

Détection automatique des carences nutritionnelles des agrumes par modèle de Deep Learning

Zainab AZOUGH^{*1,1'}, Mariem HANNACHI¹, Zhor ABAIL^{1'}, Mohamed CHIKHAOUI¹,
Mustapha Naimi¹, Mostafa BELLAFKIH², Abdelmjid ZOUAHRI^{1'}, Ahmed DOUAIK^{1'}, Hassan
BENAOUDA^{1'}, Marieme SEIF-ENNASR¹

1 Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II, Madinat Al Irfane, BP 6202, Rabat, Maroc.

1' Institut National de la Recherche Agronomique, Avenue Ennasr, BP 415 Rabat Principale, 10090 Rabat, Maroc

2 Institut National des Postes et Télécommunications, Rabat, Maroc

* zainab.azough@gmail.com

PLAN

Introduction

Problématique et Objectifs

Méthodologie et Approche

Présentation des résultats

Conclusions et perspectives



Introduction

Les enjeux de la fertilisation en agrumiculture



Coûts élevés

Les fertilisants représentent une grande partie des coûts de production



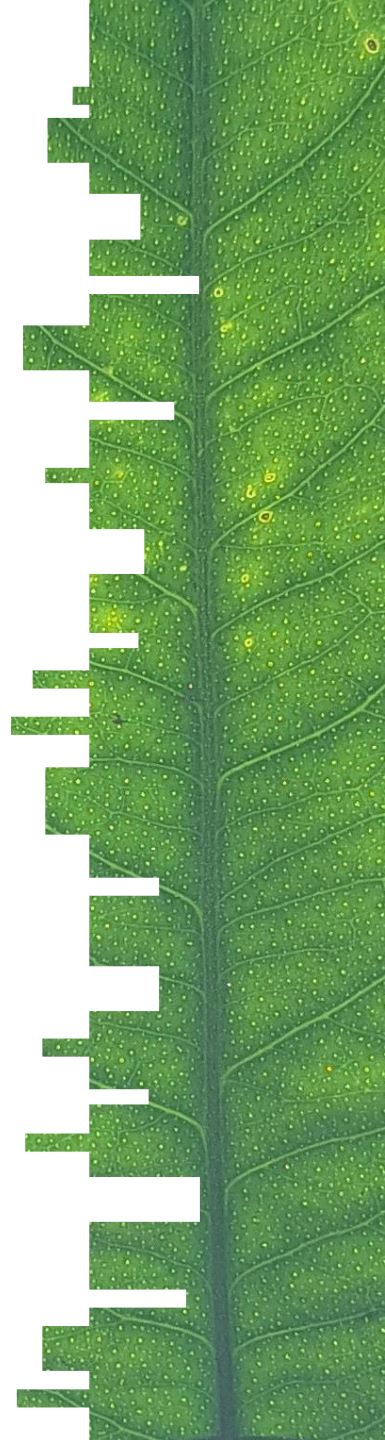
Utilisation en excès

Surutilisation des nutriments → baisse de rentabilité



Impact environnemental

Excès d'engrais → pollution des sols et des nappes phréatiques



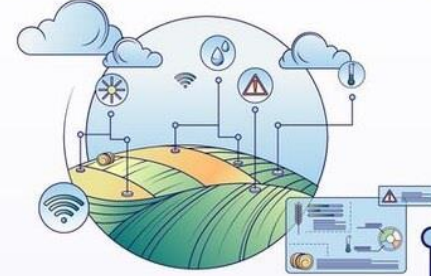
Introduction

Les avancées technologiques en agriculture

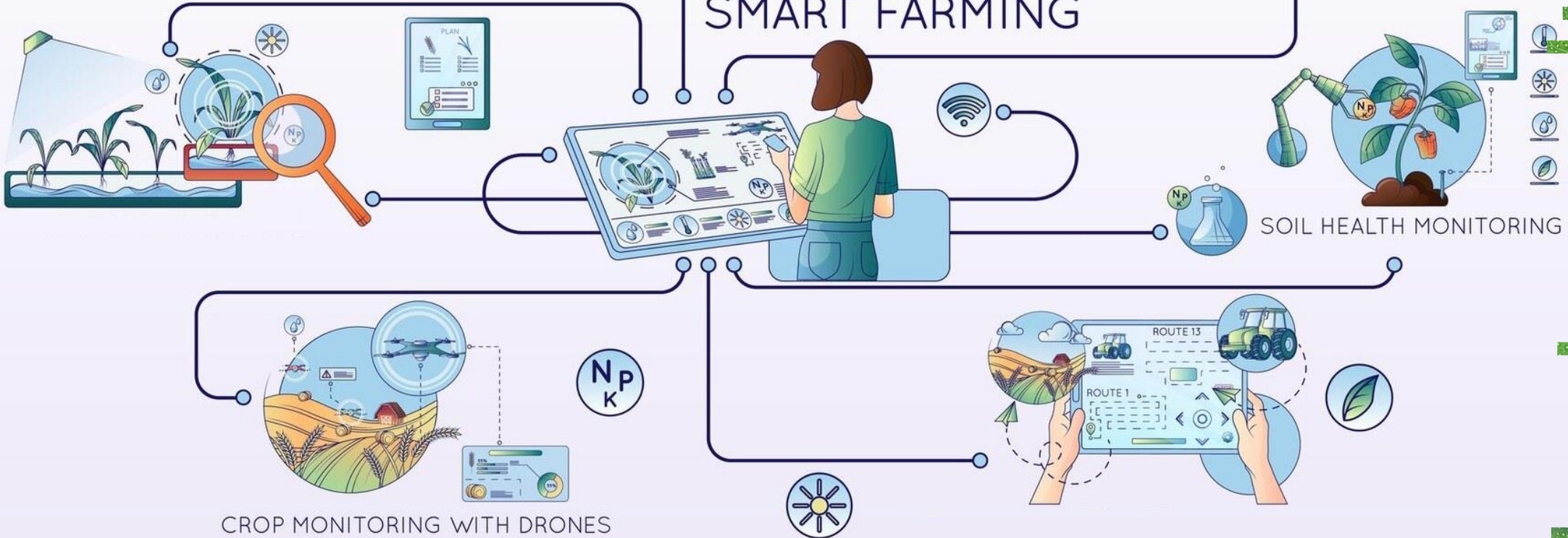
AUTOMATED IRRIGATION SYSTEMS



SMART FARMING SENSORS

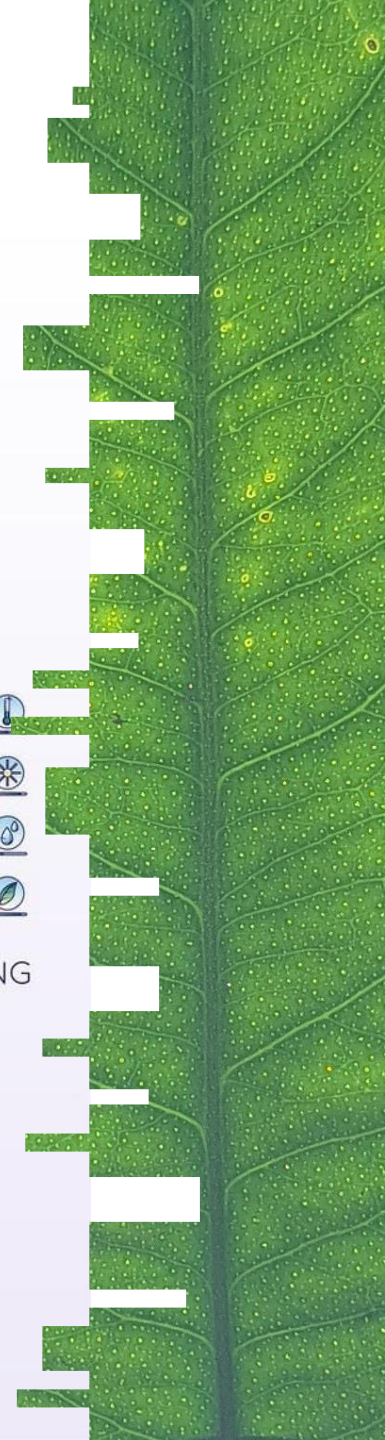


SMART FARMING



SOIL HEALTH MONITORING

CROP MONITORING WITH DRONES



Introduction

Créer des méthodes intelligentes pour améliorer les processus; mettre les données à la portée et usage des décideurs

Information

Recueillir l'information et décider en étant informé

Nouvelles approches technologiques intelligentes

Data

Créer de la valeur ajoutée à partir des données

Réduction des coûts, Réduction de l'impact sur l'environnement; Optimiser l'usage des intrants

Optimiser et gérer les processus et leur suivi

Optimization

Smart Agriculture

Digital Farming

Precision Agriculture



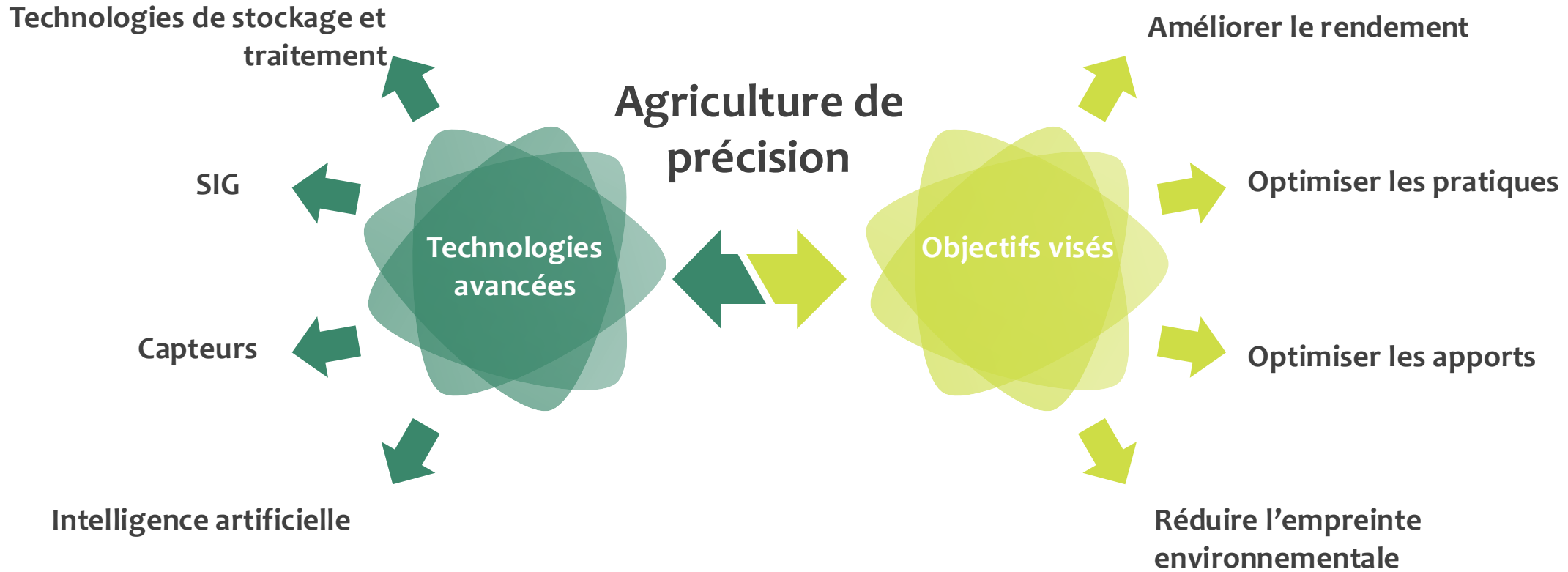
Introduction

“Precision agriculture is the application of technologies and principles to manage spatial and temporal variability associated with all aspects of agricultural production for the purpose of improving crop performance and environmental quality,”

Francis J. Pierce, Peter Nowak, Aspects of Precision Agriculture, Advances in Agronomy, Academic Press, Volume 67, 1999, Pages 1-85, ISSN 0065-2113, ISBN 9780120007677
[https://doi.org/10.1016/S0065-2113\(08\)60513-1](https://doi.org/10.1016/S0065-2113(08)60513-1)



Introduction



Introduction

Diagnostic nutritionnel, détection des carences Optimisation de la fertilisation des cultures

Identification des carences

Analyse des caractéristiques de la plante



Carences en éléments
NPK, minéraux..

Gestion des apports
Estimer les besoins
Apporter avec précision



Traitement d'images pour
l'identification rapide et l'estimation
des carences et l'optimisation des
apports

Caractéristiques apparentes de la plante
Couleur, apparence, forme..



Problématique et Objectifs

Le défi: le diagnostic nutritionnel

L'identification des carences nutritionnelles des agrumes

Difficulté d'identifier et différencier
entre les carences



Nécessité de l'expertise humaine

Intervention corrective
impactée: retards, types
d'apports..

Les solutions traditionnelles



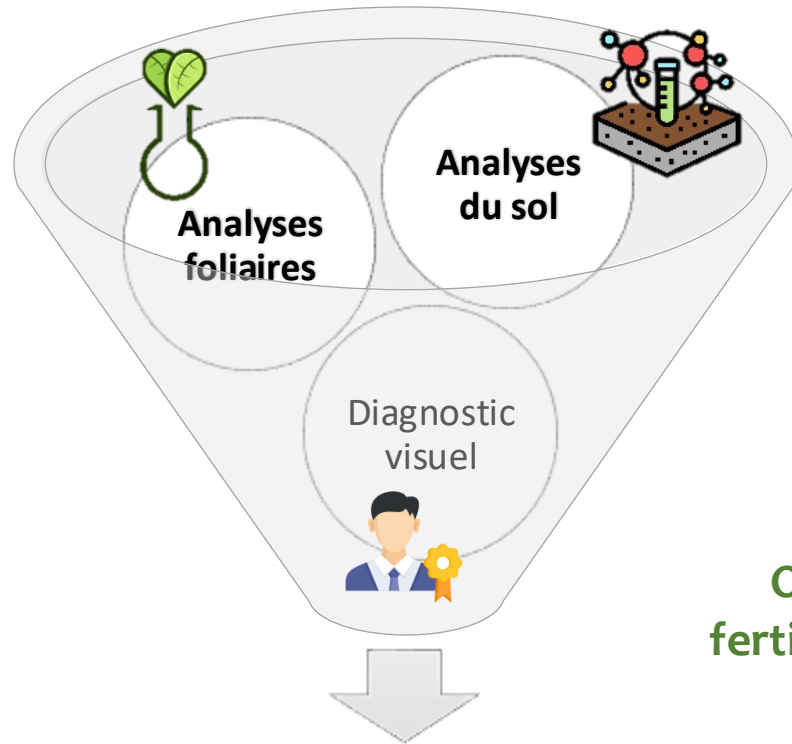
Analyses en laboratoire
Analyses foliaires et de sol
Diagnostic visuel



Problématique et Objectifs

Le défi: le diagnostic nutritionnel

L'identification des carences nutritionnelles des agrumes



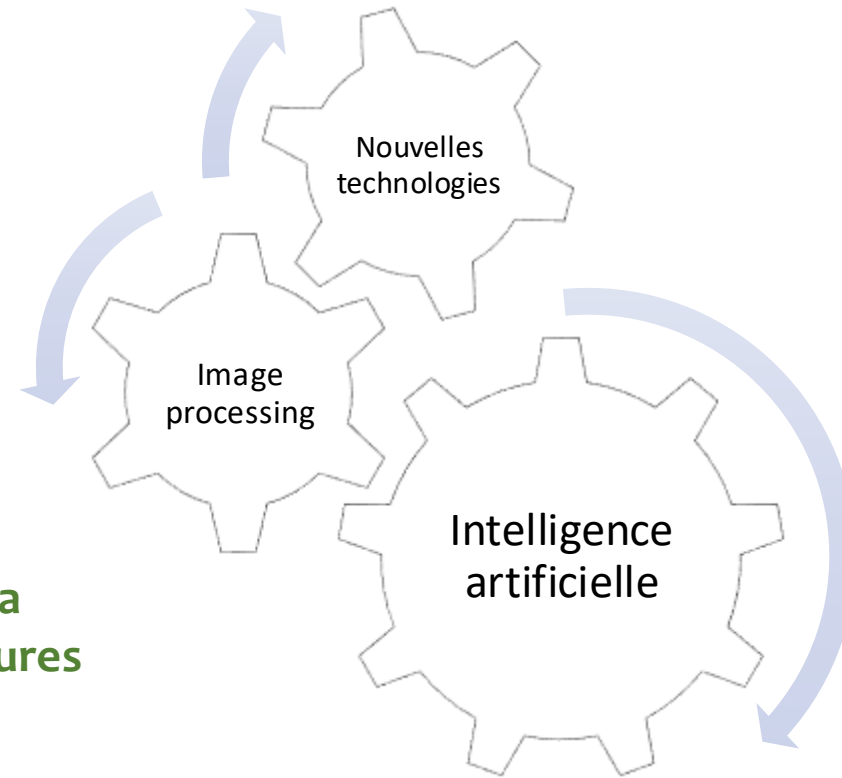
Destructives

Coûteuses

Relativement lentes

Laborieuses

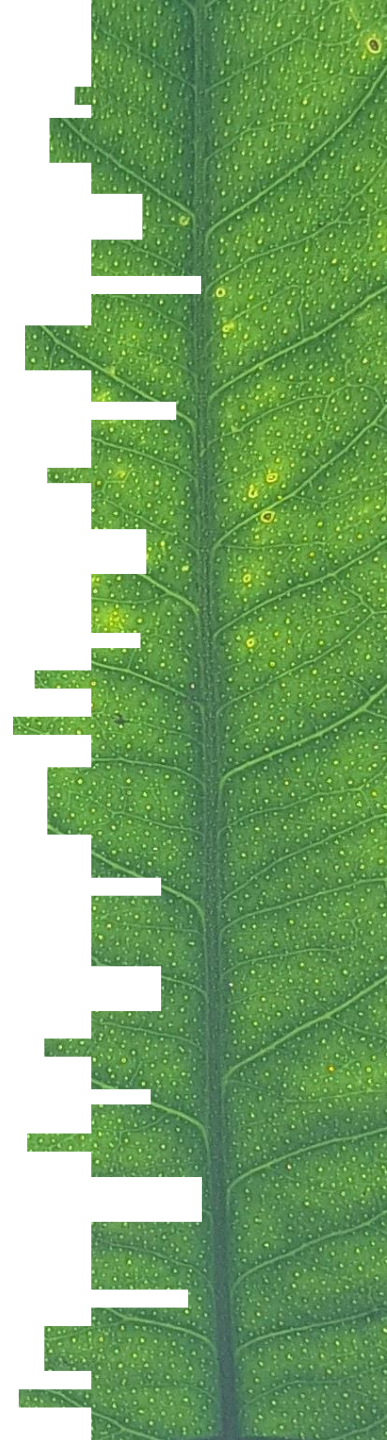
Optimisation de la fertilisation des cultures



Prédiction rapide des carences

Prédiction précise des carences

Recommandation optimale des apports



Méthodologie et Approche

Benchmark sur les solutions digitales pour la gestion de la nutrition des plantes

le diagnostic et la protection des cultures

la nutrition et la fertilisation des cultures



Guide simple des images des carences

Détection de manque des engrais

Détection précise mais application non locale

Service Docteur des plantes ne détecte pas les carences

Détection de la carence +
Calculateur des engrais non local

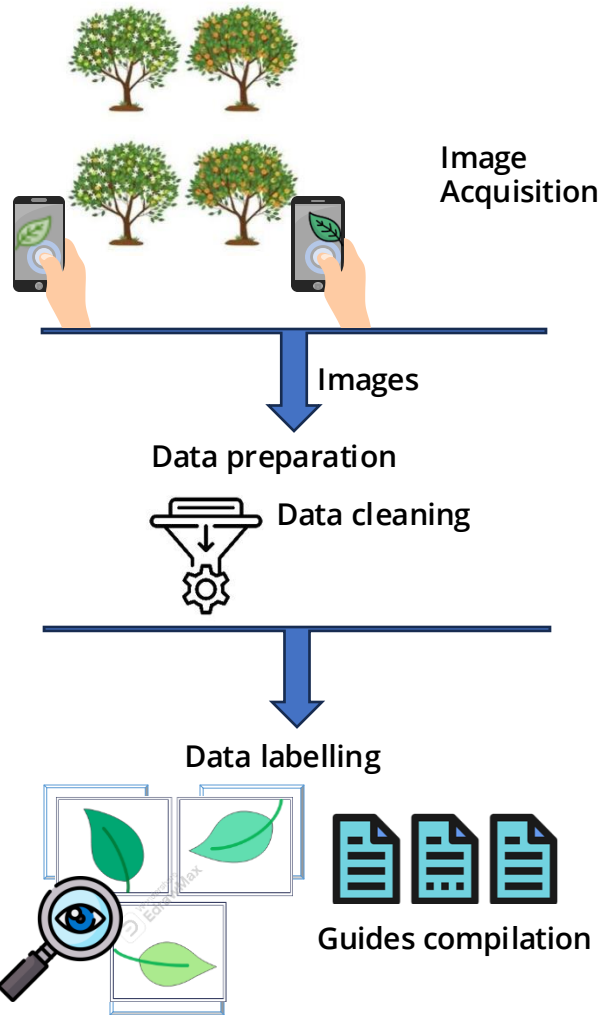
Programme de fertilisation non local

Recommandations en NPK
N'incluent pas les agrumes

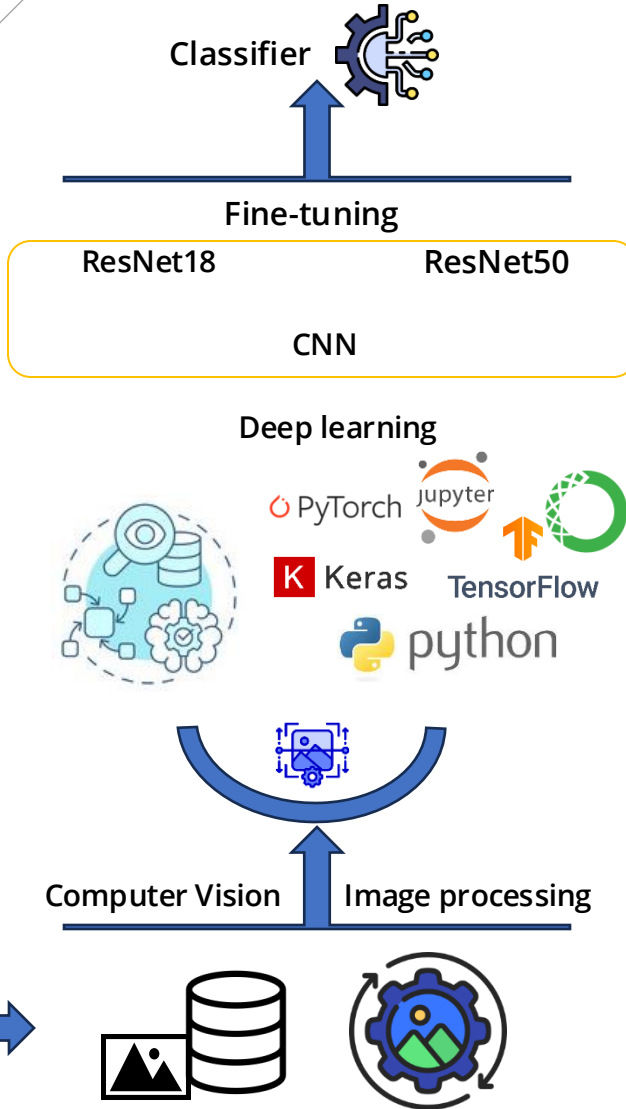


Méthodologie et Approche

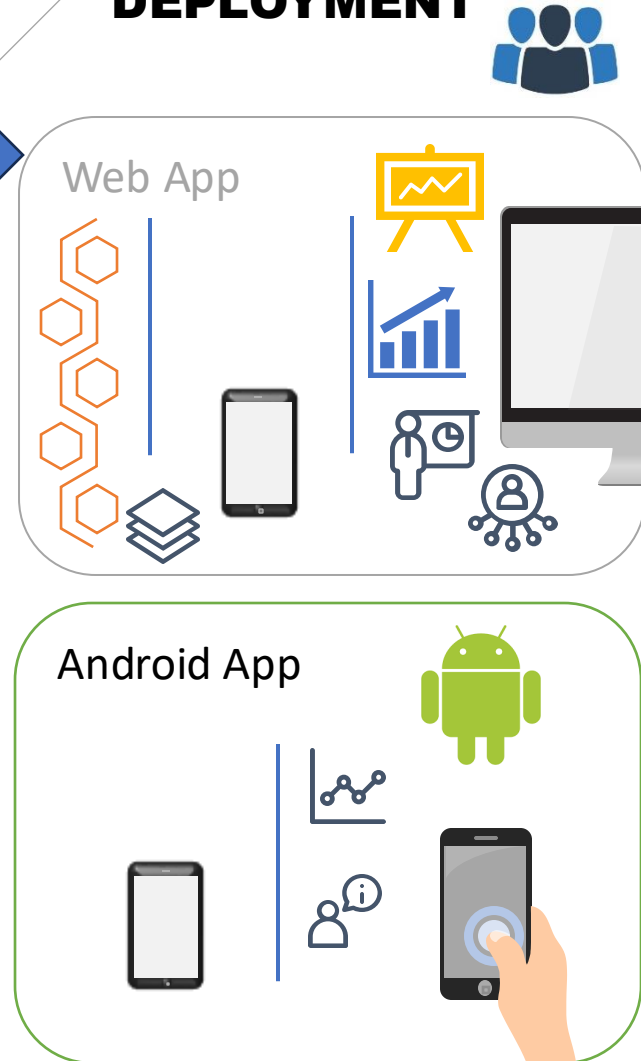
DATA COLLECTION



MODEL DEVELOPMENT



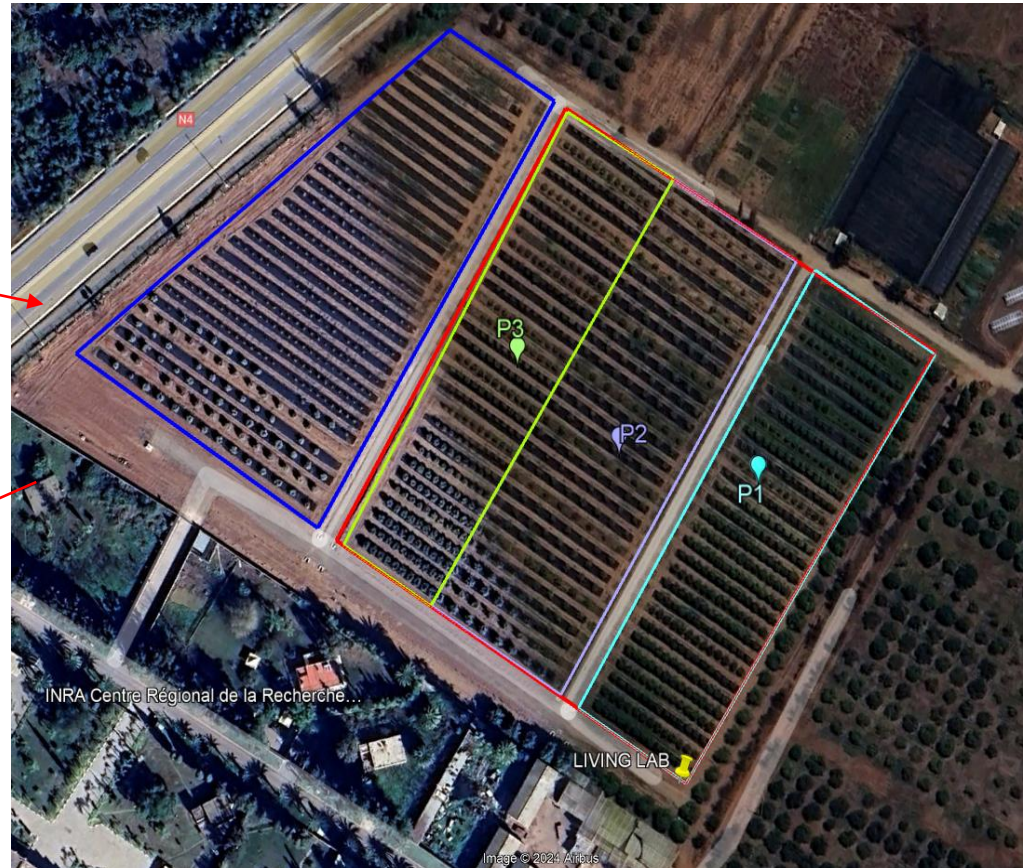
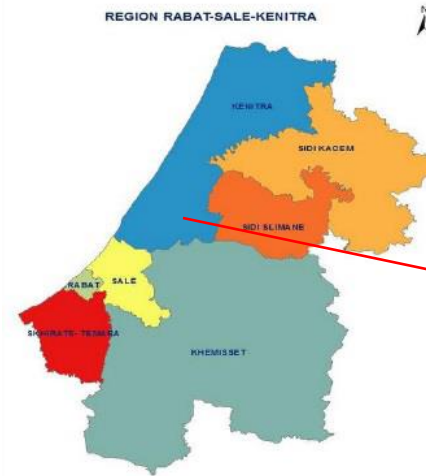
DEPLOYMENT



Méthodologie et Approche

Zone d'étude

Domaine expérimental El Menzeh



Oranges

Petits fruits



Méthodologie et Approche

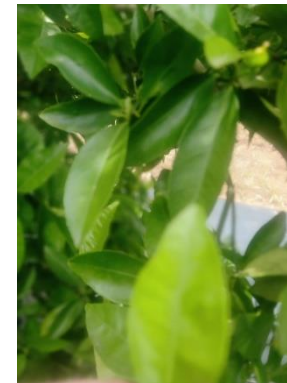
Collecte des images

Images des feuilles capturées par
caméras de smartphones

Total de 3600 Images capturées
sur arbre

Préparation des données

Nettoyage de la base de données : images



Méthodologie et Approche

Labélisation et classification des images

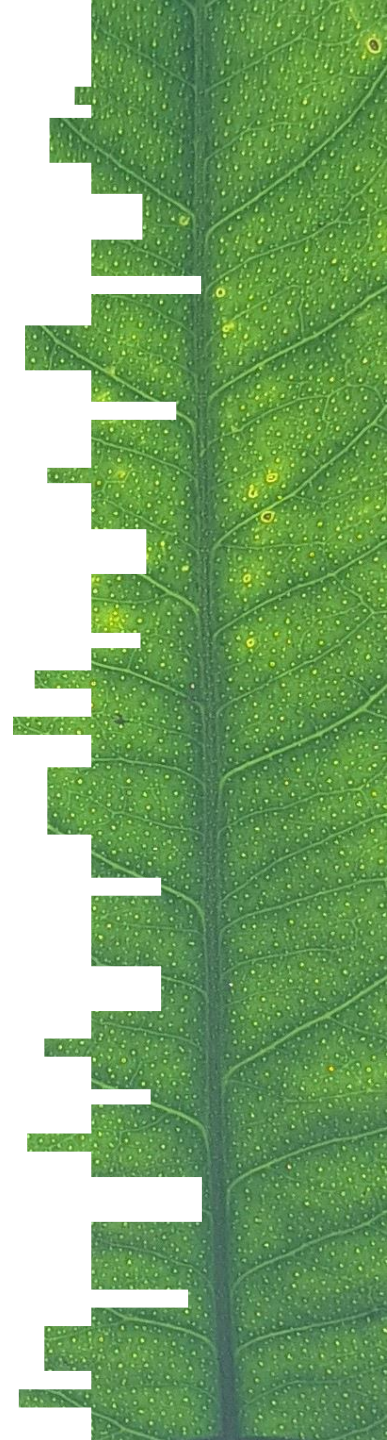
3660 images

13 classes

- Feuilles saines (908)
- Manganèse (483)
- Zinc (473)
- Phosphore(326)
- Azote (312)
- Fer (271)
- Magnésium (159)
- Cuivre (133)
- Potassium (111)
- Calcium (40)
- Soufre (47)
- Bore (1)
- Images Exclues (380)



Guides d'identification
de carences

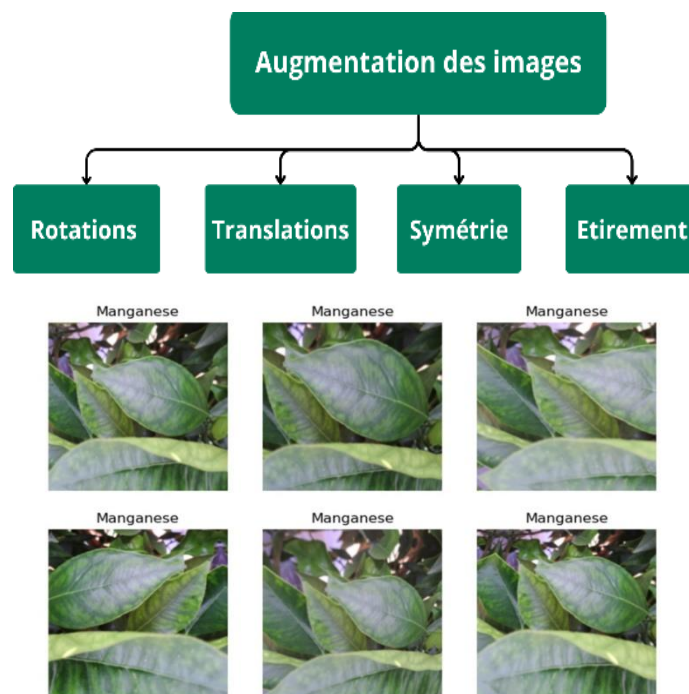


Méthodologie et Approche

Pré-traitement des images

Redimensionnement
des images

 python™ **FastAI**
Squish

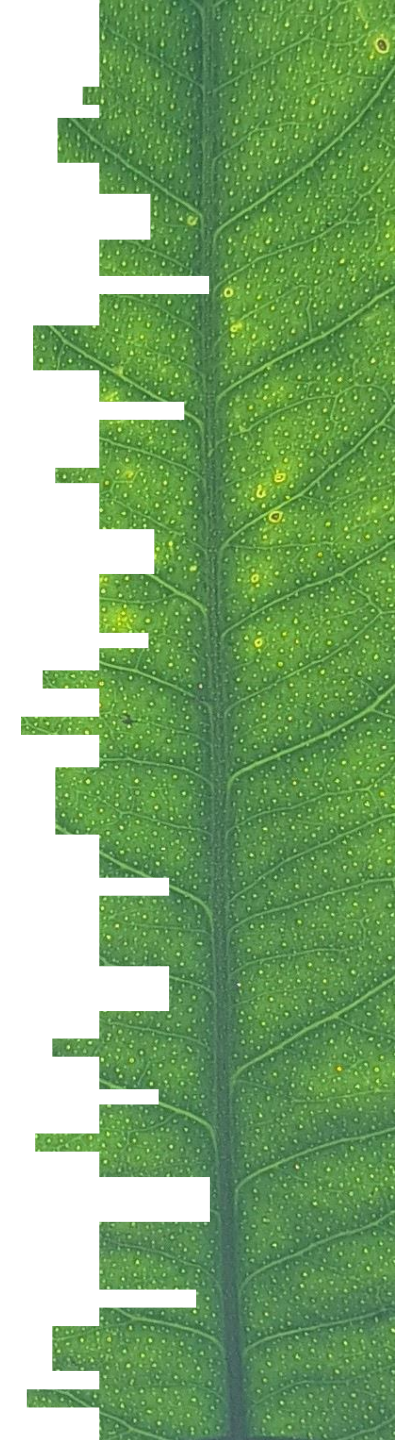


Préparation des données de test

Division du jeu de données

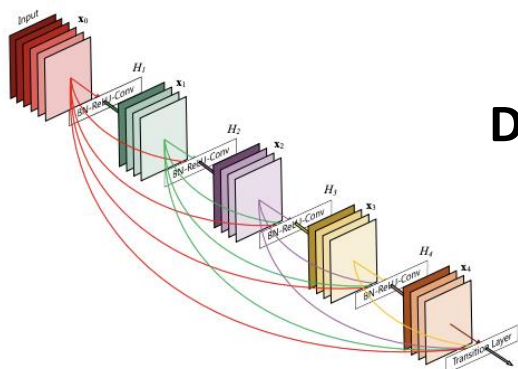
80%
Entrainement

20%
Test



Méthodologie et Approche

Entraînement du modèle



Deep learning

Choix de l'architecture CNN :

- Les CNN (Convolutional Neural Networks) sont idéaux pour la vision par ordinateur.
- Bonne performance pour l'extraction de caractéristiques hiérarchiques (textures, formes et motifs)



ResNet 18

He et al (2015)

Approche de fine tuning



ResNet 50



python Importation des Bibliothèques Nécessaires

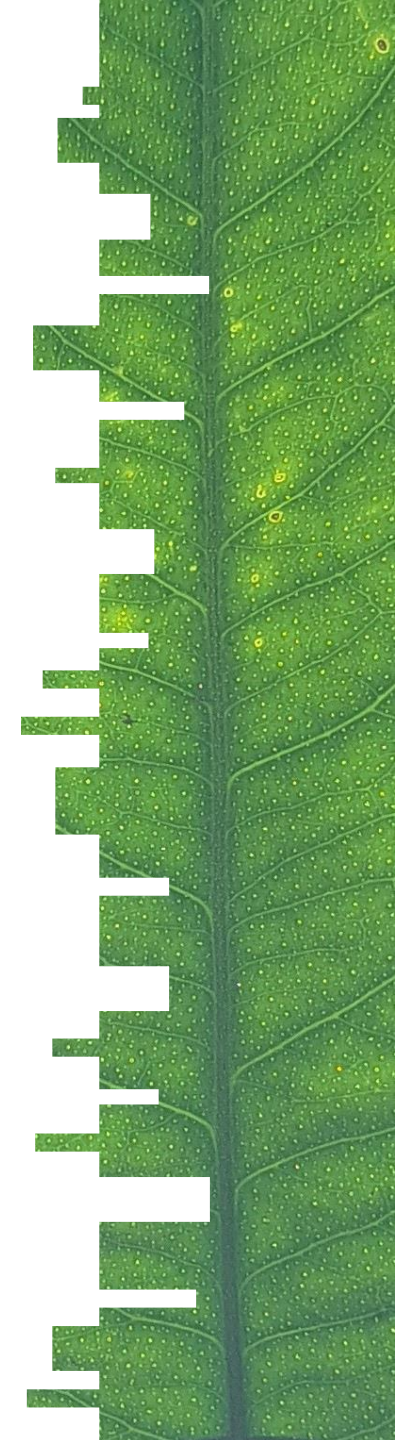


gradio

FastAI

Pathlib et Platform

NumPy et PIL



Présentation des résultats

Précision des modèles entraînés

Resnet 18 : 55,06%

Resnet 50 : 55,38%.

Précision modérée

- Déséquilibre des classes
- Similarité des carences
- Taille du dataset

```
learn = vision_learner (dls, resnet18, metrics=accuracy)
learn.fine_tune(5)
```

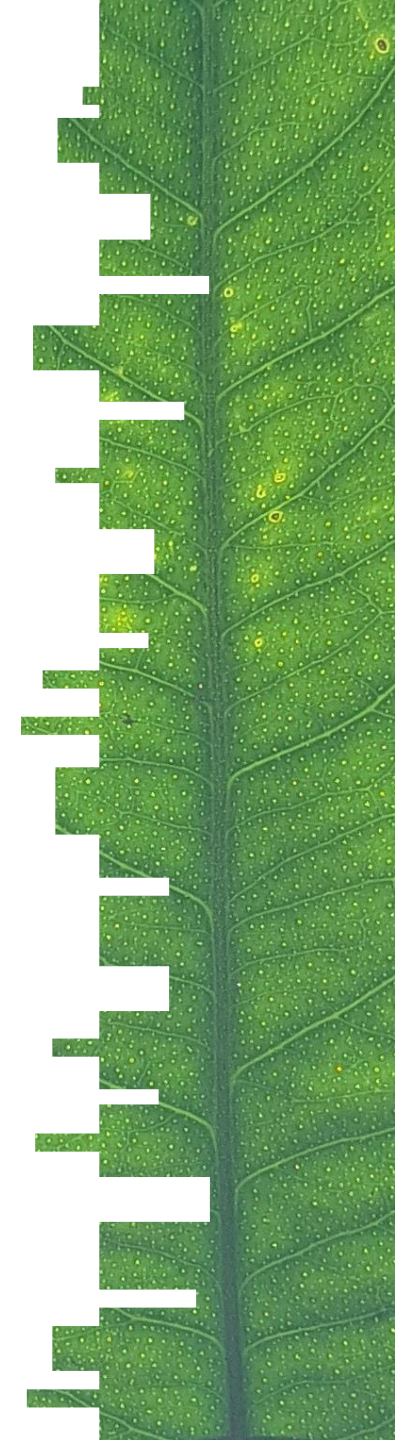
epoch	train_loss	valid_loss	accuracy	time
0	2.882051	1.955896	0.423313	35:33

epoch	train_loss	valid_loss	accuracy	time
0	2.309530	1.676534	0.476994	38:46
1	2.017577	1.599654	0.490798	1:49:18
2	1.753891	1.448315	0.529141	53:15
3	1.633602	1.357841	0.547546	50:28
4	1.433998	1.359112	0.550614	51:19

```
learn1 = vision_learner (dls, resnet50, metrics=accuracy)
learn1.fine_tune(5)
```

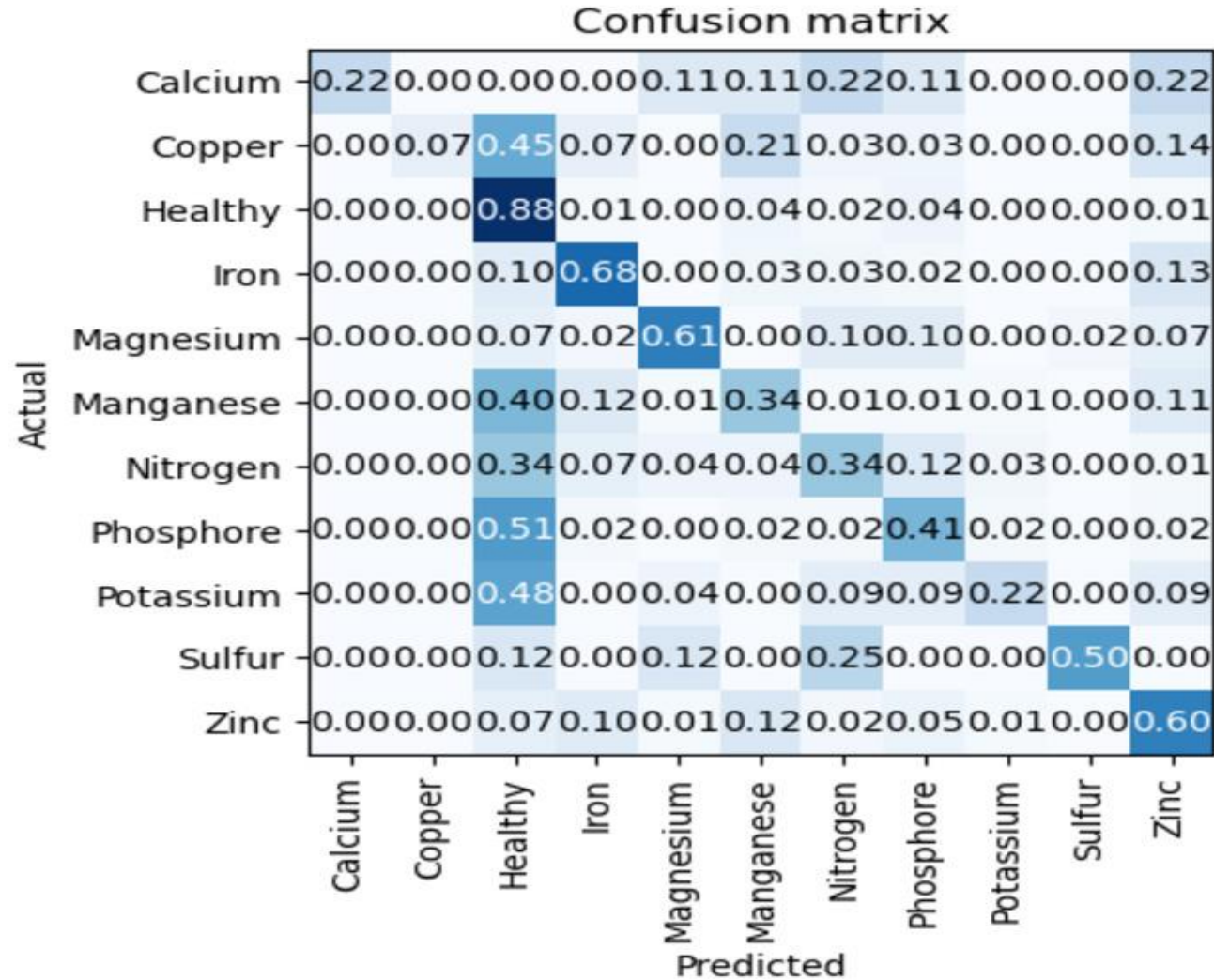
epoch	train_loss	valid_loss	accuracy	time
0	3.062352	2.190532	0.361963	1:05:03

epoch	train_loss	valid_loss	accuracy	time
0	2.275180	1.771910	0.500000	1:11:05
1	2.047385	1.599481	0.496933	1:11:08
2	1.718912	1.379890	0.538344	1:09:50
3	1.529192	1.275388	0.558282	1:10:38
4	1.356319	1.278237	0.564417	1:11:34



Présentation des résultats

Matrice de confusion

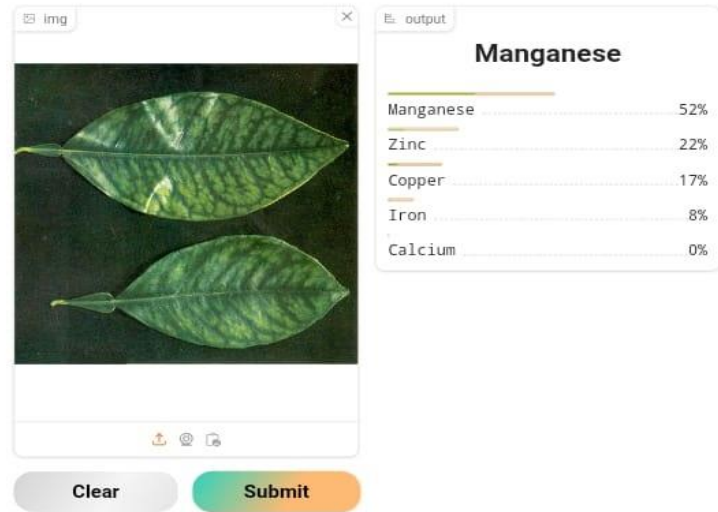


Présentation des résultats

Test du modèle

Nutrient Deficiency Classifier in Citrus

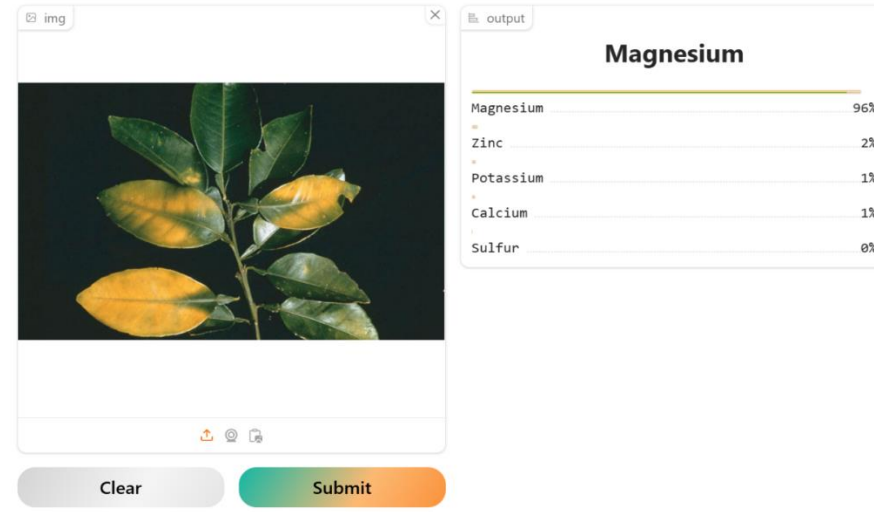
Classifier trained on images of citrus leaves.



Elalaoui (2013)

Nutrient Deficiency Classifier in Citrus

Classifier trained on images of citrus leaves.

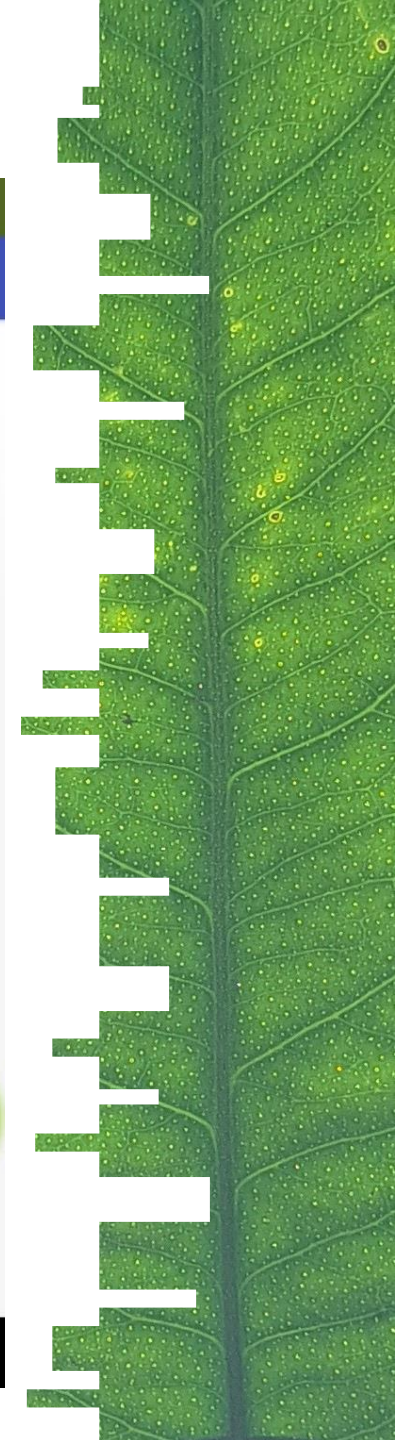
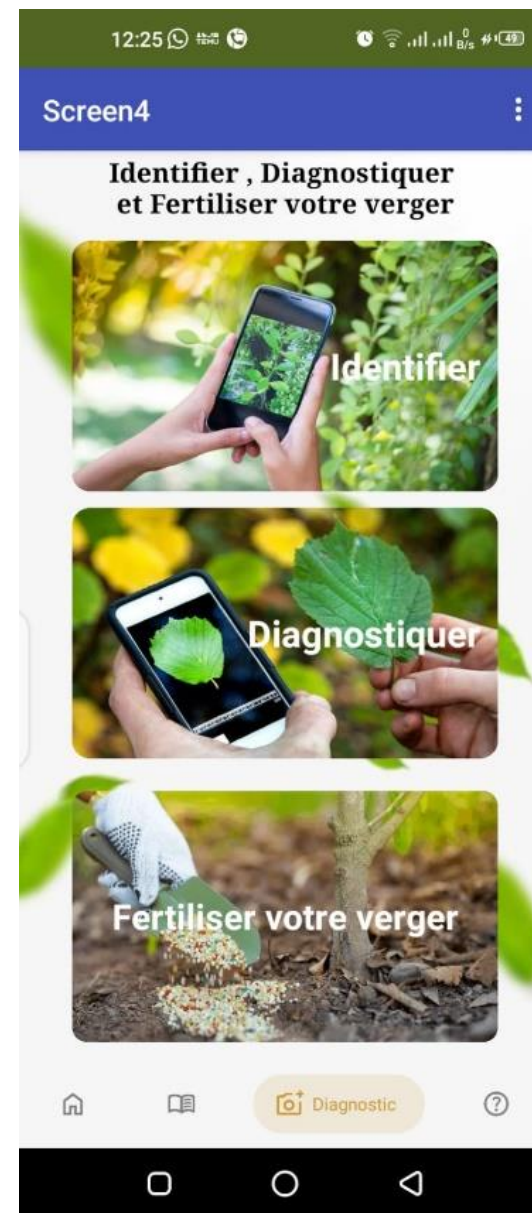


Futch et Tucker (2021)



Présentation des résultats

Interface mobile

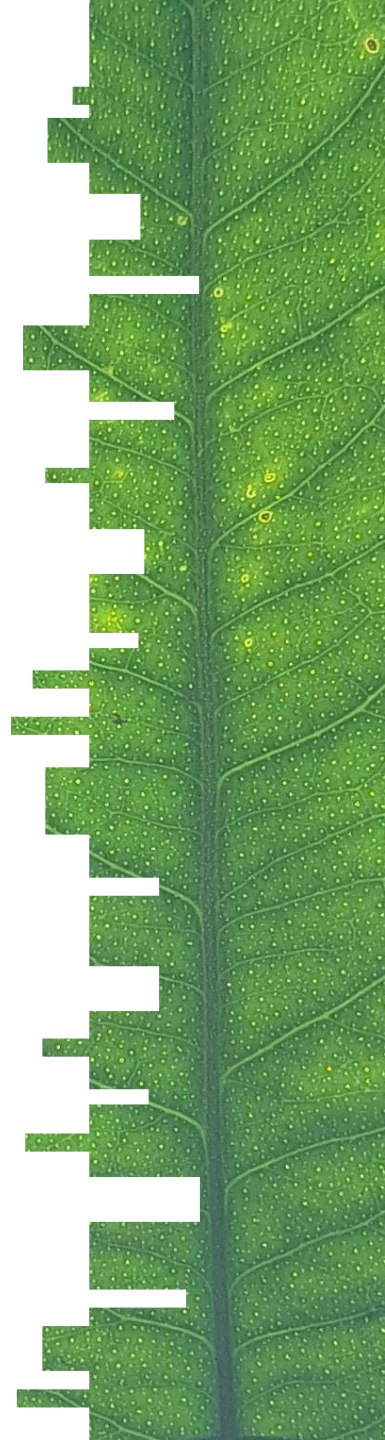


Conclusions

Les limites des méthodes traditionnelles incitent à faire recours aux nouvelles technologies, notamment l'IA pour développer les processus de la gestion de la fertilisation.

L'IA et le deep learning montrent à travers ce travail un fort potentiel à être exploité pour concevoir des solutions intelligentes et rapides aux défis de diagnostic nutritionnel et de détection de carences dans les agrumes.

Le test de ces solutions intelligentes se fait à travers le développement de plusieurs interfaces devant être accessibles, locales et rapides, qui offre à l'agriculteur marocain plusieurs fonctionnalités qui lui viendront en aide à la décision.



Perspectives

01

Enrichissement du dataset

Élargir la zone d'étude et enrichir le dataset par plus d'images.

02

Amélioration de l'entraînement du modèle

Tester d'autres architectures et approches de deep learning et améliorer les différents paramètres d'entraînement.

03

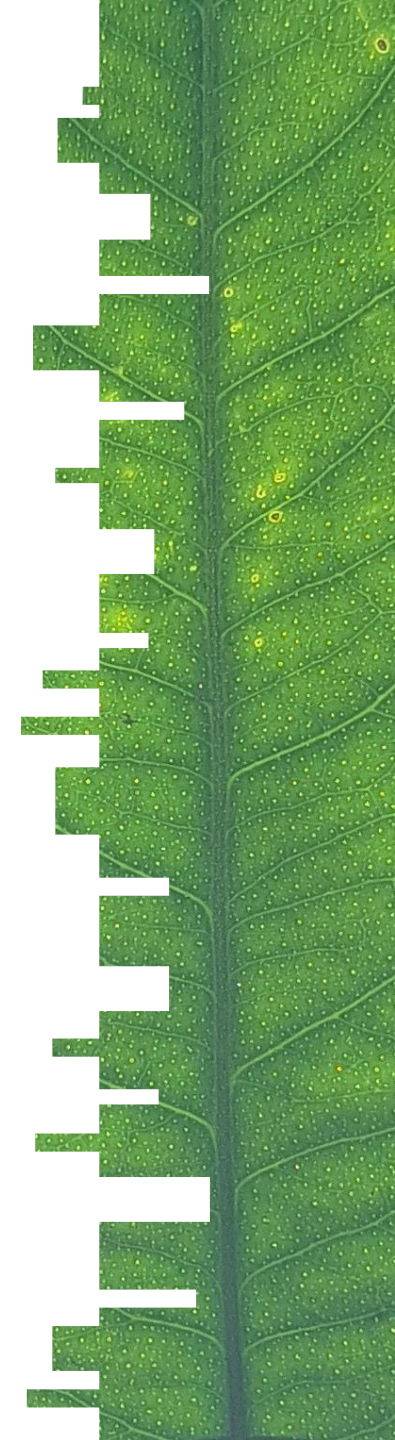
Corrélation avec d'autres données

Inclusion des images multispectrales prises par drone et des résultats d'analyses foliaires et de sol dans les données d'entrée fournies pour entraîner le modèle.

04

Inclusions des spécificités locales

Enrichir la bibliothèque en contribuant aux guides d'identification de carences des agrumes au Maroc.



Remerciements



Merci



Détection automatique des carences nutritionnelles des agrumes par modèle de Deep Learning

Zainab AZOUGH*^{1,1'}, Mariem HANNACHI¹, Zhor ABAIL^{1'}, Mohamed CHIKHAOUI¹,
Mustapha Naimi¹, Mostafa BELLAFKIH², Abdelmjid ZOUAHRI^{1'}, Ahmed DOUAIK^{1'}, Hassan
BENAOUDA^{1'}, Marieme SEIF-ENNASR¹

1 Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II, Madinat Al Irfane, BP 6202, Rabat, Maroc.

1' Institut National de la Recherche Agronomique, Avenue Ennasr, BP 415 Rabat Principale, 10090 Rabat, Maroc

2 Institut National des Postes et Télécommunications, Rabat, Maroc

* zainab.azough@gmail.com