

Phénotypage multispectral de graines de blé à haut débit. Apport du deep learning

Benoit Jaillais*, Alioune Dieye

StatSC, Oniris INRAE, Rue de la géraudière, 44322, Nantes, France

Heliospir 2021

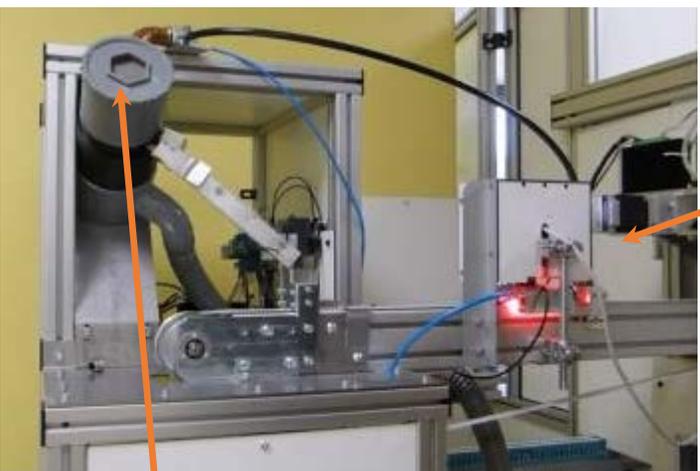
Contexte et enjeux

- Changement climatique => défis majeur pour l'agriculture mondiale => sélection de cultures à haut rendement adaptées.
- Marqueurs ADN et puces de génotypage => facilement obtenus et utilisés en routine.
- **Sélection phénotypique** végétale : nouvelles technologies permettant de comprendre de la fonction des gènes et des réponses environnementales.
- Phénotypage des plantes : identification des effets sur le phénotype, résultant des différences de génotype et des conditions environnementales => collecte rapide, précise et avec exactitude, sur des milliers de plantes et de parcelles de terrain.
- Différence de vitesse entre l'extraction des phénotypes sur le terrain ou en laboratoire et la vitesse du génotypage => **goulot d'étranglement**.
- Eliminer le "goulot d'étranglement du phénotypage" et augmenter le débit d'analyses => SPIR : spectre unique ⇔ associer à un caractère de tolérance recherché. Variabilité des formes des organes étudiés => vision par ordinateur. =>=> **imagerie multispectrale** combine l'image et le spectre => nombre conséquent d'informations phénotypiques en une seule analyse.
- 80 lots d'échantillons = 20 accessions × 2 lieux × 2 années.
- Robot de phénotypage «Phenotim» avec imagerie multispectrale à leds => convoyage et coupe de grains, présentation camera et stockage grain coupé.
- Images **multispectrales** => estimation des **traits phénotypiques** à **haut-débit** du robot (> 500 images par période de 24h00) => nécessité d'utiliser le deep learning pour traiter ce volume de données dans des conditions de temps raisonnables.
- Traits phénotypiques mesurés : dimensions du grain coupé : longueur et largeur, la profondeur moyenne du sillon, l'épaisseur des couches périphériques et la vitrosité / grain et /variété (moyenne, écart-type et variance)

Robot de phénotypage haut-débit



PHENOME
PARADIS D'AGRICULTURE FPPN



INRA
SCIENCE & IMPACT

Phenotim

Image de détection

Image multispectrale

Image R2: 2 / 10

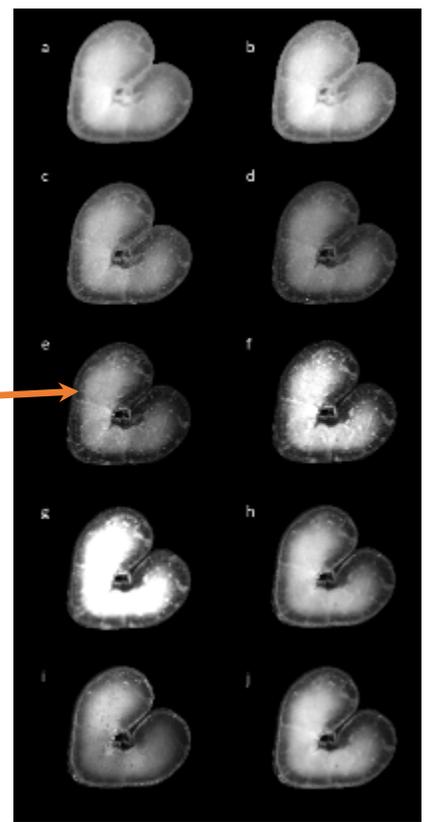
Informations grains / plaques

Informations sur l'acquisition

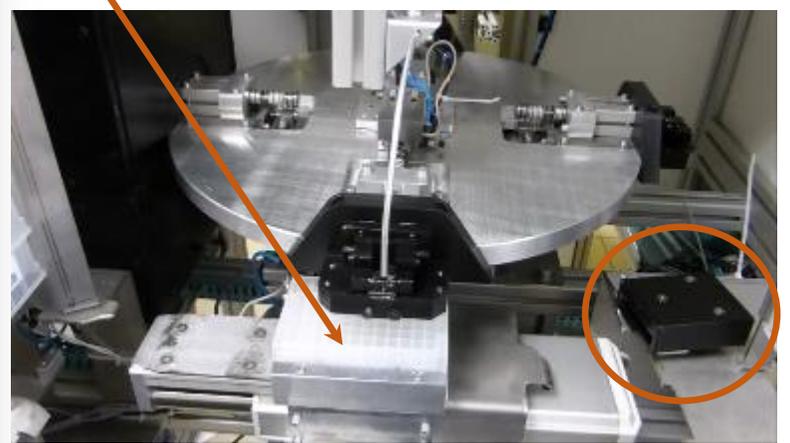
Espèce	Blé
Variété	Verdot
Année de production	2012
Lieu de production	Angoulême
Code	ABC123
Type de plaque	96 puits
Nombre de grains à traiter	20
Nombre de grains traités	20

Longueur = 8.2583 mm
Largeur = 3.3881 mm
Surface = 28.001 mm²
Dist coupe = 4.1262 mm
Discrimination = Ok pour analyse

Démarrage **Quitter**



300 à 500 échantillons/jour



Traçabilité « .csv »

	A	B	C	D	E
1	Datetime	Espec	Variete	Annee de production	Lieu de production
2	22/03/2021 10:12	ble	TILEK	2021	INRA
3	22/03/2021 10:13	ble	TILEK	2021	INRA

F	G	H	I
Nom de code	Indice du grain courant	Nombre total de K	Type plaque (96,24)
4INRArep1	1	960	96
4INRArep1	2	960	96

Phenotim

Image de détection

Image multispectrale

Informations grains / plaques

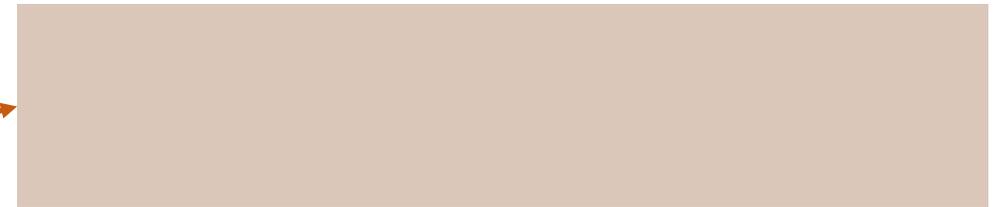
Informations sur l'acquisition

- Espec: ble
- Algorithme: Ble
- Variete: 04194
- Annee de production: 2010
- Lieu de production: Clermont
- Code: romac
- Type de plaque: 96 (defaut)
- Nombre de grains à traiter: 960
- Nombre de grains traitées: 934 / 960

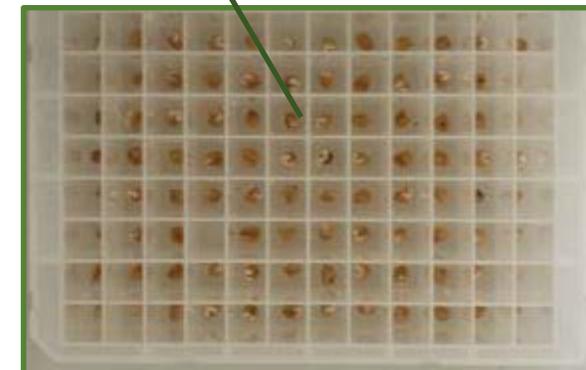
Longueur = 6.3038 mm
 Largeur = 2.9151 mm
 Surface = 14.0681 mm²
 Dist coupe = 3.1919 mm
 Discrimination = OK pour analyse

Image RT: 1 / 10

Demarrage Pause Quitter

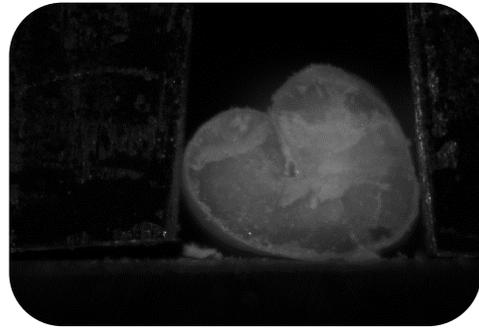


N	O
Coord plaque ligne	Coord plaque colonne
A	1
A	2

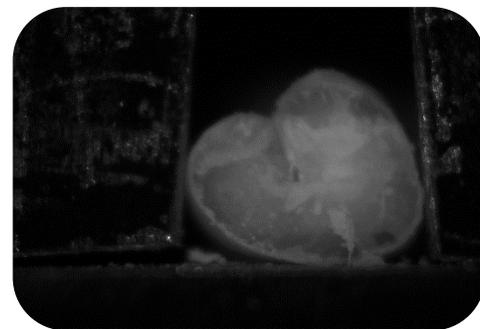


P	Q
Fichier image du K	poscoupe
20210322_101030_ble_TILEK_2021_INRA_4INRArep1\20210322_101030_ble_TILEK_2021_INRA_4INRArep1_0001_960.tif	13.3395
20210322_101030_ble_TILEK_2021_INRA_4INRArep1\20210322_101030_ble_TILEK_2021_INRA_4INRArep1_0002_960.tif	13.2103

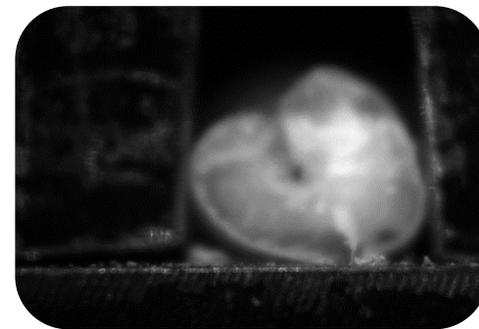
Images multi-spectrales



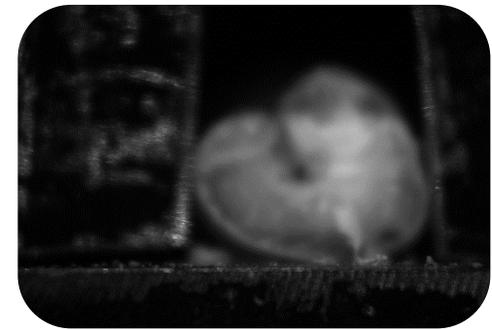
Infrarouge 1



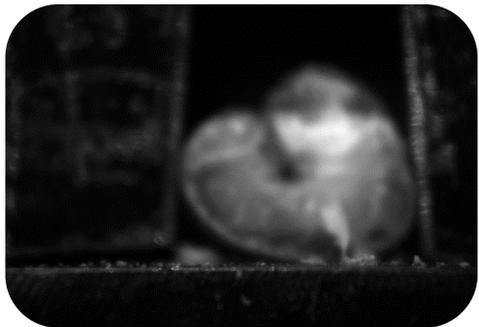
Infrarouge 2



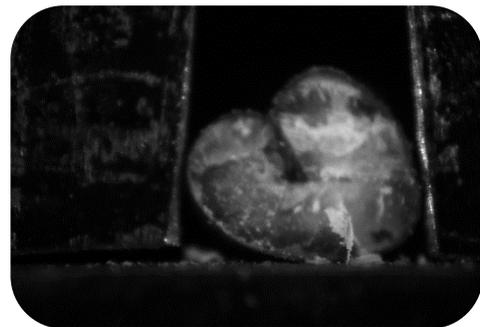
rouge



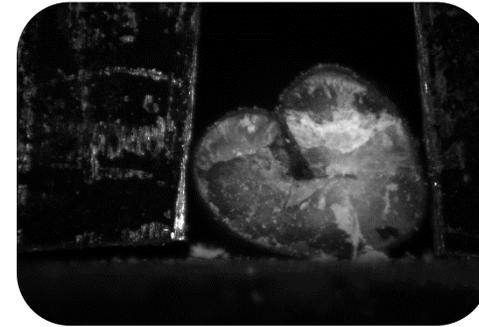
vert



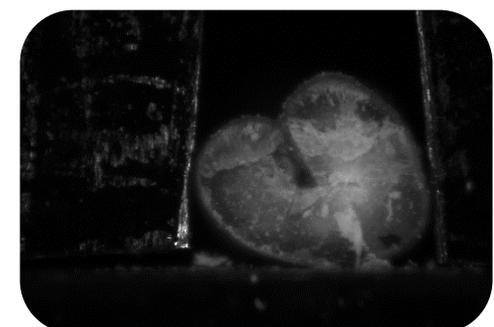
bleu



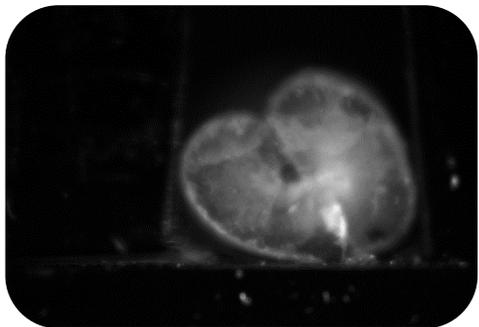
Ultra-violet 1



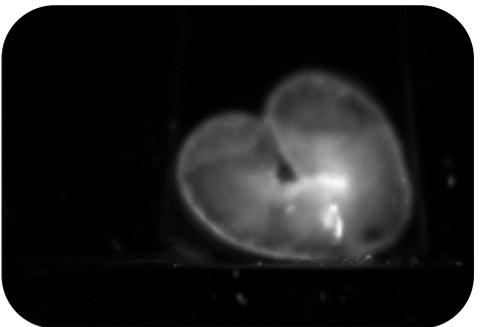
Ultra-violet 2



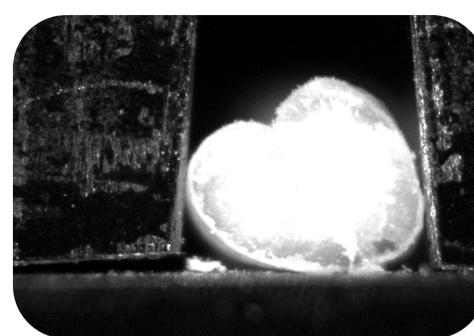
Ultra-violet 3



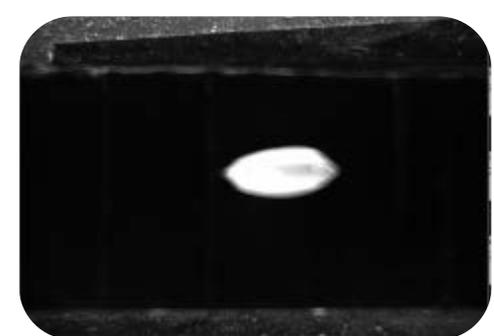
Ultra-violet 4



Ultra-violet 5

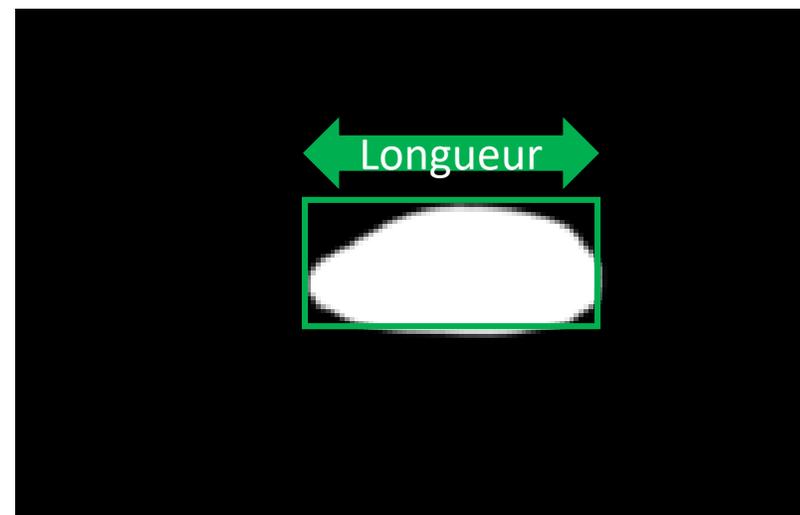
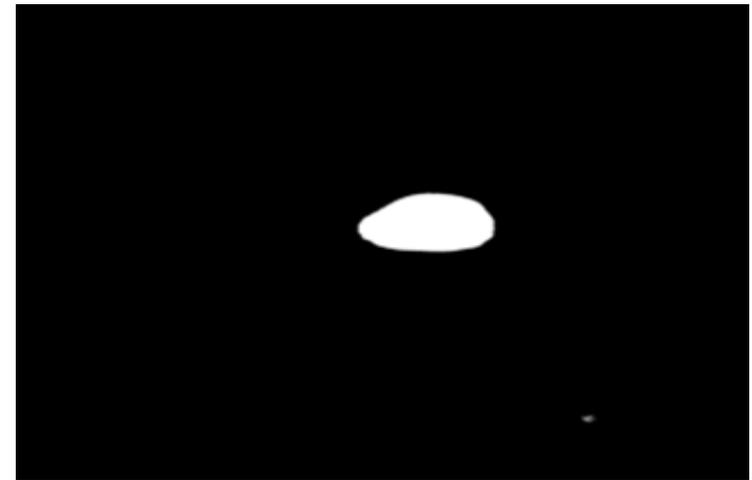
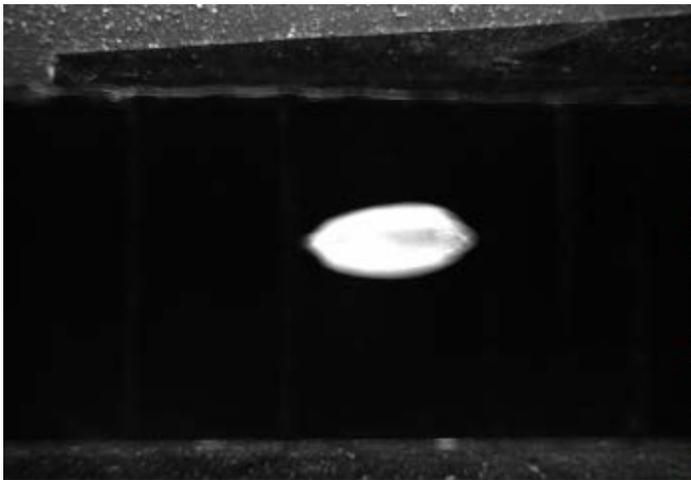


Masque



grain

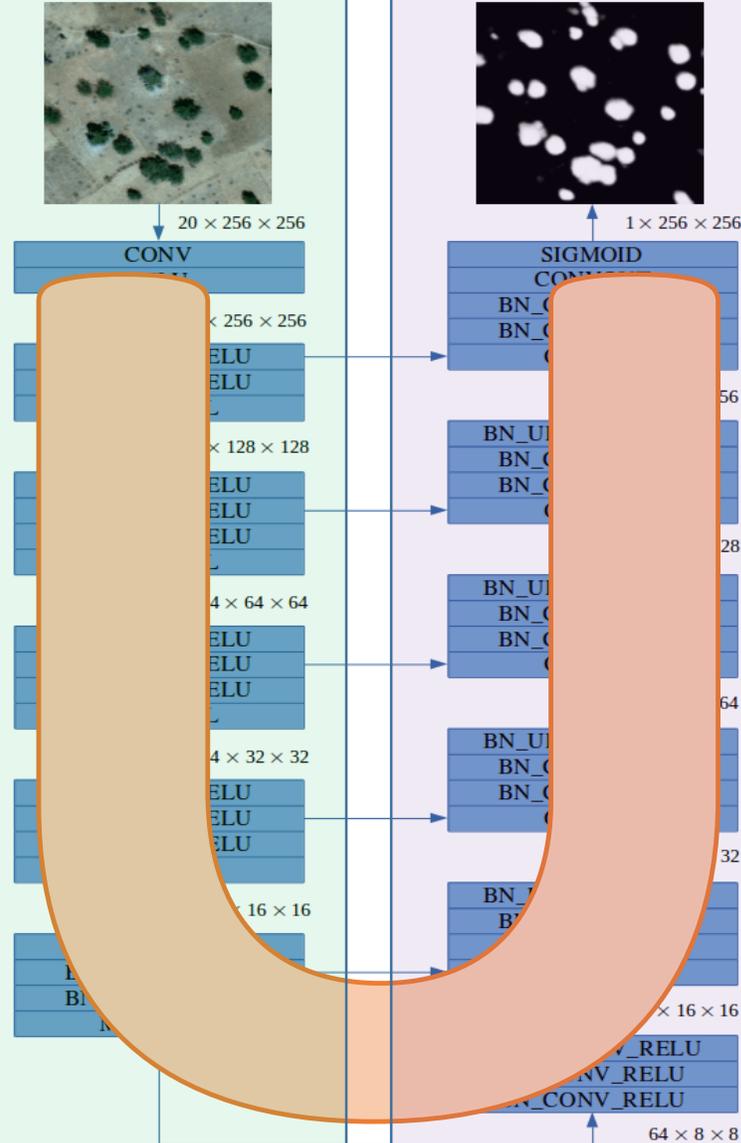
Mesure de la longueur du grain



Segmentation des images U-Net

Le réseau se compose d'une partie contractante et une voie expansive, ce qui lui confère une architecture en forme de «U».

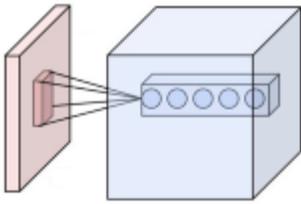
La partie **contractante** est un réseau de convolution typique qui consiste en une application répétée de convolutions, chacune suivie d'une unité linéaire rectifiée (ReLU) et d'une opération de pooling maximum. Pendant la contraction, les informations spatiales sont réduites tandis que les informations sur les caractéristiques sont augmentées.



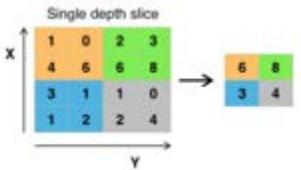
La voie **expansive** combine les informations de caractéristiques géographiques et spatiales à travers une séquence de convolutions et concaténations ascendantes avec des fonctionnalités haute résolution issues de la voie contractante

Bloc de construction

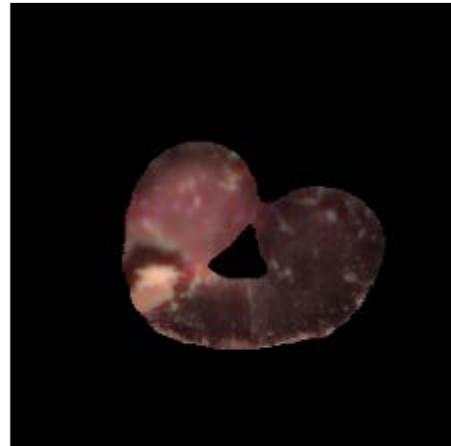
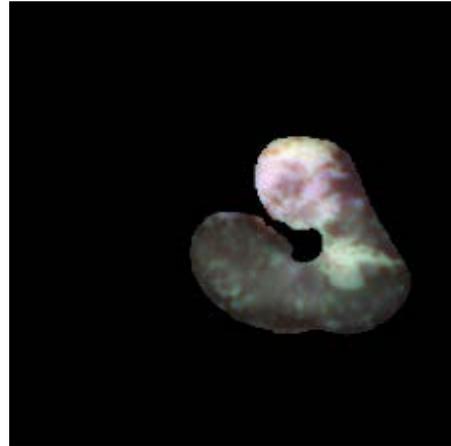
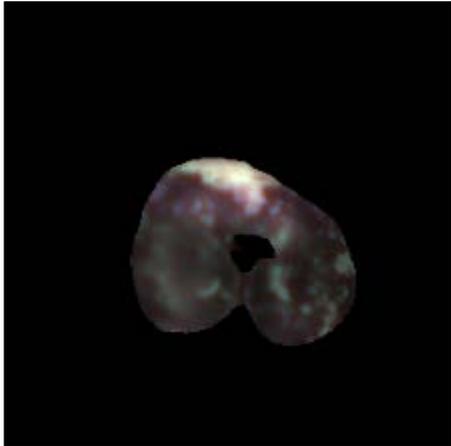
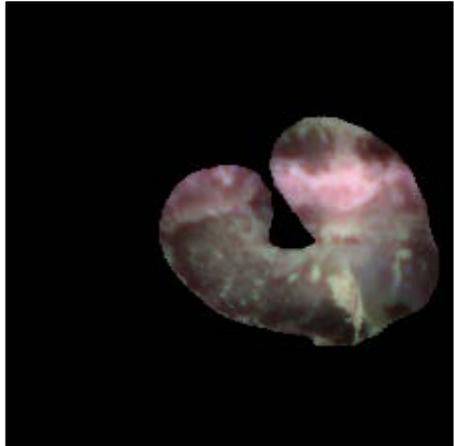
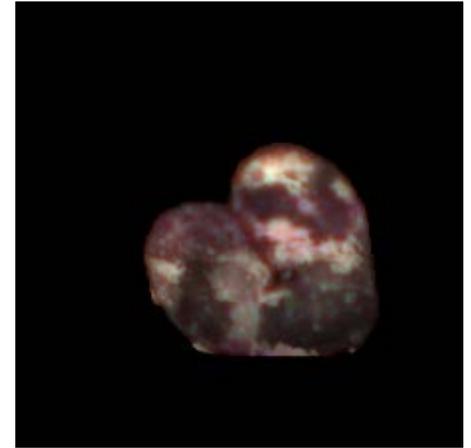
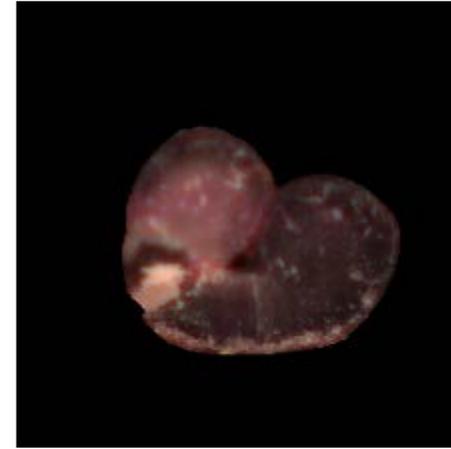
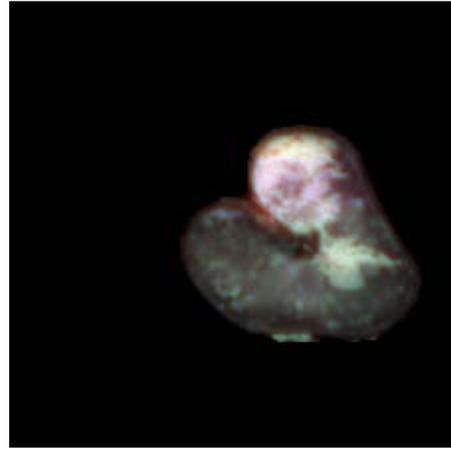
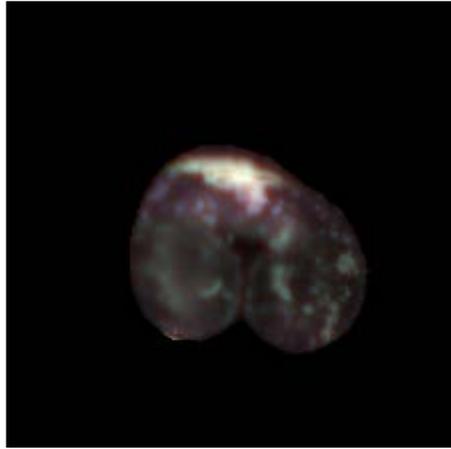
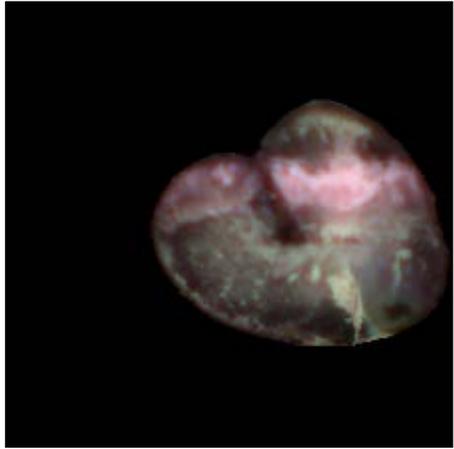
- la couche de convolution (CONV) qui traite les données d'une portion de l'image qui est sera traitée individuellement par un neurone artificiel (qui effectue une opération de filtrage classique en associant un poids à chaque pixel de la tuile). La profondeur du réseau de neurone est fonction du nombre de caractéristiques à étudier.
- la couche de pooling (POOL), qui permet de compresser l'information en réduisant la taille de l'image intermédiaire (souvent par sous-échantillonnage) ;
- la couche de correction (ReLU), souvent appelée par abus « ReLU » en référence à la fonction d'activation (Unité de rectification linéaire) ;
- la couche « entièrement connectée » (FC), qui est une couche de type perceptron (Les neurones dans une couche entièrement connectée ont des connexions vers toutes les sorties de la couche précédente);
- la couche de perte (LOSS) spécifie comment l'entraînement du réseau pénalise l'écart entre le signal prévu et réel



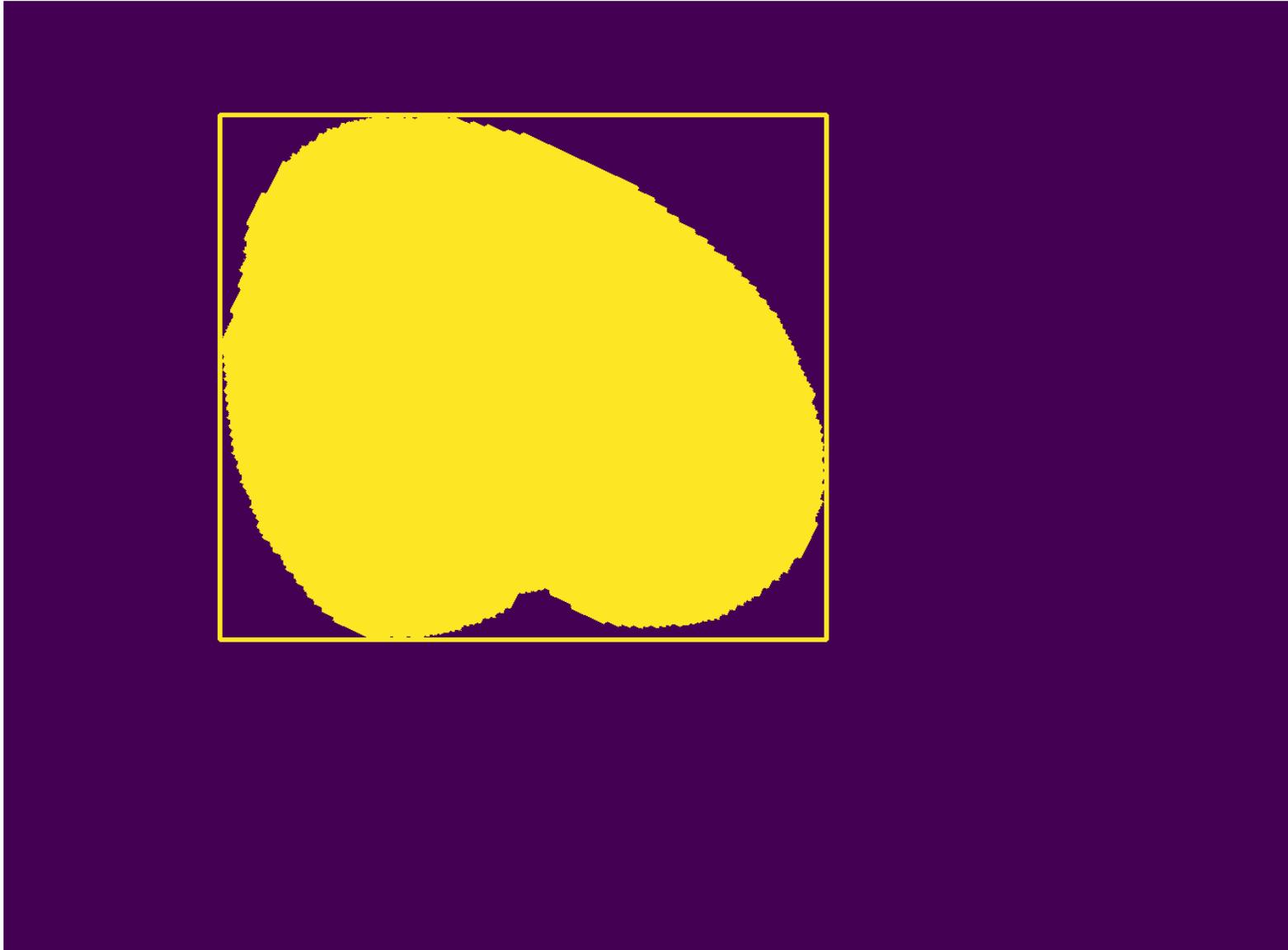
Wikipedia



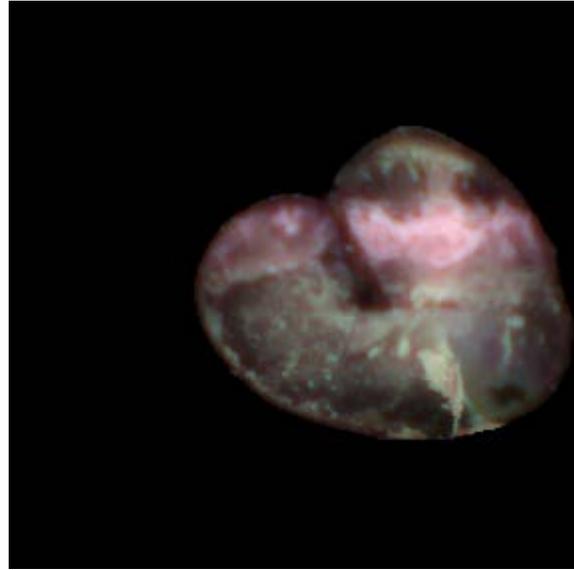
Segmentation des images avec et sans paroi



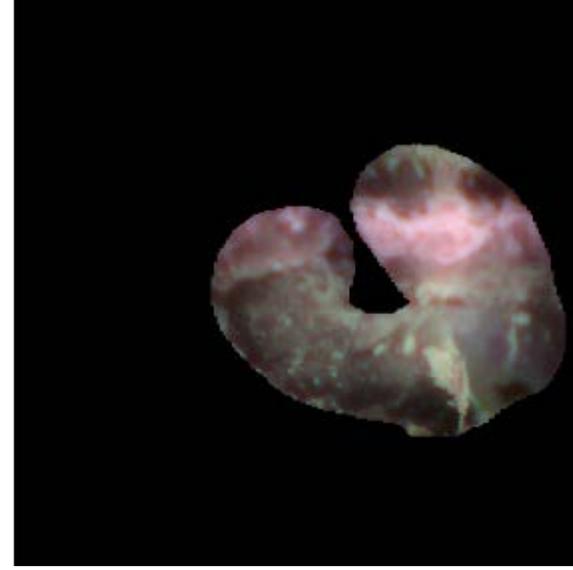
Mesure de la largeur et hauteur



Détection de la paroi



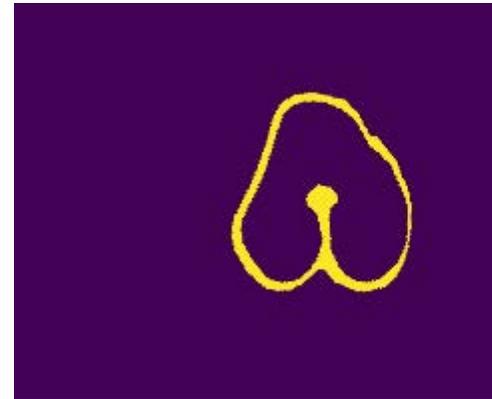
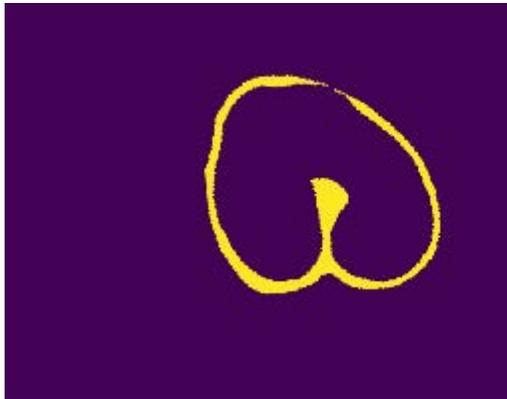
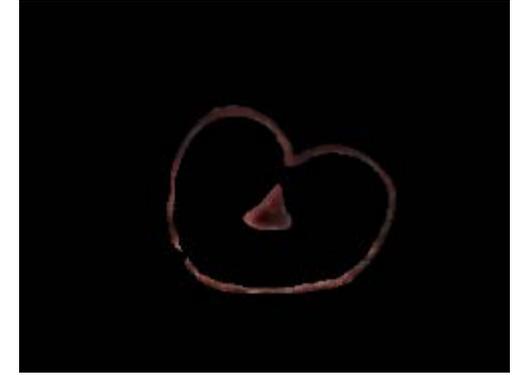
-



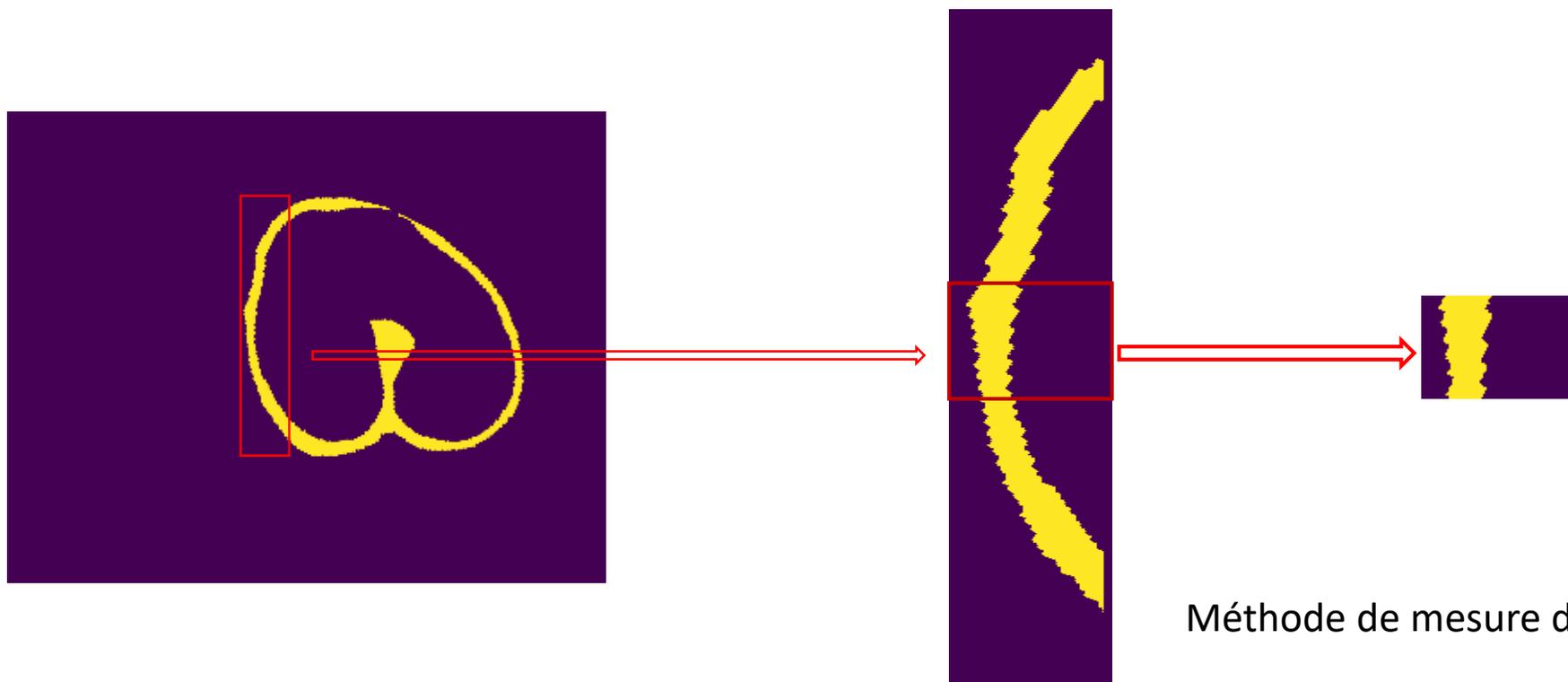
=



Mesure de l'épaisseur de la paroi



Mesure de l'épaisseur de la paroi

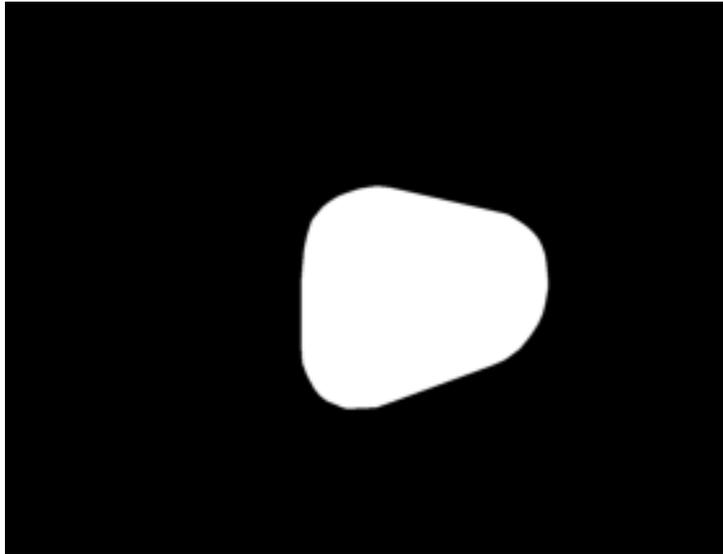


Méthode de mesure de l'épaisseur de la paroi

Ce qui est en jaune = 1 et violet = 0

On fait une somme suivant les lignes puis une moyenne du vecteur obtenu.

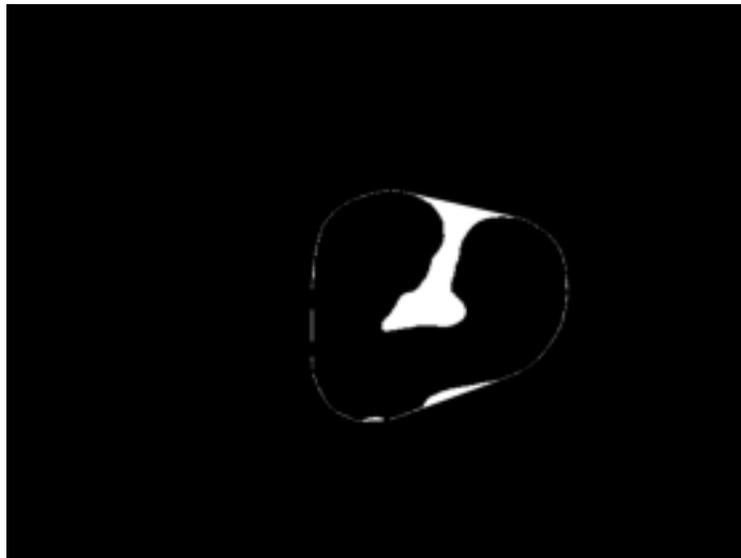
Détection du sillon



—



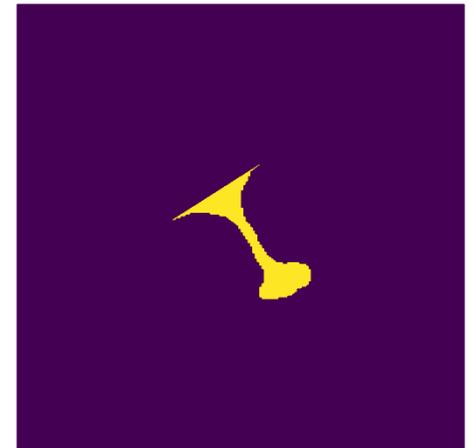
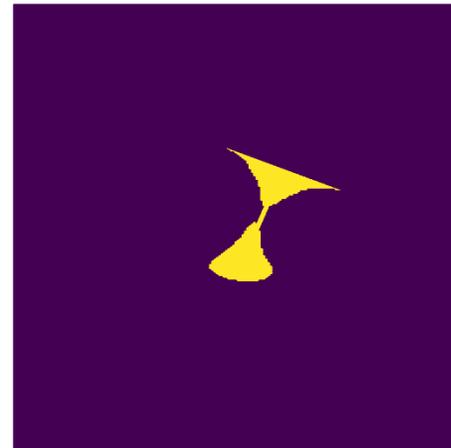
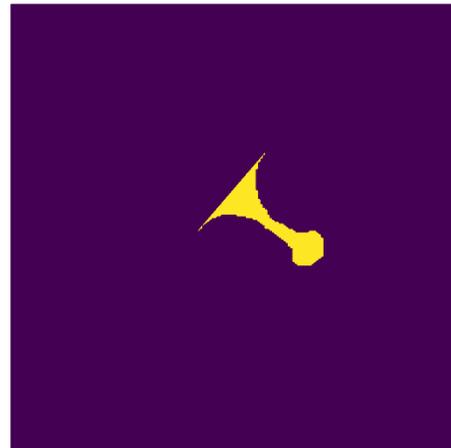
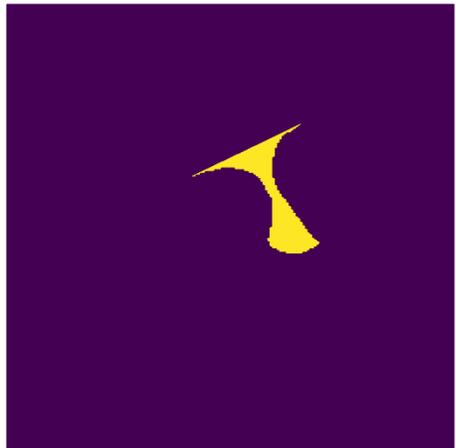
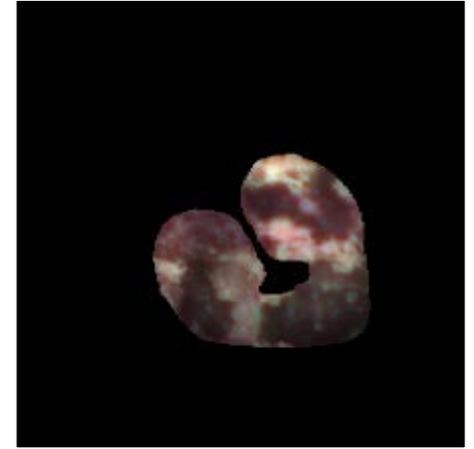
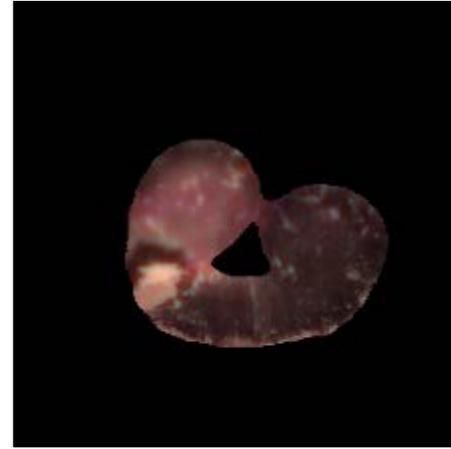
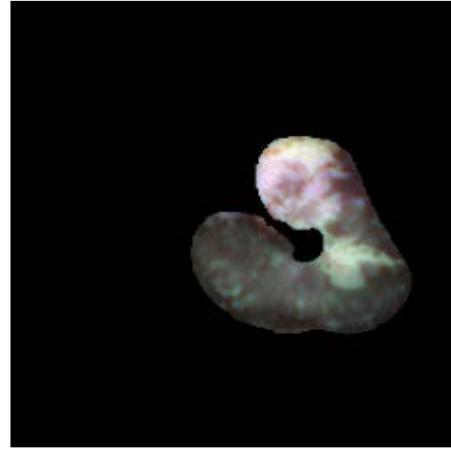
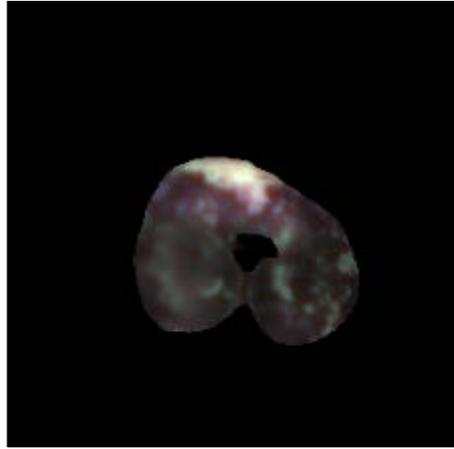
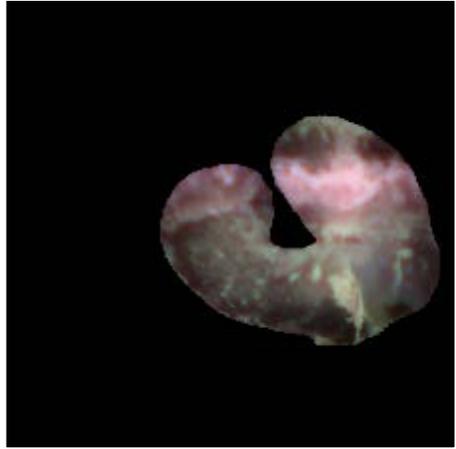
=



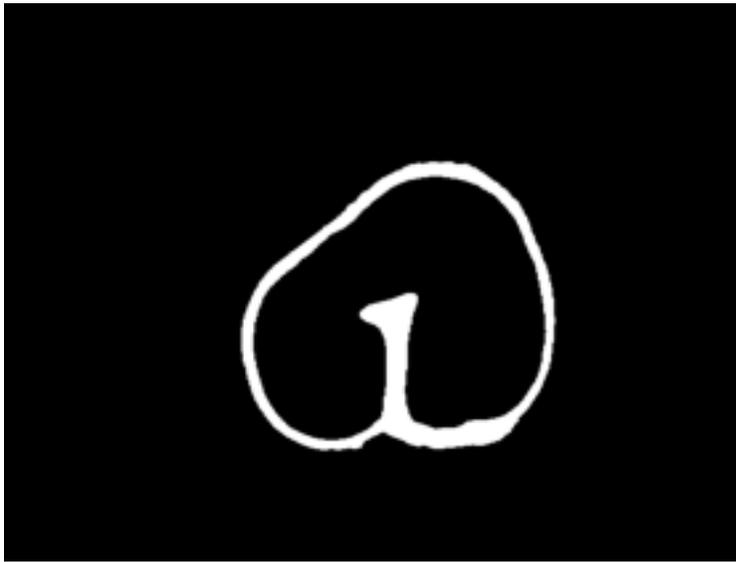
Après traitement
morphologique
on obtient



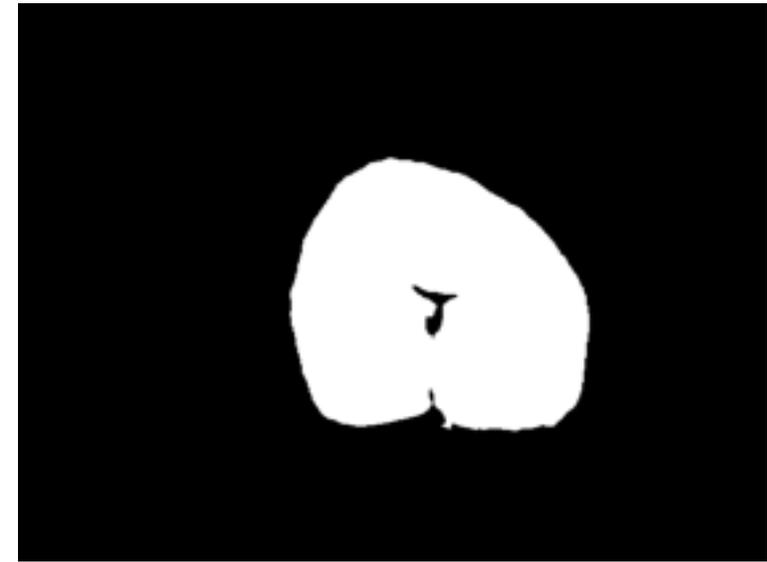
Sillons



Aire de la paroi et du grain de blé



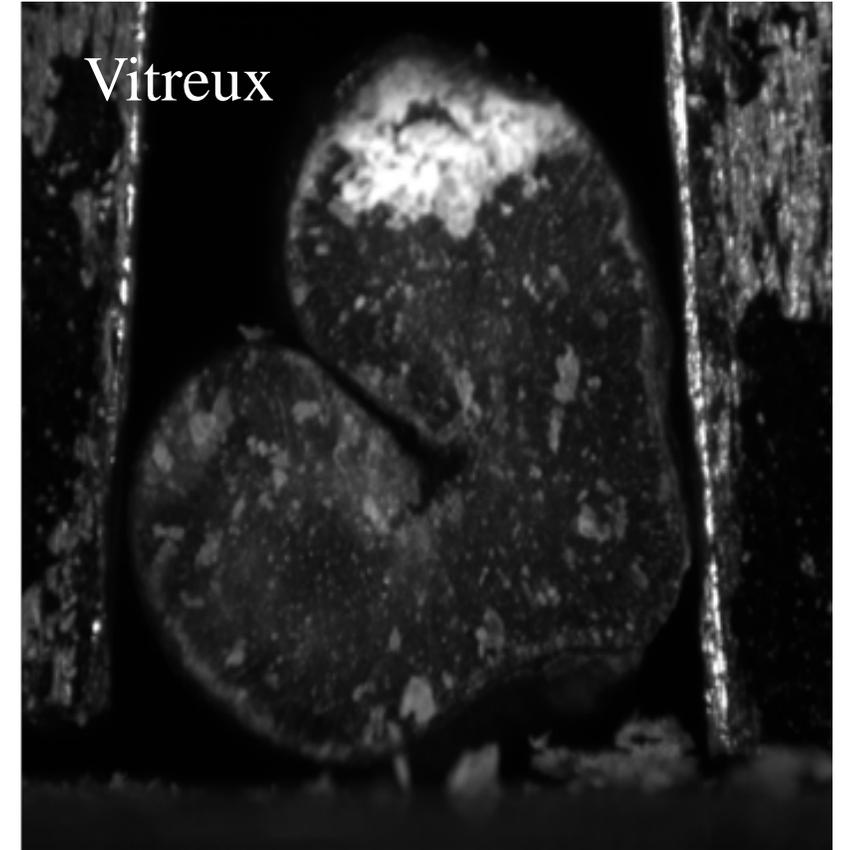
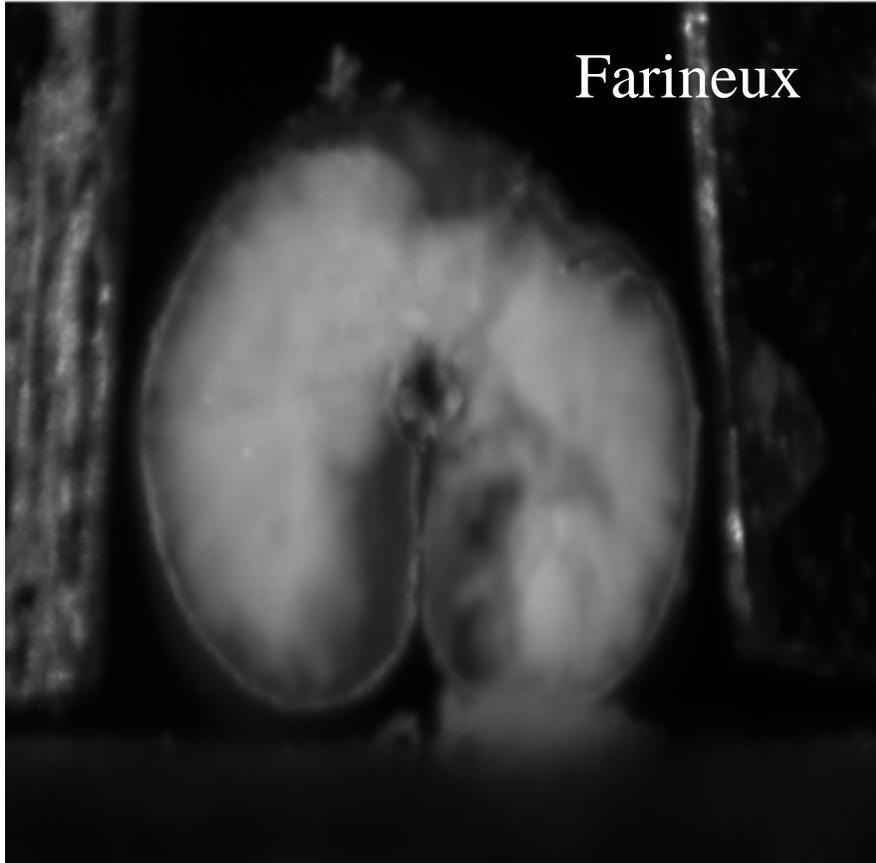
Aire paroi = somme des pixels blancs



Aire blé = somme des pixels blancs

Le ratio aire paroi sur aire blé est aussi calculé

Vitrosité / Farinosité



Robustesse et fiabilité de l'algorithme

- Contrôle des grains coupés
- Elimination des grains mal coupés
- Mesures des dimensions des grains bien coupés
- Génération des fichiers Excel contenant les dimensions de chaque grain
- Génération d'un fichier Excel contenant les dimensions moyennes pour chaque lot de grains

Futur

↪ Relier ces données aux paramètres biologiques ou de transformation

Merci pour votre attention