciel Arduino (IDE). La carte Uno et la version 1.0 du logiciel Arduino (IDE) étaient considérées comme les versions de référence d'Arduino à l'époque, mais depuis, de nouvelles versions plus récentes ont été développées. La carte Uno est la première d'une série de cartes USB Arduino et reste un modèle de référence pour la plateforme Arduino.

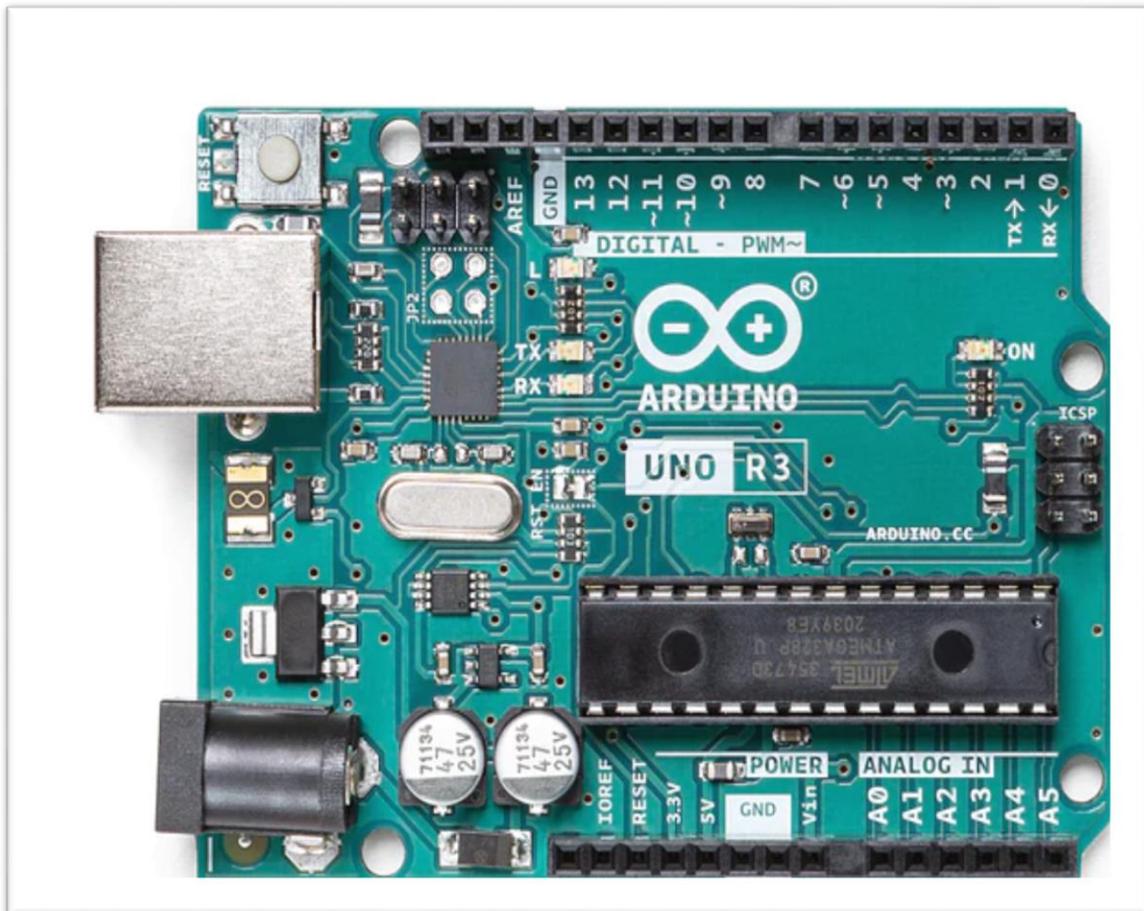


Figure 23 : La carte Arduino UNO

## Chapitre 4 : Simulation Arduino et Matlab

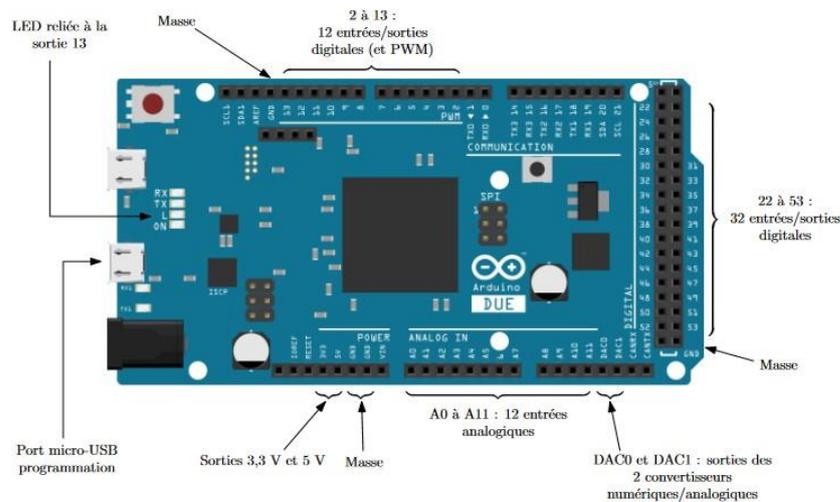
---

---

### 2.1 Les caractéristiques techniques de la carte Arduino Due [31]

Les principales caractéristiques de la carte Due sont :

- Horloge à 84 MHz
- ROM de 512 kB. Il s'agit de la mémoire morte, l'endroit où sont stockés les programmes exécutables une fois compilés sur l'ordinateur.
- RAM de 96 kB. C'est la mémoire vive, là où sont stockées de manière temporaire les variables lors de l'exécution du programme.
- CAN de résolution 12 bits : codage des signaux analogiques entre 0 et 4095.
- 2 sorties CNA (DAC en anglais) de 12 bits. C'est une spécificité de la carte Due.
- 54 entrées/sorties numériques (digitales).
- 12 entrées analogiques.
- 12 entrées analogiques
- Précisons quelques points :
- Une entrée numérique peut recevoir un signal logique : soit 0 soit 3,3 V.
- Une sortie numérique envoie un signal logique : soit 0 soit 3,3 V.
- Une entrée analogique peut recevoir une tension analogique comprise entre 0 et 3,3 V. Elle est associée à un CAN.
- La figure suivant recense les différentes parties de la carte Arduino Due :



**Figure 24** : Principales parties de la carte Due

### 3. Camera OV7670 [32] :

Est un capteur d'image, de petite taille, avec une faible tension de fonctionnement qui offre toutefois toutes les fonctions de la caméra mono-puce VGA et du processeur d'images.

Grâce au contrôle du bus SCCB, vous pouvez afficher l'image entière, sous échantillonnée dans une fenêtre avec une résolution des données de 8 bits. La vitesse d'échantillonnage VGA est de 30 images par seconde. Il est possible de paramétrer la qualité des images, le format des données et le mode de transmission. Le processus des fonctions du traitement de l'image, y compris les courbes de gamma, la balance des blancs, la saturation, et la chromatique ne peuvent par contre pas être programmés via l'interface SCCB.

Le système intégré Omni vision à capteur d'image permet d'améliorer la qualité de l'image en réduisant ou en éliminant les défauts optiques ou électroniques, tels que le bruit de motif fixe, la couleur ainsi que la clarté et la stabilité de l'image.



**Figure 25 :** Module Camera OV7670

### 3.1 OV7670 Pinout [33] :

Les principales caractéristiques de la caméra OV7670 sont :

**Tableau 3 :** OV7670 Pinout

Pin Number	Pin Type	Description
1	VCC	+3.3V DC power input
2	GND	Ground
3	SCL	I2C Serial Clock
4	SDA	I2C Serial Data I/O
5	VSYNK	Vertical Sync output; Active High; Indicates active frames
6	HREF	Horizontal Reference; Active High; Indicates active pixels
7	PCLK	Pixel clock output from the sensor
8	XCLK	Master clock into the sensor
9	Dout9	Pixel Data Output 9(MSB)
10	Dout8	Pixel Data Output 8
11	Dout7	Pixel Data Output 7
12	Dout6	Pixel Data Output 6
13	Dout5	Pixel Data Output 5
14	Dout4	Pixel Data Output 4
15	Dout3	Pixel Data Output 3
16	Dout2	Pixel Data Output 2(LSB)

## Chapitre 4 : Simulation Arduino et Matlab

---

---

### 3.2 Schéma fonctionnel OV7670 [34] :

Le module de caméra OV7670 est composé des éléments suivants:

- Convertisseurs analogique-numérique (A/N) : Ils convertissent les signaux analogiques provenant du capteur d'image en signaux numériques exploitables.
- Générateurs de synchronisation : Ils génèrent les signaux de synchronisation nécessaires pour coordonner les différentes opérations de capture d'image.
- DSP (Digital Signal Processor) : Il traite les données numériques provenant du capteur d'image et effectue diverses opérations de traitement d'image, telles que la correction des couleurs et l'amélioration de la netteté.
- Réseau de capteurs d'image : Il comprend les pixels sensibles à la lumière qui captent l'image et la convertissent en signaux électriques.
- Générateurs de mires de test : Ils produisent des motifs spécifiques qui permettent de vérifier et de calibrer les performances du module de caméra.
- Port vidéo numérique pour l'image scalaire : Il permet de transférer les données numériques de l'image capturée vers d'autres dispositifs pour le traitement ultérieur ou l'affichage.
- LED : Elles peuvent être utilisées pour l'éclairage de la scène lors de la capture d'image ou pour fournir des indications visuelles.
- Contrôle du flash stroboscopique o/p : Il gère la sortie du flash stroboscopique, qui peut être utilisé pour éclairer la scène de manière intense pendant une très courte durée.

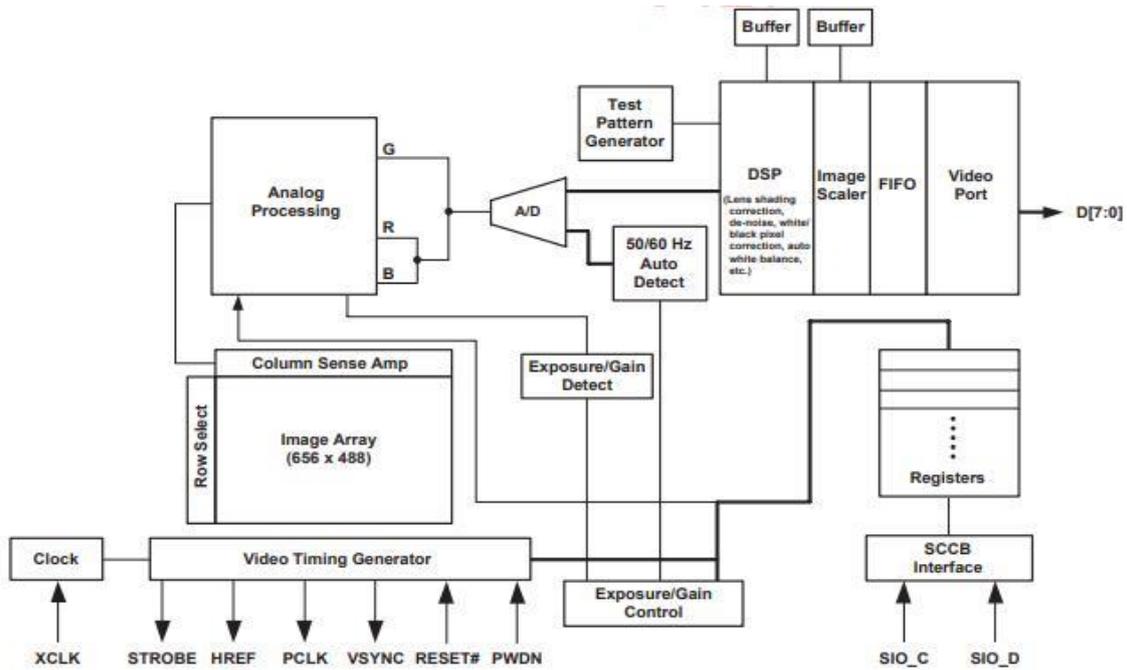


Figure 26 : Le schéma fonctionnel du module de caméra OV7670

### 3.3 Caractéristiques techniques [35]:

- Capteur d'image : OV7670
- Résolution d'image : 640×480 pixels (VGA)
- Format de sortie vidéo : YUV/YCbCr4:2:2, RGB565/555, 8 bits
- Tension de fonctionnement : 3,3 V
- Interface de communication : SCCB (Serial Camera Control Bus)
- Fréquence d'horloge: jusqu'à 24 MHz
- Taille du module Caméra OV7670 : 3,5cm ×3,5cm
- Haute sensibilité à faible luminosité
- Basse tension appropriée pour les applications embarquées
- Interface standard SCCB compatible avec l'interface I2C
- Prise en charge VGA, CIF – CIF est de la taille de 40 × 30
- La détection de la saturation (réglage des UV), l'amélioration des contours et la réduction du bruit sont ajustés automatiquement.
- Dimensions Photo 640×480 PX
- Fonctionnement stable : de 0° C à 50° C
- Taille optique est. De 1/6"

## Chapitre 4 : Simulation Arduino et Matlab

---

- Champs de vision de 25°C
- Utilisation de la caméra simplifiée grâce au microcontrôleur
- Quartz 24MHZ
- Structure métallique lentille Pro avec lentille en verre, longueur focale de 3,6 mm dans la bande 650 nm
- Taille du module 3,5cm × 3,5cm

### 3.4 Application d'ov7670 [36] :

- Téléphones cellulaires et photo
- Jouets
- PC multimédia
- Appareils photo numériques

### 3.5 Formats vidéo utilisés par l'OV7670 [35] :

Une vidéo est une succession d'images, où chaque image fixe ou frame est prise à un instant donné. Ainsi une séquence vidéo de 25 images/s, chaque image a été capturée à l'instant  $k/25$  secondes, où  $k$  est un entier de 1 à 25. Maintenant, chaque image est composée de lignes et une ligne est composée de pixels ou "picturelement". Dès lors, il existe un bon nombre de formats vidéo dont le plus courant est le format RVB à 3 octets (noté également RGB888). Dans ce format chaque pixel est stocké sur 24 bits (3 octets), c'est-à-dire chacune des trois composantes rouge, vert et bleu prend 8 bits. A cet effet, le niveau de gris de chaque couleur est de 0 à 255, où 0 et 255 sont respectivement l'intensité minimale et l'intensité maximale correspond au noir absolu et au blanc extrême.

Les formats utilisés par l'OV7670 (la caméra adoptée dans notre projet) sont les RGB565, RGB555 et RGB444. La différence avec le format RGB888, c'est le nombre de bits affectés à chaque composante couleur, que l'on appelé aussi la profondeur du pixel. Ces formats consomment moins de mémoire lorsqu'ils sont stockés mais au détriment d'un nombre de couleurs disponibles relativement plus faible. Quant au format YCbCr, utilisé en vidéodiffusion en particulier, il utilise :

- Une composante Y ou luminance qui est le niveau de gris global de toute l'image.
- Deux composantes chrominances Cb et Cr, qui codent respectivement les niveaux de bleu et de rouge par rapport à la composante de luminance. La relation mathématique entre le système RVB et le système YCbCr, est donnée par l'expression suivante :

## Chapitre 4 : Simulation Arduino et Matlab

---

$$R = Y + 1.402 \cdot (C_R - 128) \quad (1)$$

$$G = Y - 0.34414 \cdot (C_B - 128) - 0.71414 \cdot (C_R - 128) \quad (2)$$

$$B = Y + 1.772 \cdot (C_B - 128) \quad (3)$$

Notons que la valeur 128 est utilisée dans cette expression pour que les composantes Cb et Cr prennent que des valeurs positives ou nulles. Autrement dit, on rajoute une composante continue égale à 128 pour ces deux composantes.

L'OV7670 utilise le format YCbCr422, avec les données par pixels selon le format suivant :

**Tableau 4:** Format YCbCr422 de la caméra OV7670 [37]

<b>Pixel 0</b>	<b>Y0 Cb0 Cr0</b>
<b>Pixel 1</b>	<b>Y1 Cb0 Cr0</b>
<b>Pixel 2</b>	<b>Y2 Cb2 Cr2</b>
<b>Pixel 3</b>	<b>Y3 Cb2 Cr2</b>
<b>Pixel 4</b>	<b>Y4 C4 bCr4</b>
<b>Pixel 5</b>	<b>Y5 Cb4 Cr4</b>

Le format 4-2-2 est un exemple d'échantillonnage de la vidéo numérique, où Cb et Cr sont sous échantillonnées d'un rapport deux, par rapport à Y. Autrement dit, le nombre d'échantillons total de Y est double de celui de Cb ou de Cr. Ainsi, chaque pixel a une longueur de 3 octets (par exemple Y0, Cb0 et Cr0), comme dans le format RVB. Mais, dans le format YCbCr422, les canaux Cb et Cr sont partagés entre deux pixels consécutifs (par exemple, les pixels 0 et 1 partagent Cb0 et Cr0). Par conséquent, deux pixels sont "compressés" en 4 octets ou 32 bits, cela signifie qu'en moyenne chaque pixel est stocké sur 2 octets ou 16 bits. Dans l'exemple ci-dessus, 3 mots (12 octets) stockent 6 pixels.

L'avantage supplémentaire de YCbCr est que le canal Y est l'image en niveaux de gris, alors qu'en RVB, nous devons faire la moyenne des 3 canaux pour obtenir l'image en niveaux de gris.

### 4. Circuit Diagramme :

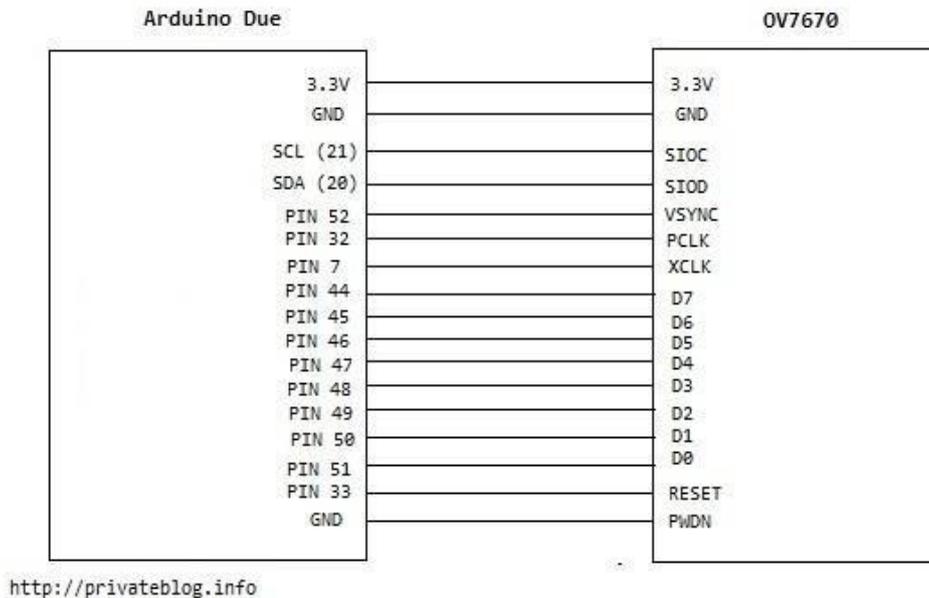
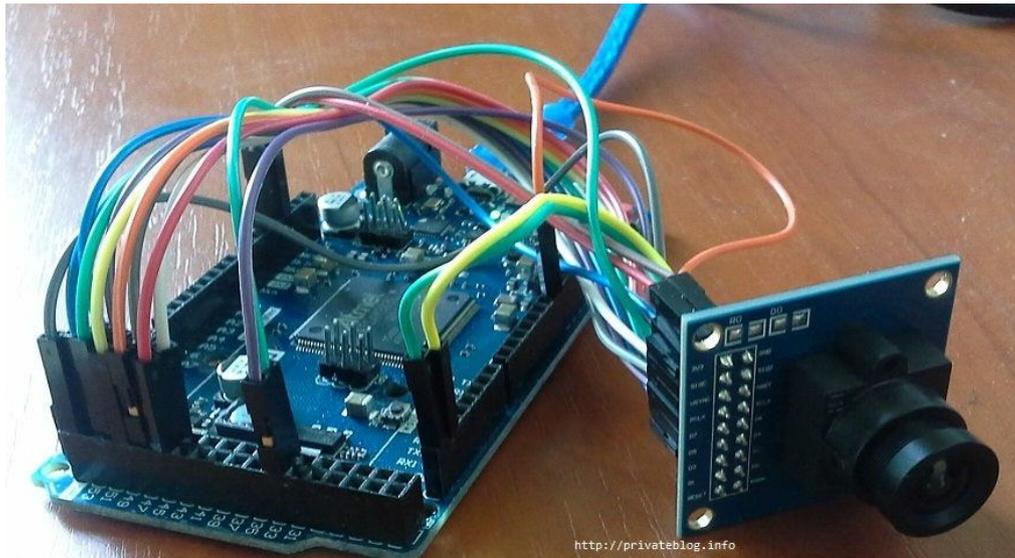


Figure 27 : Le câblage ArduinoUno avec Camera OV7670

### 5. Réalisation finale [39] :

Le nœud capteur que nous avons donc réalisé dans le but d'une application visant à surveiller les plantes de blé dans les champs céréaliers est basé sur un module Arduino et, une caméra OV7670. Nous avons testé plusieurs modules de type Arduino afin de voir le plus efficace selon les technologies offertes par chacun à l'instar de l'Arduino UNO, l'Arduino Mega et l'Arduino Due. Tous ces modules Arduino ont pu répondre à nos objectifs. Seulement, le module Arduino Due est le plus performant et ses caractéristiques technologiques sont les plus élevées. Notre réalisation finale a été donc mise au point autour de ce module.



**Figure 28** : Réalisation finale [38]

### 6. Méthodologie [38]:

Lors de la programmation de l'Arduino pour interagir avec la caméra OV7670, nous commençons par inclure la bibliothèque nécessaire pour gérer l'interface I2C de la caméra. Dans ce cas, nous incluons la bibliothèque `<util/twi.h>` qui fait partie des bibliothèques intégrées d'Arduino IDE. En incluant les bibliothèques appropriées, nous pouvons utiliser les fonctionnalités requises sans avoir à les créer nous-mêmes.

Ensuite, nous devons modifier les registres de la caméra OV7670 pour configurer son fonctionnement. Pour cela, nous divisons le programme en petites fonctions pour une meilleure compréhension et organisation du code. La fonction "setup ()" est utilisée pour effectuer les configurations initiales nécessaires uniquement pour la capture d'images. La première fonction utilisée dans le "setup ()" est "arduino Uno Init ()", qui initialise l'Arduino. Dans cette fonction, nous désactivons d'abord toutes les interruptions globales, puis nous configurons les paramètres de l'interface de communication, tels que l'horloge PWM, la sélection des broches d'interruption, le prescaler, la parité et les bits d'arrêt. Une fois l'Arduino configuré, nous passons à la configuration de la caméra. Pour cela, nous devons modifier les valeurs des registres de la caméra OV7670, passant des valeurs par défaut à des valeurs personnalisées. De plus, il est souvent nécessaire d'ajouter des délais appropriés en fonction de la fréquence du microcontrôleur que nous utilisons. Les microcontrôleurs plus lents nécessitent généralement des délais plus longs entre les trames de capture en raison de leur temps de traitement limité.

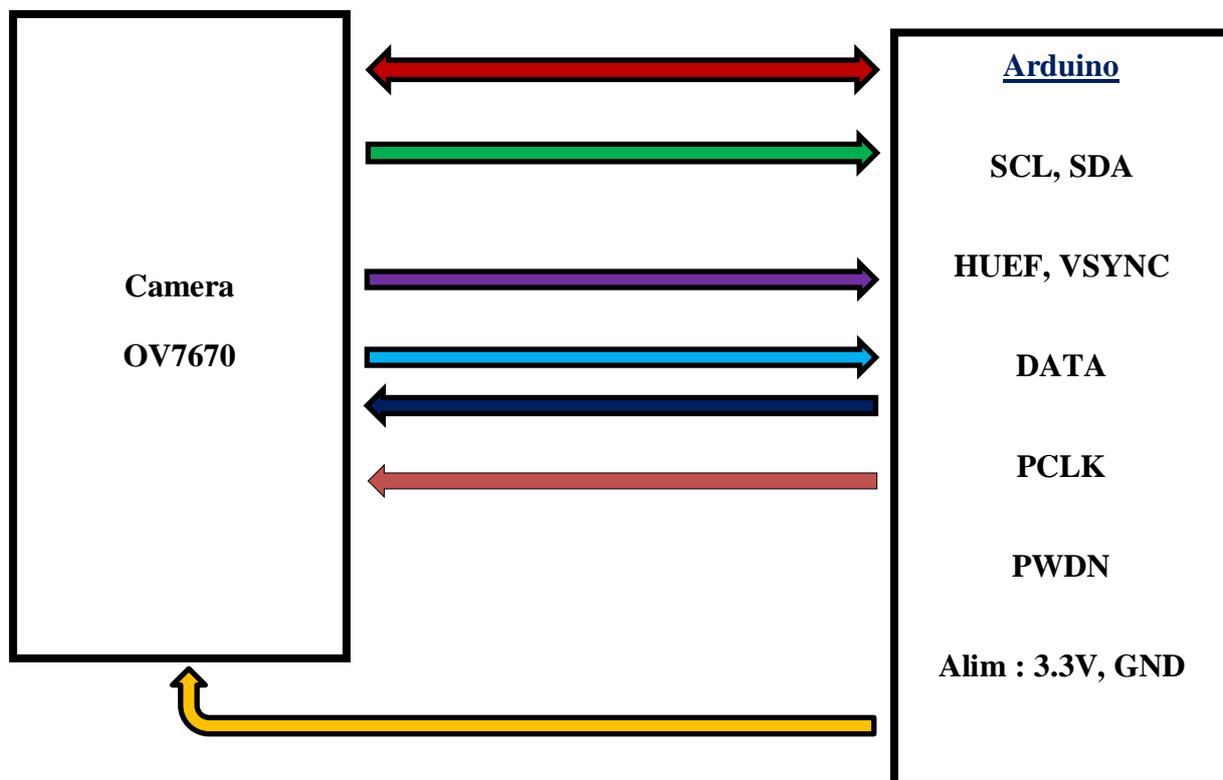
## Chapitre 4 : Simulation Arduino et Matlab

---

**En résumé**, la programmation de l'Arduino pour la caméra OV7670 implique d'inclure les bibliothèques nécessaires, de modifier les registres de la caméra et d'ajouter les délais appropriés pour le bon fonctionnement.

### 6.1 Rappel sur la partie matérielle

Le schéma de principe de ce nœud capteur est donné ci-dessous. Nous pouvons remarquer les différents entrées/sorties entre le module Arduino et la caméra OV7670 à savoir le bus de communication.



**Figure 29** : Les bus et connexions entre Arduino et Camera OV7670 (Nœud capteur)

### 6.2 Programmation de la caméra OV7670 à l'aide d'un Arduino

- Inclure les bibliothèques nécessaires : La programmation commence par inclure les bibliothèques requises nécessaires pour OV7670. Après cela, les registres doivent être modifiés pour OV7670. Le programme peut être mis sous forme de plusieurs fonctions pour le rendre plus simple et plus compréhensible.
- Déclaration de toutes les variables utilisées

## Chapitre 4 : Simulation Arduino et Matlab

---

- Fonctions Setup () et Loop () : Un programme dans un Arduino est composé, entre autres de la fonction Setup () et ensuite de la fonction Loop (). La fonction setup (), initialise et définit les valeurs initiales. Alors que la fonction loop (), permet au programme implanté de travailler cycliquement.
- Alors, dans le programme qui doit gérer la caméra OV7670, nous pouvons commencer au niveau de la fonction Setup () par la configuration de l'Arduino lui-même. Ceci en désactivant toutes les interruptions globales et en définissant les configurations de l'interface de communication telles que l'horloge PWM, la sélection des broches d'interruption, la sélection du "prescaler", l'ajout de parité et de bits d'arrêt. Ceci, peut être effectué grâce à l'instruction

```
arduinoUnoInut ();
```

- La caméra doit être également configurée. Pour initialiser la caméra, nous n'avons que les options pour changer les valeurs de registre. Les valeurs de registre doivent être modifiées de la valeur par défaut à la valeur personnalisée. Ajoutez également le délai requis en fonction de la fréquence du microcontrôleur que nous utilisons. Comme, les microcontrôleurs lents ont moins de temps de traitement en ajoutant plus de retard entre les trames de capture.

```
void camInit (void) {  
  writeReg (0x12, 0x80);  
  _delay_ms (100);  
  wrSensorRegs8_8(ov7670_default_regs);  
  writeReg (REG_COM10, 32) ;//PCLK does not toggle on HBLANK.  
}
```

- La caméra est configurée pour prendre une image QVGA (*Quarter Video Graphics Array*), dont la résolution est de seulement 320×240 pixels. La résolution à adopter doit donc être sélectionnée. La fonction configure le registre pour prendre une image QVGA.

```
setResolution ();
```

- Si les images sont prises en monochrome, la valeur de registre est donc définie pour produire une image monochrome. La fonction définit les valeurs de registre à partir de la liste de registres prédéfinie dans le programme.

```
setColor ();
```

## Chapitre 4 : Simulation Arduino et Matlab

---

- La fonction ci-dessous est une fonction d'écriture dans le registre qui écrit la valeur hexadécimale dans le registre. Si des images brouillées sont obtenues, on doit changer le deuxième terme 10 par 9, 11 ou 12.

```
writeReg (0x11, 10);
```

- Cette fonction est utilisée pour obtenir la taille de la résolution de l'image.

```
captureImg ( , );
```

### 6.3 Organigrammes

Pour résumer le fonctionnement du programme de l'Arduino, nous allons le représenter par des organigrammes relativement simplifiés. Il s'agit essentiellement de trois organigrammes traduisant les trois parties essentielles du programme de l'Arduino à savoir :

- La partie initialisation de la caméra OV7670 qui se situe au niveau de la fonction Setup () du programme de l'Arduino.
- La partie Communication I2C qui est initialisée au niveau de la fonction Setup (), mais qui doit fonctionner, pour l'envoi des données, au niveau de la fonction Loop ().
- La partie Capture et génération des images. Essentiellement, cette partie se trouve dans la fonction Loop ().

Le quatrième organigramme traduit l'application que nous devons programmer au niveau du PC pour pouvoir réceptionner et visualiser les images envoyées par l'Arduino

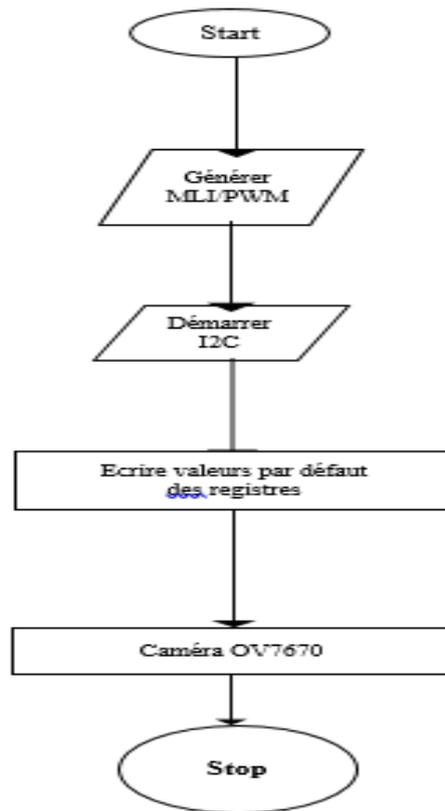


Figure 30 : Organigramme de l'initialisation de la caméra OV7670 (Arduino)

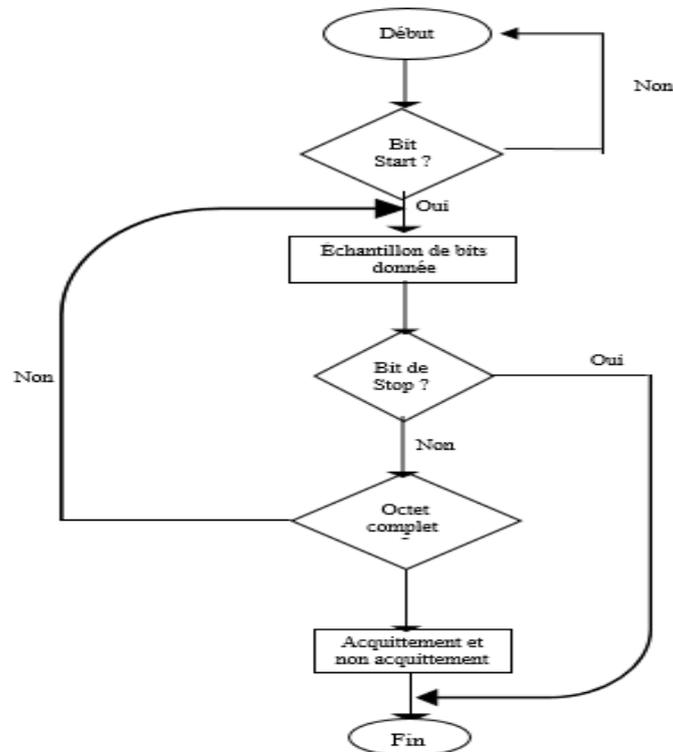


Figure 31 : Organigramme de la communication I2C (Arduino)

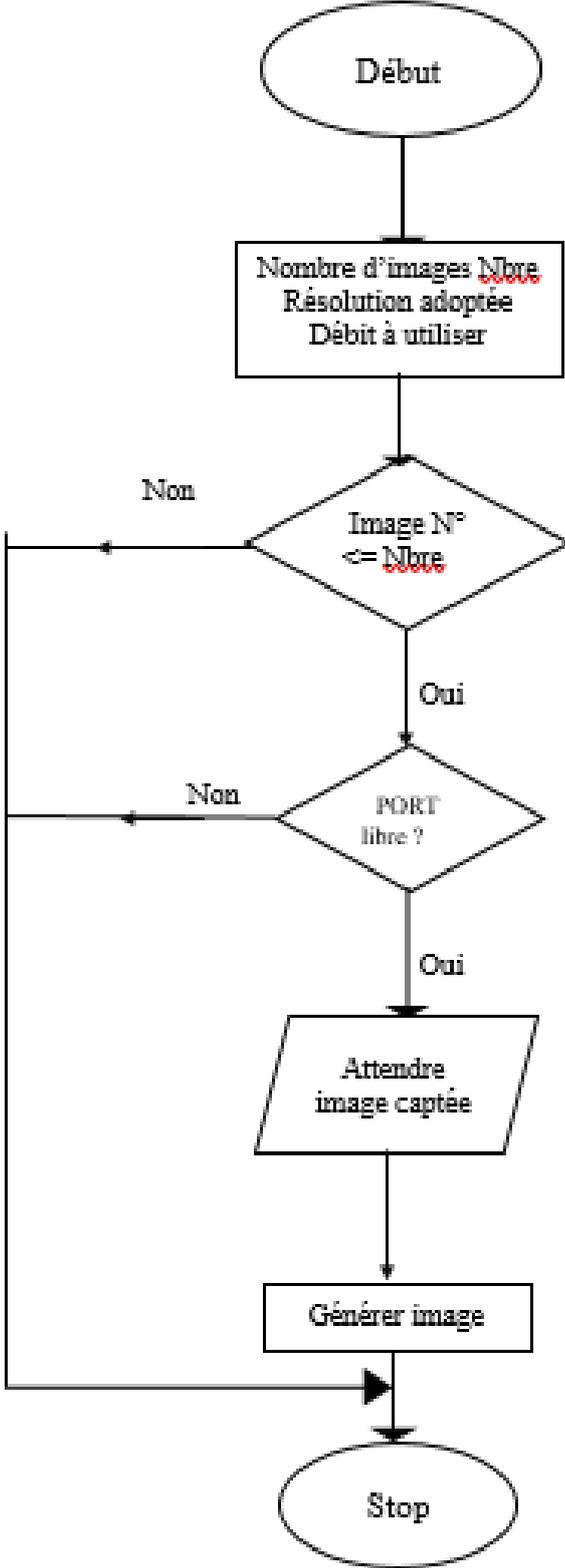
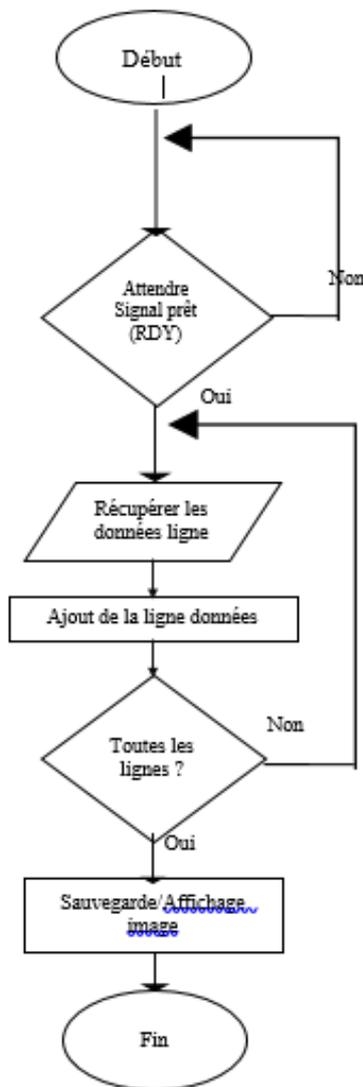


Figure 32 : Organigramme de capture d'images (Arduino)



**Figure 33 :** Algorithme de réception et génération des images au niveau du (PC)

### 7. Résultats et discussion sur le nœud capteur

Après avoir terminé les programmes qui doivent gérer le captage de l'image, son acquisition par l'Arduino, sa transmission et sa réception par le PC, nous avons donc réalisé plusieurs tests et expérimentations dans le but de capter et transmettre des images, par exemple de plantes, que l'on rencontre habituellement dans les champs céréaliers en Algérie.

Pour les tests que nous avons menés nous avons adoptés des résolutions d'images de  $320 \times 240$  en mode RVB avec des débits de transmission de l'ordre de 500000 bps. Néanmoins, nous avons la possibilité de choisir d'autres résolutions avec différents modes et pour plusieurs débits. A titre d'exemple parmi les possibilités offertes par ce "testbed", nous avons :  $160 \times 120$  RVB ou en niveau de gris,  $320 \times 240$  RVB ou en niveaux de gris,  $640 \times$

## Chapitre 4 : Simulation Arduino et Matlab

---

480 RVB ou en niveaux de gris et pour des débits pouvant aller de 115200 bps jusqu'à 2Mbps selon le type de la carte Arduino que nous utilisons. Nous avons remarqué à travers les tests effectués que la qualité des images acquises, transmises et générées au niveau du PC, est appréciable et acceptable pour des traitements de détection et de reconnaissance. Les seuls inconvénients que nous avons relevés :

1. La caméra a besoin d'une certaine stabilité mécanique. En effet, un simple mouvement dû à coup de vent peut altérer la qualité de l'images et sa synchronisation.
2. La durée de la transmission est relativement élevée en fonction de la résolution choisie. De ce fait une compression des images avant la transmission est nécessaire.

La consommation énergétique est relativement élevée au niveau du traitement dans le module Arduino (phase d'acquisition). La transmission sans fil, que nous n'avons pas malheureusement testé dans notre projet, est surtout l'étape qui consomme le plus d'énergie. Il serait donc nécessaire de ne pas transmettre les images acquises sous forme brute (raw) mais plutôt en les compressant tout d'abord ou d'extraire que les régions d'intérêts.

Pour la réception des images au niveau du PC nous avons utilisé une application sous JAVA que nous avons téléchargé du net. Nous avons souhaité réaliser notre propre code programme sous un autre langage de programmation, par exemple Matlab, mais le temps nous a énormément manqué. Nous pensons que ceci est un exemple de perspective de ce travail.

### 8. Langage de programmation :

Les simulations et tests ont été menés en utilisant l'environnement de développement.

Matlab version R2023a sur un PC avec les caractéristiques ci-dessous :

Processor: Intel (R) core (TM) i5-4300U CPU @ 1.9GHz 2.5GHz.

RAM: 4.00 Go.

OS: Windows 10 64Bits.

### 9. Le transfert d'apprentissage :

Il s'agit d'une technique qui vise à améliorer les performances des modèles de réseaux de neurones convolutifs (CNN) en utilisant des connaissances préalables acquises lors de l'entraînement d'un modèle sur une tâche similaire. L'idée est de tirer parti des représentations

## Chapitre 4 : Simulation Arduino et Matlab

---

---

appries par le modèle pré-entraîné pour résoudre une nouvelle tâche, ce qui permet de réduire le temps d'entraînement et les ressources nécessaires.

Pour mettre en œuvre cette technique, on importe généralement un modèle CNN pré-entraîné, comme AlexNet, qui est un modèle largement utilisé dans la communauté de l'apprentissage profond. AlexNet est connu pour sa capacité à extraire des caractéristiques significatives à partir d'images. En utilisant les caractéristiques apprises par AlexNet, on peut les adapter pour résoudre une nouvelle tâche spécifique, en ajustant les dernières couches du modèle pour correspondre aux exigences de la nouvelle tâche.

En résumé, le transfert d'apprentissage est une technique qui permet d'utiliser les connaissances préalables d'un modèle CNN pré-entraîné pour améliorer les performances sur une nouvelle tâche, ce qui réduit le temps d'entraînement et les ressources nécessaires. AlexNet est un exemple de modèle CNN pré-entraîné couramment utilisé pour cette technique.

### 10. Méthodologie :

Pour effectuer les simulations, nous avons suivi ces étapes :

#### 10.1 La base de données :

a) Blé :

La base de données Wheat\_leaf contient 432 images, ces images sont organisées en 4 catégories malades et en bonne santé

- Le premier s'appelle sain et contient 101 images de blé sain.
- La seconde s'appelle Septoria et contient 97 images
- La troisième est intitulée stripe\_rust et contient 204 autres images
- La quatrième s'appelle ROUILLE et contient 37 autres images

Les images choisies sont en couleur et en format JPG.

## Chapitre 4 : Simulation Arduino et Matlab

---

Les images suivantes montrent, respectivement, quelques images typiques de blé sain et d'autres souffrant de maladies que l'on rencontre particulièrement en Algérie :



**Figure 34** : les photos de la base de données du blé

b) Les palmiers dattier :

La base de données du palmier dattier contient 2631 images divisées en 3 catégories différentes :

- ✓ Première catégorie intitulé healthy contient 1203 images de palmier dattier saine.
- ✓ Deuxième catégorie intitulé brown spots contient 470 images de palmier dattier infecté.
- ✓ Troisième catégorie intitulé white scale contient 958 images de palmier dattier infecté.

Les images choisies sont en couleur et en format JPG.

## Chapitre 4 : Simulation Arduino et Matlab

Les images suivantes montrent respectivement quelques images typiques de dattes en bonne santé et d'autres souffrant de maladies que l'on rencontre particulièrement en Algérie :



Figure 35 : photo de la base de données du palm

### 11. Installation d'un réseau CNN sur MATLAB :

Pour installer AlexNet dans MATLAB, nous avons suivi ces étapes :

1. Le MATLAB étant installé sur notre système.
2. On ouvre MATLAB et on s'assure que Deep Learning Toolbox est installé.

Pour vérifier cela on tape la commande suivante "ver" dans la fenêtre de commande MATLAB .

The screenshot shows the MATLAB Command Window with the command 'ver' executed. The output lists various toolboxes and their versions. The 'Deep Learning Toolbox' is listed with version 14.6, indicating it is installed.

Toolbox	Version	Release
Aerospace Blockset	Version 6.0	(R2023a)
Aerospace Toolbox	Version 4.4	(R2023a)
Antenna Toolbox	Version 5.4	(R2023a)
Audio Toolbox	Version 3.4	(R2023a)
Bioinformatics Toolbox	Version 4.17	(R2023a)
Bluetooth Toolbox	Version 1.2	(R2023a)
C2000 Microcontroller Blockset	Version 1.0	(R2023a)
Communications Toolbox	Version 8.0	(R2023a)
Computer Vision Toolbox	Version 10.4	(R2023a)
Control System Toolbox	Version 10.13	(R2023a)
Curve Fitting Toolbox	Version 3.9	(R2023a)
DSP System Toolbox	Version 9.16	(R2023a)
Data Acquisition Toolbox	Version 4.7	(R2023a)
Database Toolbox	Version 11.0	(R2023a)
Datafeed Toolbox	Version 6.4	(R2023a)
Deep Learning Toolbox	Version 14.6	(R2023a)
Econometrics Toolbox	Version 6.2	(R2023a)
Financial Instruments Toolbox	Version 3.6	(R2023a)

Figure 36 : Vérification de l'installation de la boîte à outils Deep Learning

## Chapitre 4 : Simulation Arduino et Matlab

Une liste des boîtes à outils installées est donc visualisée, y compris la boîte à outils Deep Learning.

3. On télécharge le modèle AlexNet préformé à partir du référentiel de modèles d'apprentissage en profondeur MATLAB.

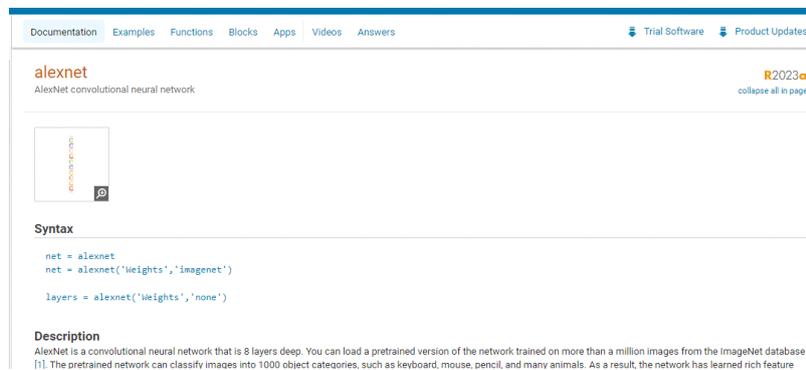


Figure 37 : Téléchargement du modèle AlexNet

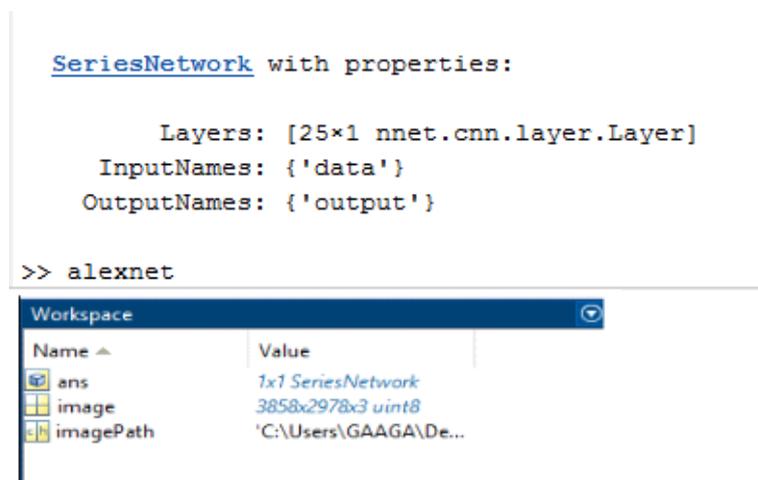


Figure 38 : Vérification de l'installation d'Alexnet

### 12. Mesure de la précision d'une base de données:

Comme un cerveau humain apprend, également dans le domaine de l'intelligence artificielle, la phase d'apprentissage consiste à laisser un modèle apprendre et s'entraîner à partir de données grâce à un algorithme. Ainsi, un humain a besoin de plusieurs années, voire plusieurs décennies, pour apprendre alors pour l'équivalent un modèle peut s'entraîner pendant seulement quelques heures c'est ce qu'on peut appeler "Epoch". "Epoch" ou « époque » de Machine Learning correspond à un passage complet d'un jeu de données d'entraînement par

## Chapitre 4 : Simulation Arduino et Matlab

---

l'algorithme utilisé et/ou adopté. D'ailleurs, chaque fois que le dataset d'entraînement passe par l'algorithme, on dit qu'il a complété une « époque ». Il s'agit donc du nombre de passages de l'algorithme au cours de la phase d'entraînement.

Maintenant, pour évaluer les performances de l'apprentissage d'un modèle par rapport à "Epoch" nous utilisons des métriques comme par exemple la Précision ou plutôt la justesse (Accuracy) ou encore "Loss" (Perte). La précision est une mesure permettant d'évaluer les modèles de classification. De manière informelle, la précision est la fraction des prédictions qu'un modèle adopté a eu raison. Alors que la valeur de perte implique à quel point un modèle se comporte mal ou bien après chaque itération d'optimisation. Par définition, le score de précision est le nombre de prédictions correctes obtenues. Les valeurs de perte (Loss) sont les valeurs indiquant la différence par rapport au (x) état (s) cible (s) souhaité (s). Formellement, la précision et la perte ont les définitions suivantes :

$$\text{Accuracy} = \text{Nombre de prédictions correctes} / \text{Nombre total de prédictions.} \quad (4)$$

Pour la classification binaire, la justesse peut également être calculée en termes de positifs et négatifs :

$$\text{Accuracy} = \frac{TP + TN}{TP + TN + FP + FN} \quad (5)$$

❖ La fonction de perte la plus couramment utilisée dans les réseaux de neurones profonds est l'entropie croisée (Cross-entropy) , définie par :

$$\text{Cross-entropy} = - \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m y_{i,j} \log(p_{i,j}) \quad (6)$$

Où  $TP$  = Vrais positifs,  $TN$  = Vrais négatifs,  $FP$  = Faux positifs et  $FN$  = Faux négatifs.

où,  $y_{i,j}$  désigne la vraie valeur, c'est-à-dire 1 si l'échantillon  $i$  appartient à la classe  $j$  et 0 sinon.

Et  $p_{i,j}$  désigne la probabilité prédite par votre modèle de l'échantillon  $i$  appartenant à la classe  $j$ .

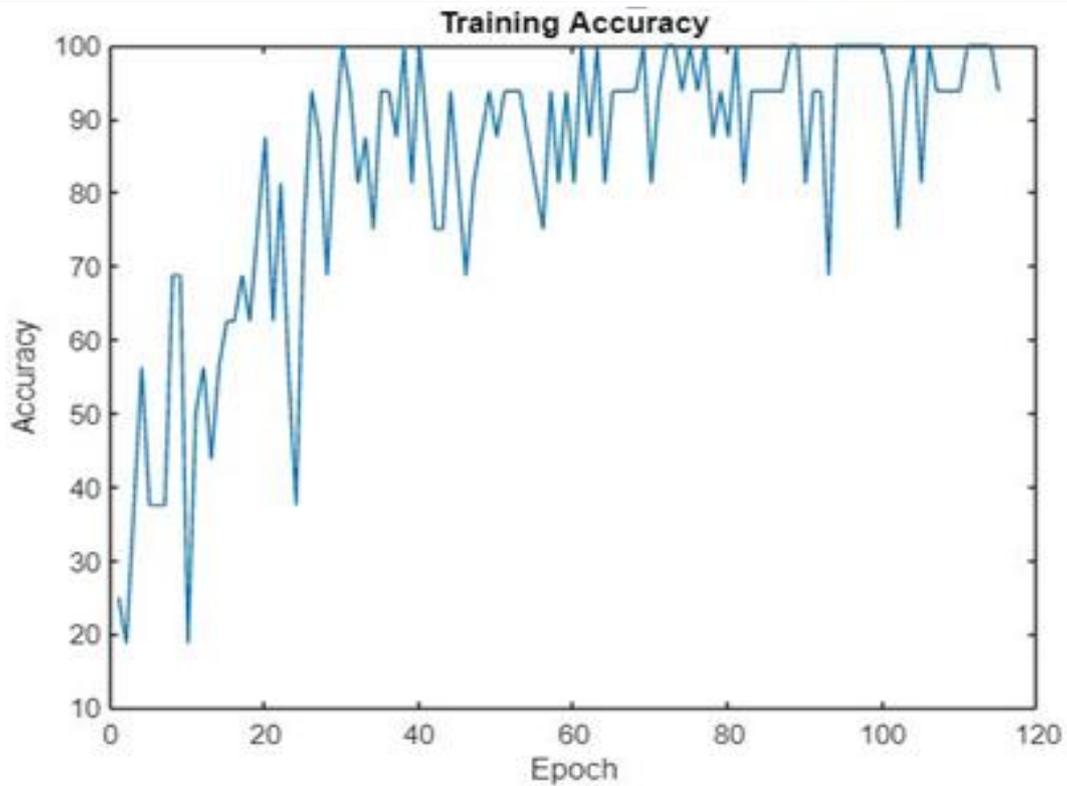
## Chapitre 4 : Simulation Arduino et Matlab

Généralement, la précision et la justesse augmentent avec la diminution de la perte. Mais, ce n'est peut-être pas toujours vrai. Aussi, une très grande taille d'époque n'augmente pas toujours la précision

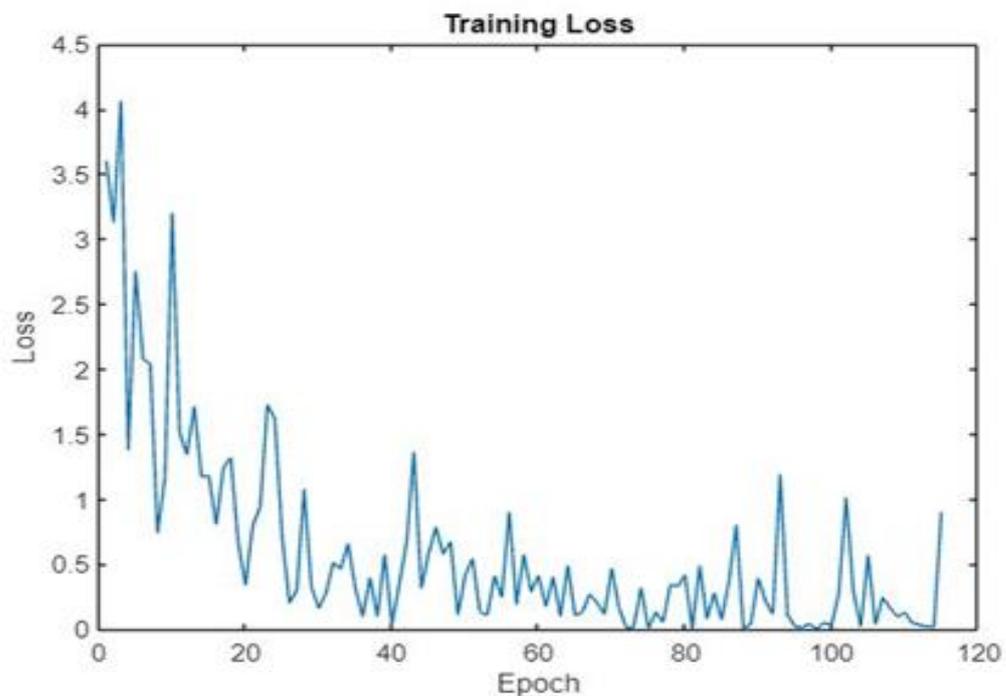
- a) Évolution de la précision et de la perte de la base de données de blé en fonction de l'époque (Accuracy and Loss vs Epoch).

Epoch	Iteration	Time Elapsed (hh:mm:ss)	Mini-batch Accuracy	Mini-batch Loss	Base Learning Rate
1	1	00:00:30	25.00%	3.6008	0.0010
3	50	00:19:13	87.50%	0.4162	0.0010
5	100	00:31:36	100.00%	0.0293	0.0010
5	115	00:35:17	93.75%	0.8982	0.0010

**Figure 39 :** Évolution de la précision et de la perte dans la base de données sur le blé



**Figure 40 :** Graphique de l'évolution de la précision au fil des époques



**Figure 41 :** Graphique de l'évolution de la perte au fil des époques

- ❖ D'après les résultats obtenus, nous pouvons déduire ce qui suit:
- ❖ Le réseau neuronal a été entraîné pendant 5 cycles (epochs).

## Chapitre 4 : Simulation Arduino et Matlab

- La précision (accuracy) au premier cycle était de 25% et a progressivement augmenté à 87,5% et 100% aux deuxième et troisième cycles respectivement. Au quatrième cycle, la précision a légèrement diminué à 93,75%.
- La perte (loss) était élevée au premier cycle et a diminué progressivement lors des cycles suivants.

b) Ces résultats reflètent les performances du modèle lors de l'entraînement sur l'ensemble de données palm.

```

Training on single CPU.
Initializing input data normalization.

```

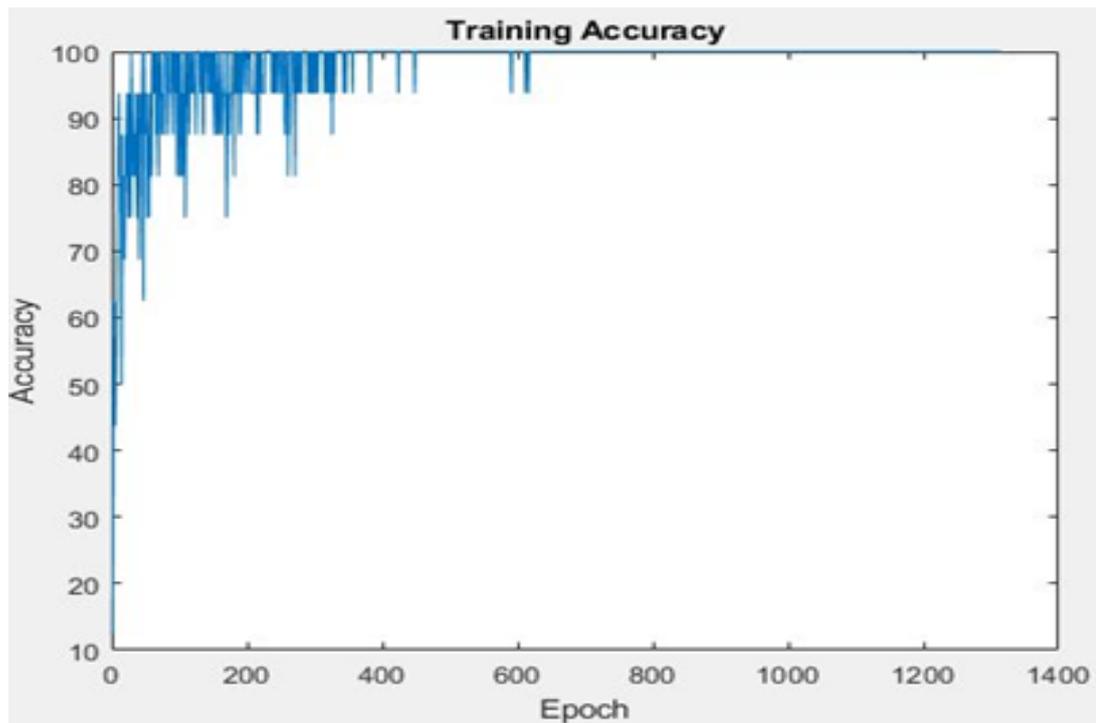
Epoch	Iteration	Time Elapsed (hh:mm:ss)	Mini-batch Accuracy	Mini-batch Loss	Base Learning Rate
1	1	00:00:12	31.25%	4.0715	0.0010
1	50	00:02:59	68.75%	1.0653	0.0010
1	100	00:05:22	100.00%	0.0155	0.0010
1	150	00:07:39	100.00%	0.0890	0.0010
1	200	00:10:51	100.00%	0.0091	0.0010
1	250	00:13:39	100.00%	0.0371	0.0010
2	300	00:16:36	93.75%	0.0950	0.0010
2	350	00:18:54	100.00%	0.0439	0.0010
2	400	00:21:05	100.00%	0.0036	0.0010
2	450	00:23:18	100.00%	1.5555e-05	0.0010
2	500	00:25:31	100.00%	0.0079	0.0010
3	550	00:27:38	93.75%	0.4762	0.0010
3	600	00:29:41	100.00%	0.0001	0.0010
3	650	00:31:47	100.00%	0.0027	0.0010
3	700	00:33:54	100.00%	0.0009	0.0010
3	750	00:35:57	100.00%	1.1436e-05	0.0010
4	800	00:37:59	100.00%	8.5322e-05	0.0010
4	850	00:40:02	100.00%	2.8108e-05	0.0010
4	900	00:42:03	100.00%	0.0002	0.0010
4	950	00:44:02	100.00%	0.0003	0.0010
4	1000	00:45:55	100.00%	2.5647e-05	0.0010
4	1050	00:47:49	100.00%	2.2193e-05	0.0010
5	1100	00:49:42	100.00%	3.6582e-06	0.0010
5	1150	00:52:06	100.00%	4.1350e-06	0.0010
5	1200	00:54:16	100.00%	3.9201e-05	0.0010
5	1250	00:56:26	100.00%	0.0007	0.0010
5	1300	00:58:49	100.00%	1.4200e-05	0.0010
5	1315	00:59:30	100.00%	3.5239e-05	0.0010

```

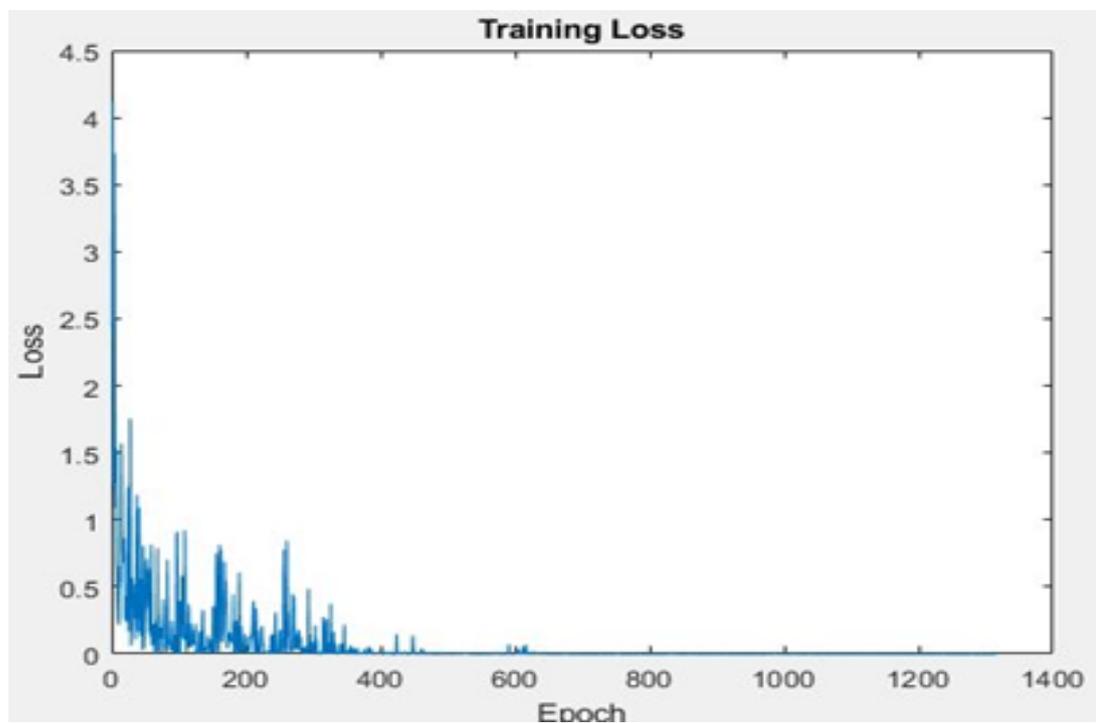
Training finished: Max epochs completed.

```

**Figure 42 :** Évolution de la précision et de la perte dans la base de données sur le palm



**Figure 43 :** Graphique de l'évolution de la précision au fil des époques



**Figure 44 :** Graphique de l'évolution de la perte au fil des époques

De la même manière les résultats obtenus dans le cas de la mesure des performances de la base de données des palmiers dattiers nous pouvons déduire :

## Chapitre 4 : Simulation Arduino et Matlab

---

- Époque 1 : Au début de l'entraînement, la précision du modèle était faible à 25,00% sur le premier sous-ensemble de données, et sa perte était élevée à 3,9286. On note que le taux d'apprentissage de base (Base Learning Rate) était de 0,0010 à cette étape.
- Époque 2 : Au fil du temps, la précision du modèle a progressivement augmenté jusqu'à atteindre 100,00% sur les sous-ensembles de données 100, 150 et 250. La perte a continué à diminuer considérablement. Cela indique une amélioration globale des performances du modèle avec une réduction des erreurs.
- Époques 3 et 4 : La précision du modèle a continué à atteindre 100,00% sur différents sous-ensembles de données, et la perte a continué à diminuer. On remarque que dans certaines étapes, une précision et une perte très faibles ont été atteintes avec de très petites valeurs (comme  $2,6373e-05$  et  $1,3402e-05$ ), ce qui indique une progression significative de l'entraînement du modèle.
- Époque 5 : À la fin de l'entraînement, une précision élevée de 100,00% a été atteinte sur le sous-ensemble de données 1315 et la perte était très faible avec une valeur de 0,0001. On note que le modèle montre une stabilité dans ses performances et sa capacité à classer les données avec une grande précision.

En résumé, on peut dire que le modèle a bien appris au cours de l'entraînement, avec une augmentation de sa précision et une amélioration de ses performances à chaque époque, ainsi qu'une diminution de la perte. Il démontre une capacité à classer les données avec précision et une stabilité dans ses performances.

### 13. Analyse de code :

Le code fourni est un exemple d'utilisation d'un réseau AlexNet préformé pour la recherche de similarité d'images. Voici une ventilation de ce que fait chaque section du code :

a) chargement du réseau AlexNet préformé :

```
net = alexnet;
```

## Chapitre 4 : Simulation Arduino et Matlab

---

Cette ligne charge le réseau AlexNetpré-formé, qui est une architecture d'apprentissage en profondeur populaire pour la classification des images.

b) Spécification du chemin du répertoire où se trouve votre base de données d'images :

```
databasePath = fullfile ('C:\Users\GAAGA\Desktop\database blé1');
```

Cette ligne définit le chemin d'accès au répertoire contenant votre base de données d'images. Assurez-vous de remplacer le chemin par le chemin du répertoire réel sur votre système.

c) Création d'un imageDatastore pour stocker les images de la base :

```
database = imageDatastore(databasePath, 'IncludeSubfolders', true, 'LabelSource',  
'foldernames');
```

Cette ligne crée un imageDatastore, qui est un moyen pratique de gérer une collection d'images. Il lit automatiquement les images du répertoire et des sous-répertoires spécifiés, attribue des étiquettes en fonction des noms de dossier et organise les données pour un traitement ultérieur.

d) Spécification du nom de fichier de l'image d'entrée et affichez-le :

```
inputImageFile ='C:\Users\GAAGA\Desktop\les photo blé\imgfelt.jpg';
```

```
inputImage = imread(inputImageFile);
```

```
chiffre;
```

```
sous-parcelle (1, 2, 1);
```

```
imshow(inputImage);
```

```
titre('Image d'entrée');
```

Cette section définit le chemin d'accès au fichier image d'entrée, lit l'image à l'aide de `imread` et l'affiche à l'aide de `imshow`. Les fonctions `subplot` et `title` sont utilisées pour créer une figure avec deux sous-parcelles, où la première sous-parcelle montre l'image d'entrée.

e) Prétraitement de l'image d'entrée pour AlexNet :

```
inputImage = imresize (inputImage, [227, 227]);
```

## Chapitre 4 : Simulation Arduino et Matlab

---

```
inputImage = im2single(inputImage);
```

Ces lignes redimensionnent l'image d'entrée à la taille requise de 227×227 pixels et la convertissent en simple précision, qui est le type de données attendu par AlexNet.

f) Extraction des caractéristiques de l'image d'entrée à l'aide d'AlexNet :

```
inputFeatures = activations (net, inputImage, 'fc7', 'OutputAs', 'rows');
```

Cette ligne utilise la fonction "activations" pour extraire les fonctionnalités de la couche spécifiée ("fc7" dans ce cas) du réseau AlexNet. Les caractéristiques résultantes sont stockées dans la variable `inputFeatures`.

g) Initialisation les variables :

```
numDatabaseImages = numel (database.Files);
```

```
distances = zéros (numDatabaseImages, 1)
```

Ces lignes initialisent des variables pour stocker le nombre d'images de la base de données (`numDatabaseImages`) et un tableau pour contenir les distances euclidiennes entre les caractéristiques d'entrée et les caractéristiques des images de la base de données (`distances`).

h) Calcul de la distance Euclidienne entre les entités en entrée et les entités de la base de données :

La mesure de la similarité entre l'image d'entrée et les images de la base peut être effectuée par la distance euclidienne, souvent utilisée en traitement des signaux et des images. Il s'agit d'une distance géométrique dans un espace multidimensionnel. Elle se calcule selon la formule suivante :

$$d(x_i, y_i) = \sqrt{\sum_i (x_i - y_i)^2} \quad (7)$$

Dans notre cas, les  $x_i$  sont remplacés par les caractéristiques de l'image obtenue et les  $y_i$  sont remplacés par ceux des images de base.

pour  $i = 1:\text{numDatabaseImages}$

## Chapitre 4 : Simulation Arduino et Matlab

---

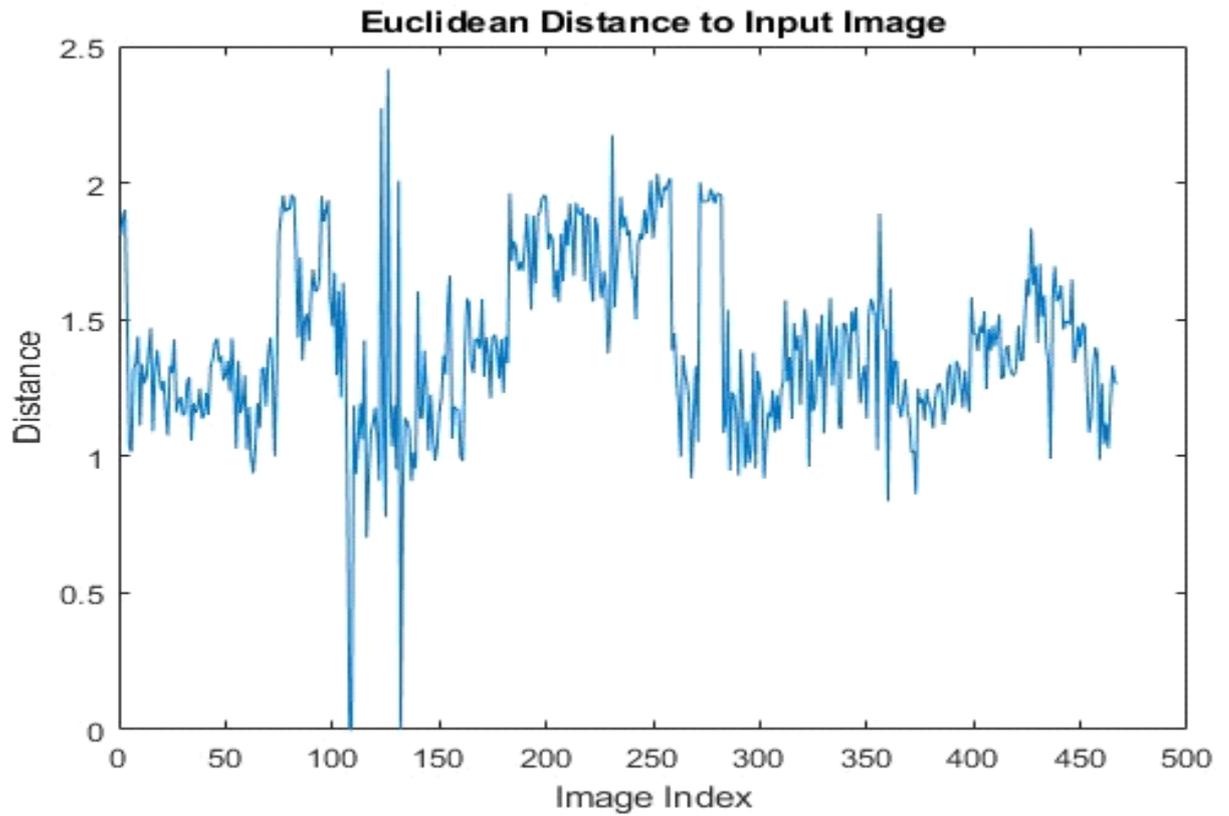
```
% Vérifiez si l'image provient du même fichier que l'image d'entrée  
Sistrncmp (database.Files{i}, inputImageFile)  
  
continuer; % Ignorer le même fichier  
  
end  
  
databaseImage = readimage (database, i);  
  
databaseImage = imresize (databaseImage, [227, 227]);  
  
databaseImage = im2single (databaseImage);  
  
databaseFeatures = activations (net, databaseImage, 'fc7', 'OutputAs', 'rows');  
  
distances(i) = sqrt (sum ((inputFeatures - databaseFeatures).^2, 'all'));  
  
end
```

Cette boucle itère sur chaque image de la base de données, à l'exclusion de l'image d'entrée elle-même. Il lit chaque image de base de données à l'aide de `readimage`, la prétraite, extrait ses fonctionnalités à l'aide d'AlexNet.

### 13.1 Résultats obtenus après analyse avec AlexNet :

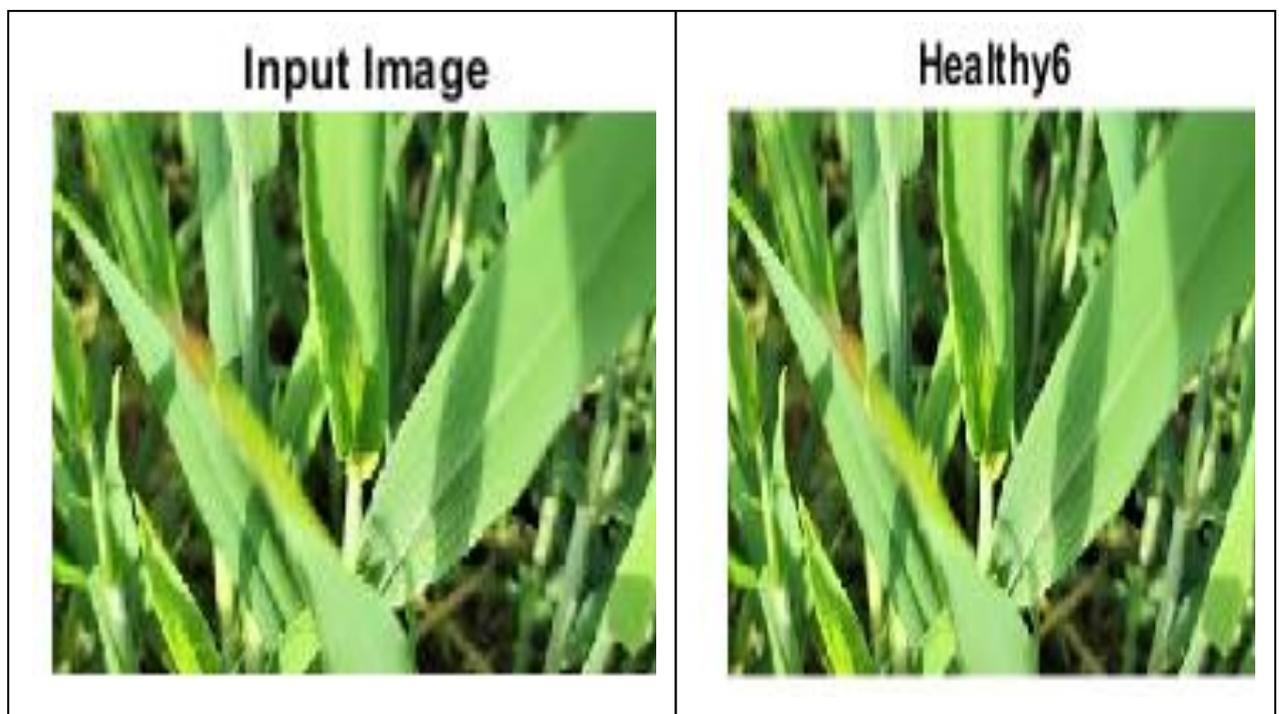


**Figure 45** : Résultats de recherche d'image similaire à l'image d'entrée (Rouille)

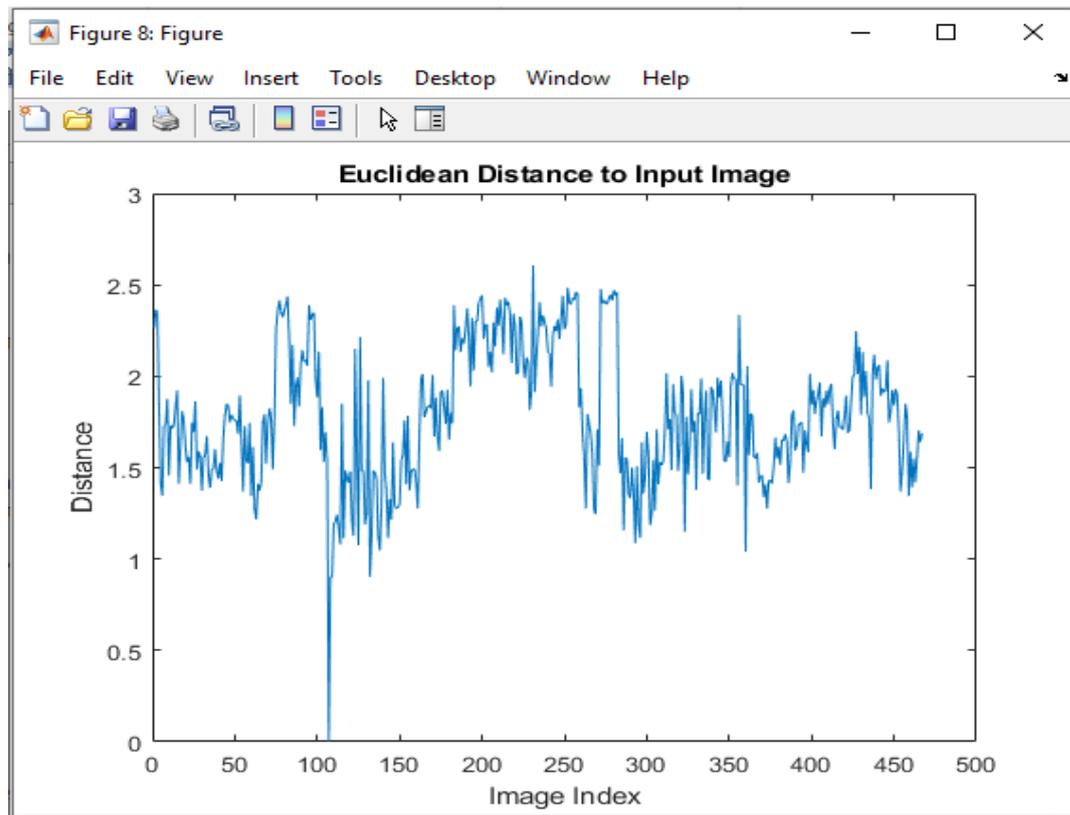


**Figure 46 :** Résultats de la distance euclidienne(Rouille)

❖ Le temps de traitement = 407,8866 secondes.

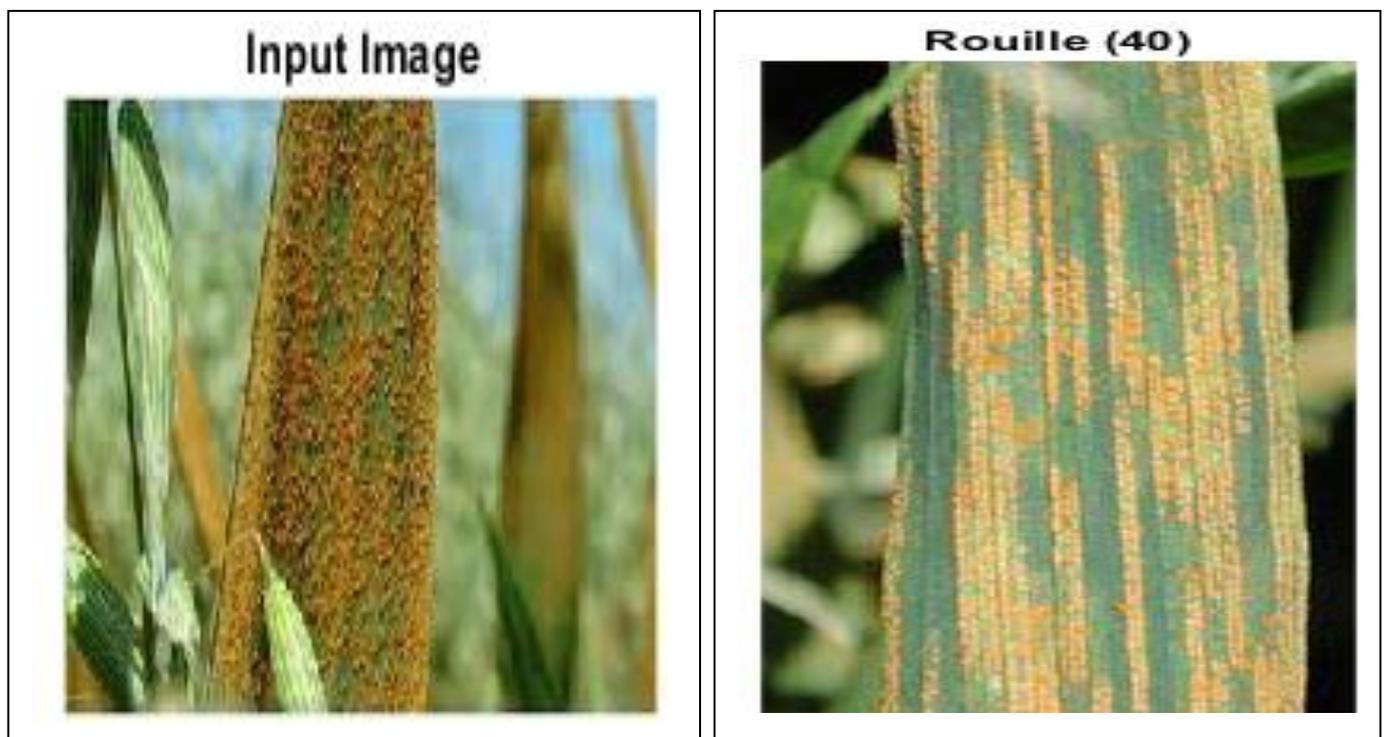


**Figure 47 :** Résultats de recherche d'image similaire à l'image d'entrée (Healthy)

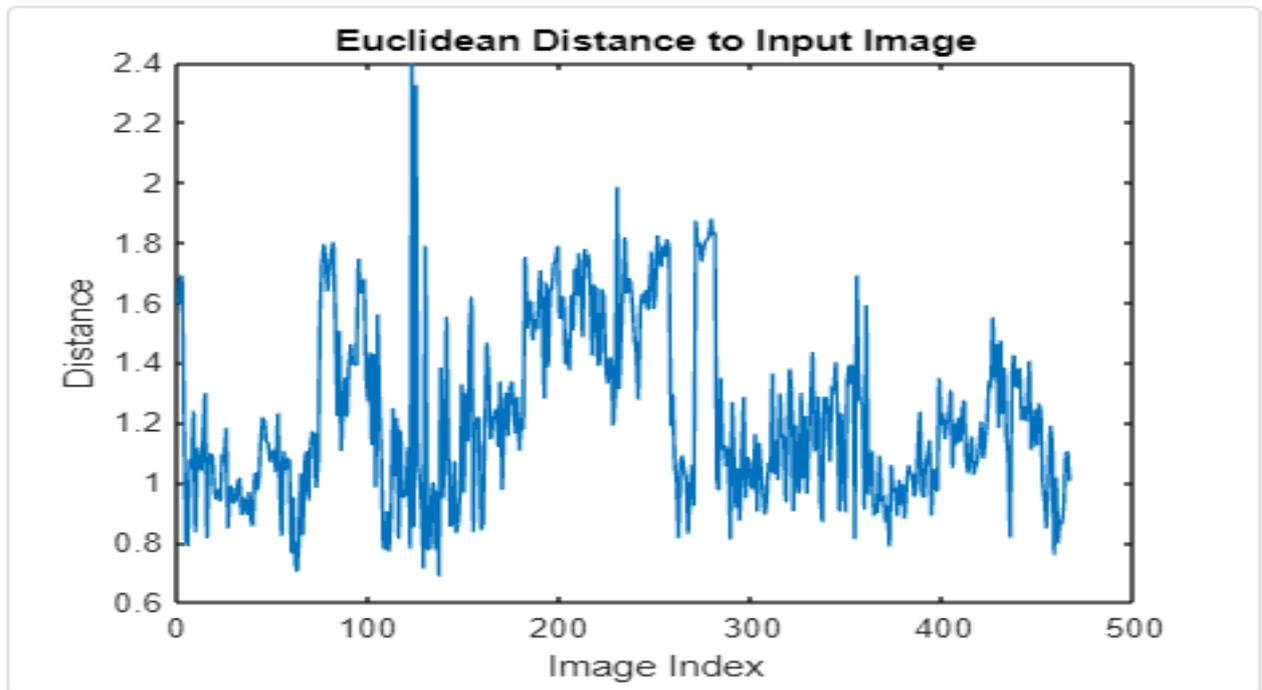


**Figure 48** : Résultats de la distance euclidienne (Healthy)

❖ Le temps de traitement = 965,1911 secondes

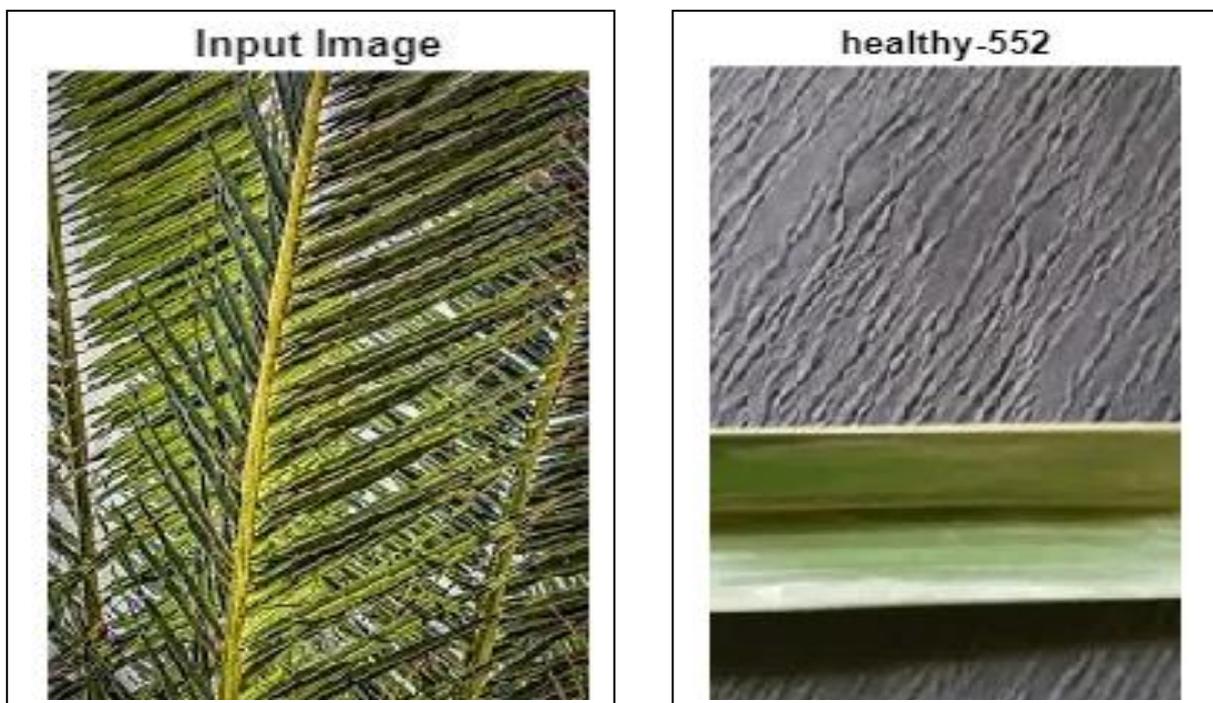


**Figure 49** : Résultats de recherche d'image similaire à l'image d'entrée (Rouille40)

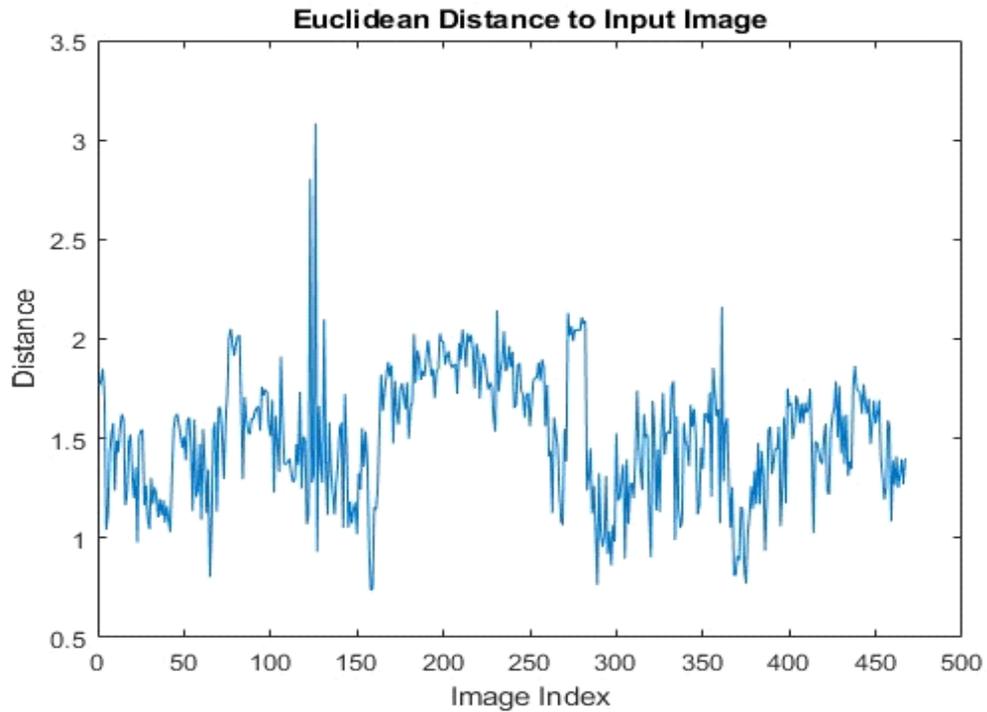


**Figure 50** : Résultats de la distance euclidienne (Rouille)

❖ Le temps de traitement = 407,8866 secondes.



**Figure 51** : Résultats de recherche d'image similaire à l'image d'entrée (healthy)

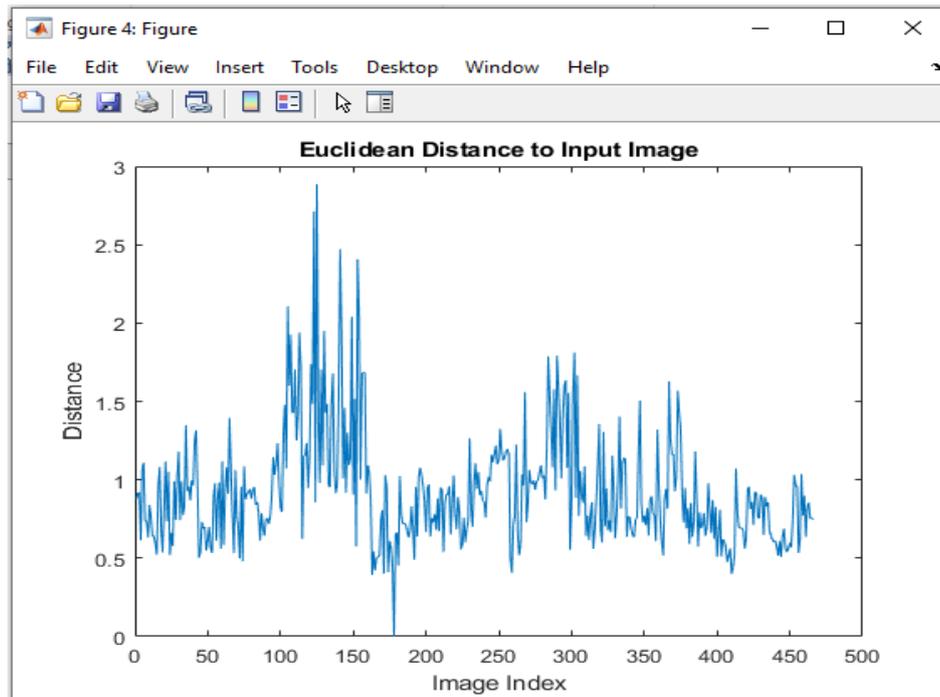


**Figure 52 :** Résultats de la distance euclidienne (palme )

❖ Le temps de traitement =1754,1941secondes

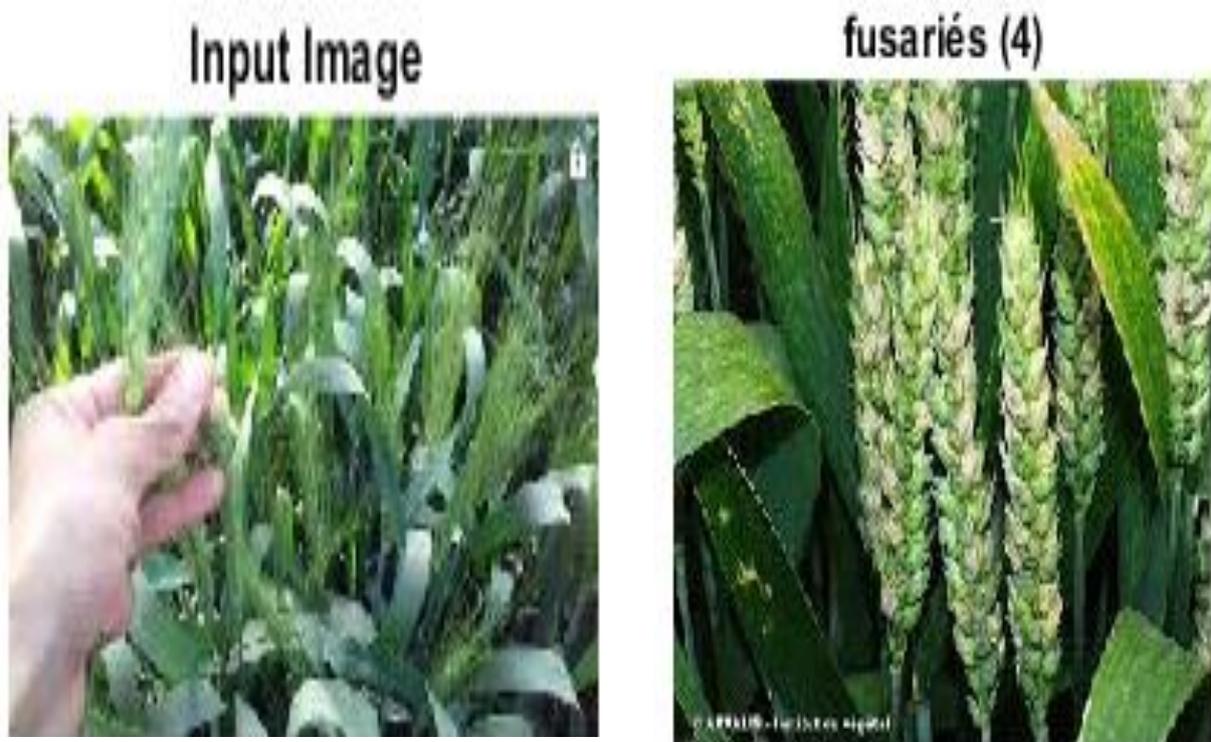


**Figure 53 :** Résultats de recherche d'image similaire à l'image d'entrée (Septoria)

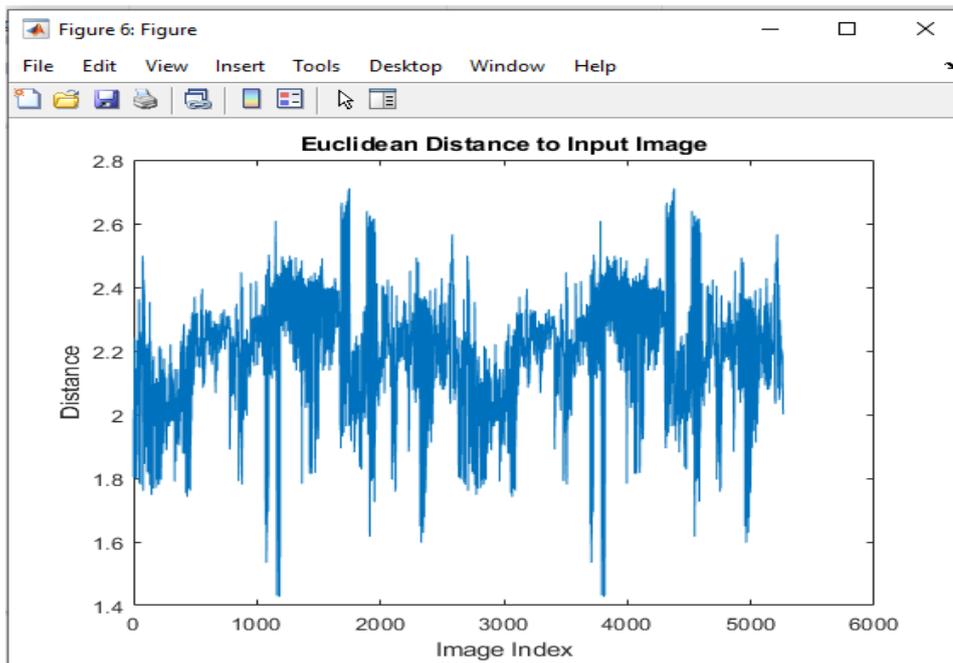


**Figure 54 :** Résultats de la distance euclidienne (Septoria)

❖ temps de traitement =1241,4214secondes



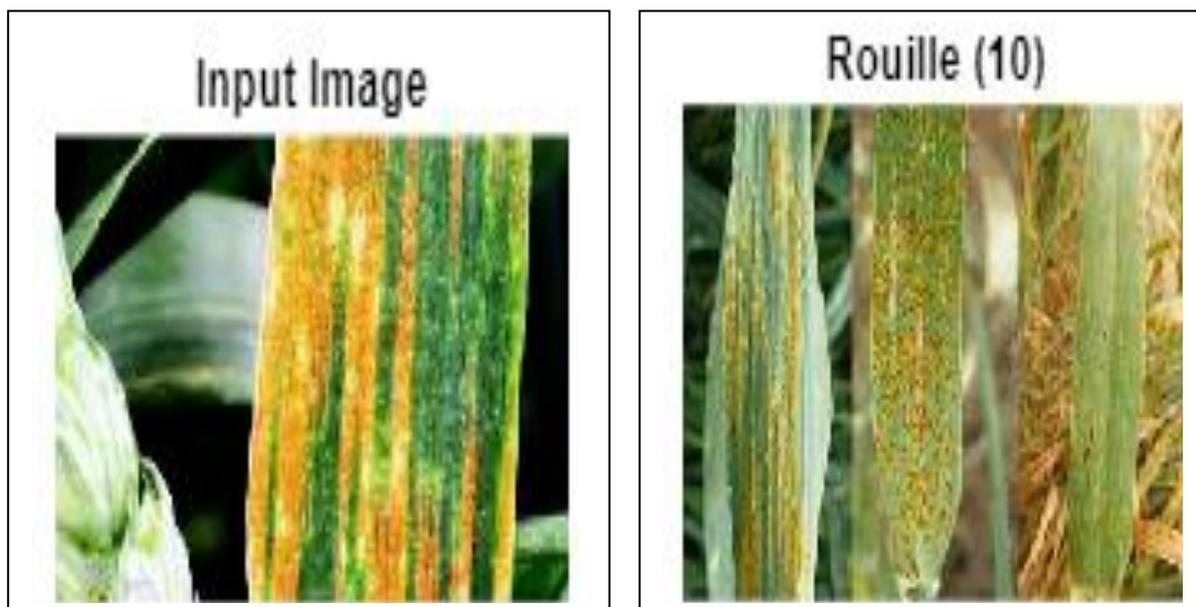
**Figure 55 :** L'analyse de similarité d'images révèle des résultats incohérents



**Figure 56** : Résultats de la distance euclidienne (Septoria)

- ❖ Temps de traitement =388,8424secondes
- ❖ L'image ne correspond pas à l'image d'entrée

### 13.2 Résultats obtenus après analyse avec VGG16 :



**Figure 57** : L'analyse de la similarité des images révèle des résultats incohérents

- ❖ Temps de traitement =388,8424secondes

- ❖ L'image ne correspond pas à l'image d'entrée



**Figure 58** : L'analyse de la similarité des images révèle des résultats incohérents

- ❖ Temps mis pour que ce résultat apparaisse: 404,866secondes
- ❖ L'image ne correspond pas à l'image d'entrée

### 14. La différence entre AlexNet et VGG16 [25]:

Effectivement, la qualité et la clarté des images d'entrée peuvent avoir un impact sur les performances des modèles de détection d'images tels qu'AlexNet. Les réseaux de neurones convolutifs (CNN) tels qu'AlexNet sont entraînés sur de grandes quantités de données d'images afin d'apprendre à extraire des caractéristiques discriminantes à partir des images pour la tâche de détection de similitude.

Cependant, si l'image d'entrée est floue, de mauvaise résolution, trop bruitée ou présente d'autres problèmes de qualité, cela peut rendre difficile pour le modèle de détecter les similitudes avec précision. Les détails importants peuvent être perdus, ce qui peut entraîner des erreurs de classification ou une faible performance dans la détection de similitude.

Il est généralement recommandé de prétraiter les images d'entrée avant de les utiliser avec des modèles de détection d'images. Cela peut inclure des techniques telles que le redimensionnement, le filtrage pour réduire le bruit ou l'amélioration de la netteté de l'image.

## Chapitre 4 : Simulation Arduino et Matlab

---

En améliorant la qualité de l'image d'entrée, vous pouvez augmenter les chances d'obtenir des résultats précis avec des modèles comme AlexNet.

Il est également important de noter que les performances des modèles de détection d'images dépendent de nombreux autres facteurs, tels que la taille et la qualité de l'ensemble de données d'entraînement, la complexité de la tâche de détection de similitude et les paramètres spécifiques du modèle utilisé.

### 15. Comparaison entre ALEXNET et VGG [26]:

AlexNet et VGG sont deux architectures de réseaux neuronaux convolutionnels (CNN) qui ont contribué à l'avancement de la classification d'images. Voici une comparaison entre les deux :

1. Profondeur du réseau : AlexNet est relativement plus petit en termes de profondeur par rapport à VGG. AlexNet compte cinq couches convolutionnelles et trois couches entièrement connectées, tandis que VGG comprend jusqu'à 16 couches convolutionnelles avec des blocs de filtres  $3 \times 3$  empilés.

2. Taille des filtres : Dans AlexNet, on trouve des filtres de taille plus grande ( $11 \times 11$  et  $5 \times 5$ ) dans les premières couches convolutionnelles, tandis que VGG utilise des filtres plus petits ( $3 \times 3$ ) dans toutes les couches. L'utilisation de filtres plus petits dans VGG permet d'apprendre des caractéristiques plus complexes de manière plus efficace.

3. Précision : En termes de précision, les deux architectures ont réalisé des performances remarquables. AlexNet a marqué le début de l'ère des réseaux neuronaux profonds en remportant le défi ImageNet en 2012 avec une précision de 84.7% top-5. VGG a poursuivi cette progression avec une précision de 92.3% top-5 sur ImageNet, établissant de nouvelles références en 2014.

4. Nombre de paramètres : En raison de sa plus grande profondeur, VGG a généralement plus de paramètres qu'AlexNet. Cela signifie que VGG peut être plus coûteux en termes de mémoire et de puissance de calcul pour l'entraînement et l'inférence.

5. Complexité : AlexNet est relativement plus simple à mettre en œuvre et à comprendre en raison de sa structure moins profonde. VGG, avec sa structure plus profonde et ses blocs de filtres empilés, peut être plus complexe à implémenter et à entraîner.

## Chapitre 4 : Simulation Arduino et Matlab

---

En résumé, AlexNet a ouvert la voie aux réseaux neuronaux profonds avec sa victoire dans le défi ImageNet, tandis que VGG a introduit l'utilisation de filtres 3×3 empilés pour améliorer les performances de classification d'images. VGG a atteint une précision encore plus élevée, mais avec une complexité et un nombre de paramètres plus importants. Le choix entre les deux architectures dépend des besoins spécifiques et des contraintes de chaque application.

### **Remarque**

La qualité des images d'entrée peut affecter les performances des modèles de détection d'images tels qu'AlexNet. Les images floues, à faible résolution ou brouillées peuvent entraîner une mauvaise classification.

Par conséquent, les résultats obtenus ne sont pas tous corrects

### **16. Conclusion :**

En conclusion, notre projet combine l'utilisation d'un Arduino connecté à une caméra pour capturer des images de plantes, et l'analyse de ces images dans MATLAB pour détecter les maladies des plantes. Cette approche offre une méthode pratique et efficace pour diagnostiquer les problèmes de santé des plantes.

En utilisant la technologie Arduino, nous pouvons facilement capturer des images de plantes de manière automatisée. Ces images sont ensuite traitées dans MATLAB, où elles sont comparées à une base de données de référence contenant des images de plantes saines et malades.

En détectant les différences et les anomalies dans les images capturées, nous pouvons identifier les signes de maladies ou de problèmes de santé chez les plantes. Cette information permet aux agriculteurs, aux chercheurs et aux passionnés de plantes de prendre des mesures préventives et de traiter rapidement les problèmes de santé des plantes, favorisant ainsi leur croissance et leur rendement.

**CONCLUSION**

**GÉNÉRALE**

## Conclusion générale

---

---

En conclusion, l'utilisation d'Arduino connecté à une caméra et du traitement d'image avec MATLAB ouvre des perspectives prometteuses dans le domaine de la détection précoce des maladies des plantes. Grâce à cette approche, il est possible de capturer des images des plantes affectées, de les analyser sur un ordinateur et de les comparer à une base de données de référence. Les agriculteurs peuvent ainsi bénéficier d'une détection rapide des maladies des plantes, leur permettant de prendre des mesures préventives et d'optimiser leur rendement.

Cependant, il est important de continuer à développer et à améliorer les bases de données d'images de référence. Enrichir ces bases de données avec des images de différentes maladies et de différentes plantes contribuera à obtenir des résultats plus précis et à couvrir un large éventail de problèmes rencontrés par les agriculteurs.

Pour les travaux futurs, il est recommandé de poursuivre la recherche sur l'amélioration des algorithmes de détection, en exploitant les avancées de l'apprentissage automatique et de l'intelligence artificielle. L'intégration de capteurs supplémentaires, tels que des capteurs environnementaux, pourrait également fournir des informations précieuses pour une évaluation plus complète de la santé des plantes.

De plus, il serait bénéfique de développer une interface conviviale et accessible aux agriculteurs, leur permettant de facilement interpréter les résultats de la détection des maladies des plantes et d'obtenir des recommandations appropriées de traitement et de gestion.

En bref, l'utilisation d'Arduino connecté à une caméra et du traitement d'image avec MATLAB présente des avantages significatifs dans la détection précoce des maladies des plantes. En poursuivant les travaux futurs mentionnés et en investissant dans la recherche et le développement, nous pouvons contribuer à améliorer la productivité agricole, à réduire les pertes de récolte et à soutenir les agriculteurs dans la prise de décisions éclairées pour la santé de leurs plantes.

## Références bibliographiques

---

---

- [1] وصفى زكريا. "زراعة المحاصيل الحقلية الجزء الأول دار و المؤسسة", رسلان سوريا دمشق جرمان , 2015
- [2] Marie-Céline Ray. Blé , qu'est-ce que c'est, 25 février 2017
- [3] Le cycle du blé. Infographie ,12 avril 2016
- [4] <https://www.vivescia.com/grand-angle/tous/cereale-quel-est-le-cycle-du-ble>
- [5] شينخوا . "تراجع انتاج الجزائر من الحبوب". العربية نيوز , اغسطس 2021
- [6] Gopalakrishnan, Muralidhar. "Date Palm." August 2007, page 1.
- [7] Arad Brendink, " lassement des pays dans la production de dates", 2003.
- [8] فرحات عباس. "اثر المخطط الوطني للتنمية الفلاحية على زراعة النخيل و انتاج التمور في الجزائر". مجلة العلوم الاقتصادية و العلوم التجارية , العدد 07 , جوان 2012
- [9] Zerrouk, W., Hemissi, S., Aichouch, W., Zerrouk, R. "Étude de terrain sur les ravageurs agricoles courants dans la culture du palmier-dattier dans la wilaya d'El Oued et leurs méthodes de lutte". Mémoire de Master en Physiologie, Université Hamma Lakhdar, 2022/2021.
- [10] Ouellet Cindy . "La fusariose de l'épi chez les céréales". Rap grandes cultures, 2018 , page 2
- [11] Alfredo M. Rome Ethredge. John Youmans. Brian Verme. James Buc. "Identification and control of fusarium head blight (scab) of wheat in Georgia". Uga extension
- [12] Duveiller, E.; Singh, R.P.; Singh, P.K.; Dababat, A.A.; Mezzalama, M. Wheat diseases and pests: a guide for field identification. Mexico: CIMMYT, 2012, 138 pages.
- [13] <http://www.onagri.nat.tn/uploads/filieres/dattes/maladies-dattes.pdf>
- [14] Khazzar-Tech, "Situation de la culture du palmier-dattier en Algérie", L'économie industrielle, vol. 2, no. 1, 2012, pp. 47-58.
- [15] Abdelkader Hakkou .Khadija Chakroune. Faiza Souna. Mohammed Bouakka. La fusariose vasculaire du palmier dattier (bayoud) , université Mohammed Premier, Oujda, Maroc
- [16] Larnina Hafida Khalafi, "Mourad al-bayad: réalité et recherches entreprises", novembre 2020.
- [17] Dr. Mohamed y, Elshurafa. agrosupplies & development co.(asdco) , december 2016
- [18] Ben Aichi, B. (2018). "Les obstacles à la production et à l'exportation des dattes et comment les surmonter." Revue des sciences humaines, numéro 3.
- [19] Maîtrise de mathématiques. L'intelligence artificielle. université paris 5, 1999/2000

## Références bibliographiques

---

---

- [20] Sahli, Souha. "Prédiabète: Un Système de Détection et Prédiction de Diabète." Mémoire de Fin d'étude en Systèmes Informatiques. Université de 8 Mai 1945 Guelma, Juin 2022.
- [21] Batta, Mahesh. "Machine Learning Algorithms - A Review." International Journal of Science and Research (IJSR), Vol. 9, Issue 1, January 2020.
- [22] Fenu, G. & Mallocci, F. M. Forecasting plant and crop disease: an explorative study on current algorithms. Big Data Cogn. Comput. 5, 2 (2021).
- [23] Moualek, Djaloul Youcef. "Deep learning pour la classification des images." Mémoire de Master en Informatique, Université Abou Bakr Belkaid Tlemcen, 3 Juillet 2017.
- [24] Laith Alzubaidi, Jinglan Zhang, Amjad J. Humaidi, Ayad Al-dujaili, ye duan, Omran Al-Shamma, J. Santamaría, Mohammed, Fadhel, Muthana al-Amidie, Laith Farhan. Review of deep learning: concepts, cnn architectures, challenges, applications, future directions. alzubaidi et al. j big data, (2021)
- [25] Siddharth Das. Cnn architectures: lenet, alexnet, vgg, googlenet, resnet and more. analytics vidhya , nov 16, 2017
- [26] H. Alaeddine and M. Jihene, "Deep Batch-normalized eLU AlexNet For Plant Diseases Classification," 2021 18th International Multi-Conference on Systems, Signals & Devices (SSD), Monastir, Tunisia, 2021, pp. 17-22,
- [27] Rahaman, M.M., Azharuddin, M. "Wireless sensor networks in agriculture through machine learning: A survey." Computers and Electronics in Agriculture, Volume 197, June 2022.
- [28] Charaf Eddine, M. , Abdelkader, S., Fares, C., Mohammed Djaafar, M. "Etude et réalisation d'un suiveur solaire photovoltaïque." Master en Electromécanique, Université Echahid Hamma Lakhdar d'El-Oued, 2021-2022.
- [29] Présentation de la carte arduino, psi- lycée camille guérin ,2014/2015
- [30] RIAHI Ilham. "Etude, simulation et réalisation de mini-générateurs BF et d'un mini-voltmètre AC-DC piloté par une carte Arduino Uno R3." Mémoire de Master en Electronique, Université Aboubakr Belkaïd-Tlemcen, Juin 2017.
- [31] <https://www.utmel.com/components/ov7670-camera-module-datasheet-specifications-and-comparison?id=797#cat4>
- [32] [https://link.springer-com.snd11.arn.dz/content/pdf/10.1007/978-1-4842-3960-5\\_15.pdf?pdf=core](https://link.springer-com.snd11.arn.dz/content/pdf/10.1007/978-1-4842-3960-5_15.pdf?pdf=core)
- [33] Ov7670/ov7171 cmos vga (640x480) camerac hip. Proprietary to omnivision technologies, version 1.3, april 5, 2006
- [34] Athulya Simon. Camera with pic32, december 12, 2014

## Références bibliographiques

---

---

[35] <https://www.instructables.com/how-to-connect-ov7670-to-arduino-due/>

[36] Hari Sudhan, R., Ganesh Kumar, M., Udhaya Prakash, A., Anu Roopa Devi, S., Sathiya, P.: Arduino ATmega-328 Microcontroller. Int. J. Innov. Res. Electr. Electron. Instrum. Control Eng. 3(4) (2015)

[37] Aqeel anwar. "Difference between alexnet, vggnet, resnet, and inception. published in towards data science" , juin 2019

[38] [http://web.mit.edu/6.111/www/f2016/tools/OV7670\\_2006](http://web.mit.edu/6.111/www/f2016/tools/OV7670_2006).

[39] Boulkroune Ramzi. "Réalisation D'un Réseau de Capteurs Sans Fil pour la Surveillance de l'Agriculture Céréalière". Mémoire de fin d'études, Master en Télécommunications, Université Badji Mokhtar - Annaba, 2021/2022.