



Phénotypage de la Fusariose de l'épi : Solutions Imagerie et prise en compte des Influences Agro climatiques

Equipe DOPM, UE PHACC

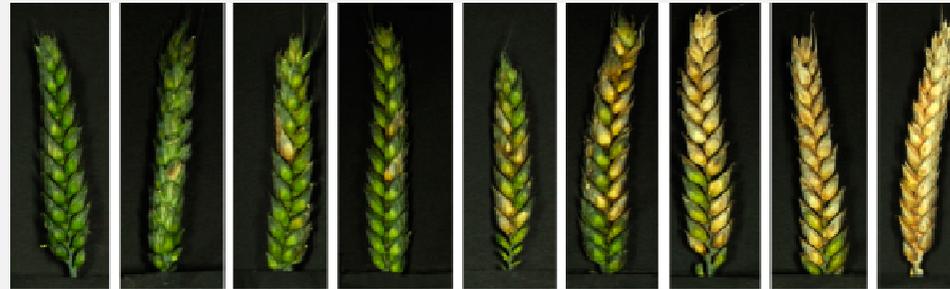




Les dégâts de la fusariose sur épis de céréale s'apprécient par observations visuelles d'experts selon deux critères:

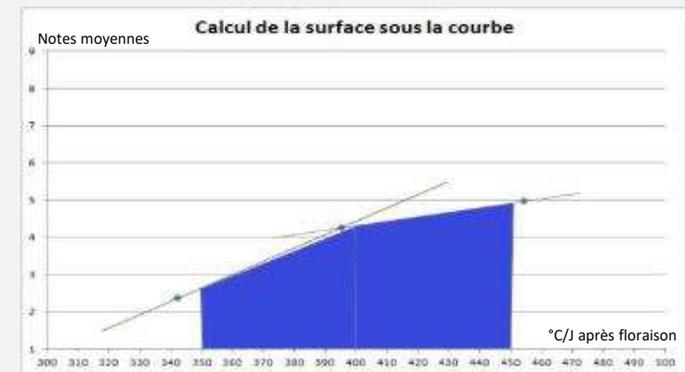
La sévérité:

Note de 1 à 9 de l'importance des symptômes sur l'épi



Notation d'une parcelle de céréale

Tous les épis de la parcelle sont notés à trois dates : proches de 350, 400 et 450 °C/J après la floraison. La note de la parcelle correspond à la surface sous la courbe entre 350 et 450 °C/J

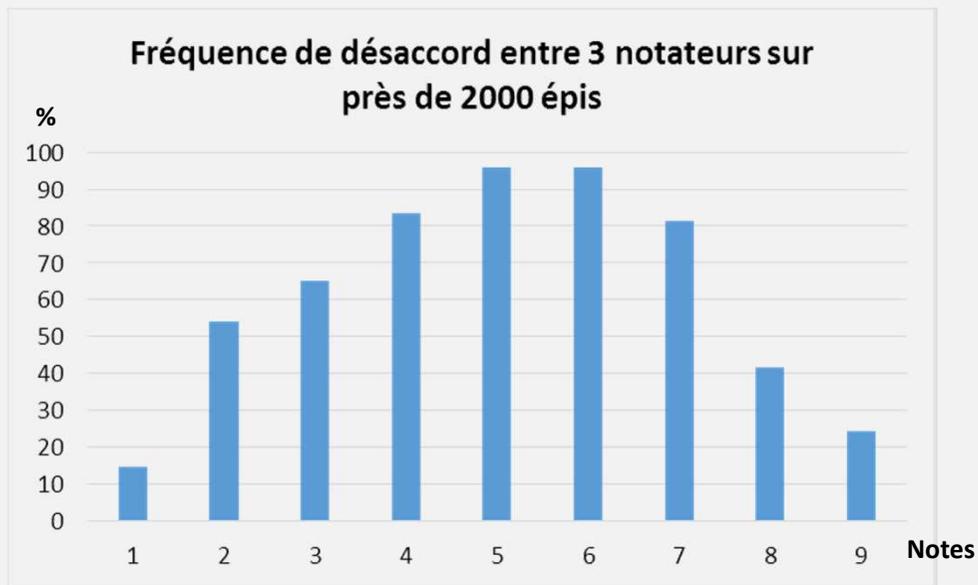


Le taux d'attaque: $\frac{\Sigma \text{ épis avec note de 2 à 9}}{\text{nombre d'épis noté}}$





Les dégâts de la fusariose sur épis de céréale s'apprécient par observations visuelles d'experts :



Notations subjectives

Méthodologies incompatibles

- avec le phénotypage moyen/haut débit
- avec la précision exigée pour du phénotypage fin (caractère subjectif lié au notateur)

Effectifs par classe



251 251 190 222 221 222 216 170 164





Remplacer la notation réalisée par un expert par une analyse automatique d'images prises au champ



Objectiver en renforçant la précision à l'échelle du pixel

Nous avons abordé cette problématique en 2 différentes étapes :

Valider le principe sur *des photographies prises en laboratoire*

Adapter le principe à *des photographies prises au champ*



Objectif : objectiver!
Je sors les manuels
micron....





1^{ière} étape – Valider le principe sur des photographies prises en laboratoire

- I. Isoler l'épi qui est l'organe d'intérêt (segmentation physique mais destructrice)
- II. Choisir le matériel d'acquisition (vidéo, image RVB, image IR)
- III. Valider la fiabilité des notations sur photographies par rapport aux observations *in situ*
- IV. Développer un outil d'analyse d'image



Statif de prise de vue RVB





I. Isoler l'épi qui est l'organe d'intérêt (segmentation physique mais destructrice)

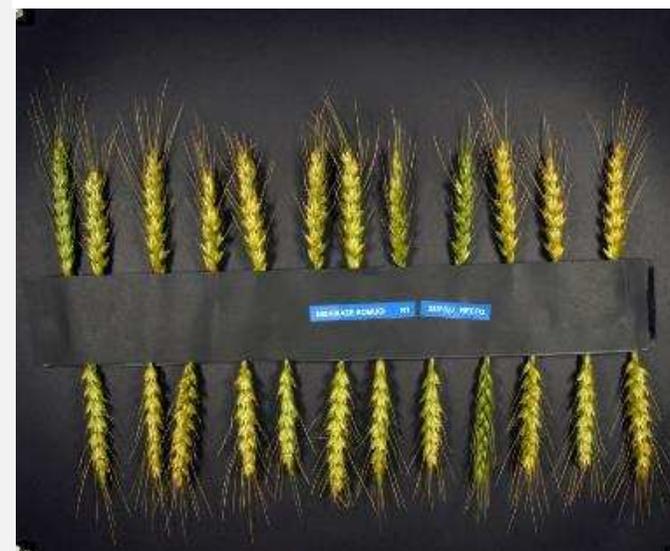
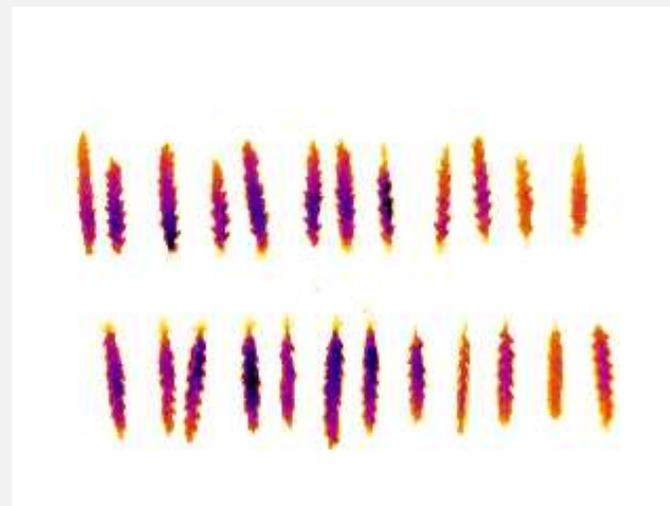


Je cherche une épithète ,,,





II. Choisir le matériel d'acquisition (vidéo, image RVB, image IR)



Processus révolutionnaire
...faire tomber les têtes





III. Valider la fiabilité des notations sur photographies par rapport aux observations in situ

Nous avons comparé les notes d'experts effectuées sur la parcelle (de 50 à 100 épis) avec les notes d'experts réalisées sur photographies (24 épis), les observations portent sur les mêmes parcelles mais pas sur les mêmes épis.

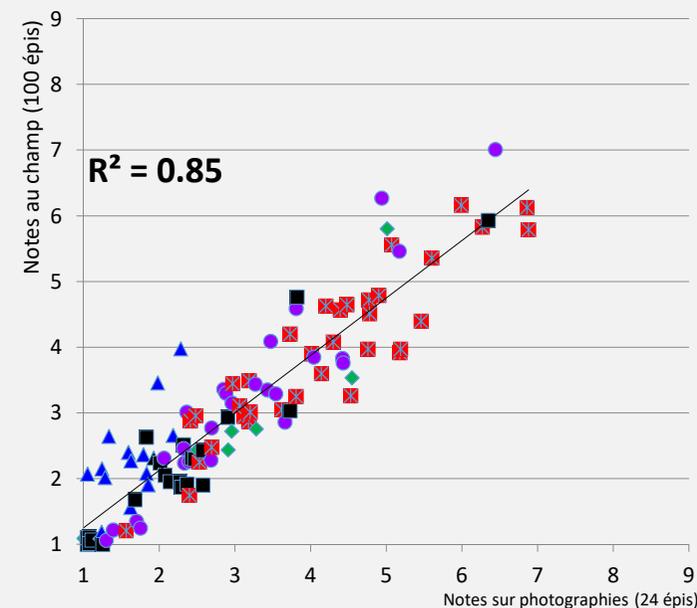
Notation *in situ*



Notation sur photographies prises en labo



Validation du protocole sur Blé 5 années d'expérimentation



La notation sur photographies de 24 épis prélevés au champ est représentative des observations que nous pouvons faire sur une même parcelle d'expérimentation, bien que ces dernières soient issues de groupes indépendants.

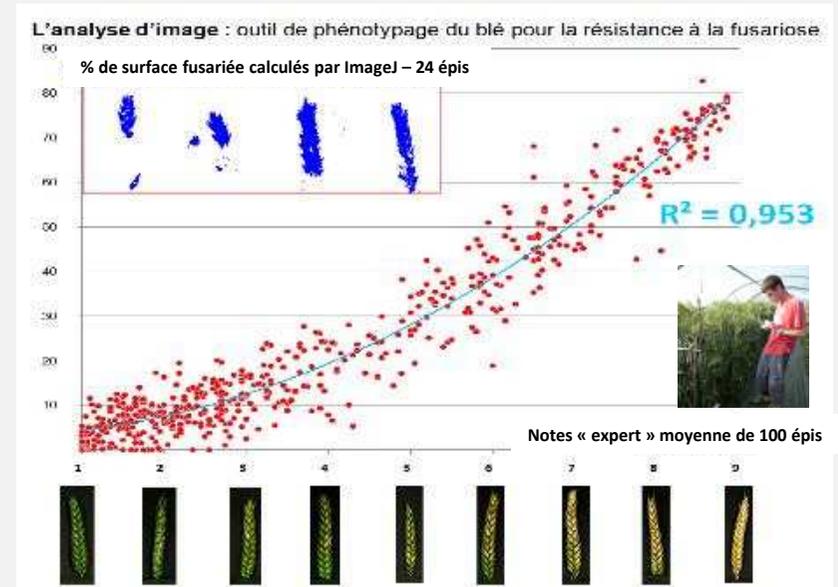
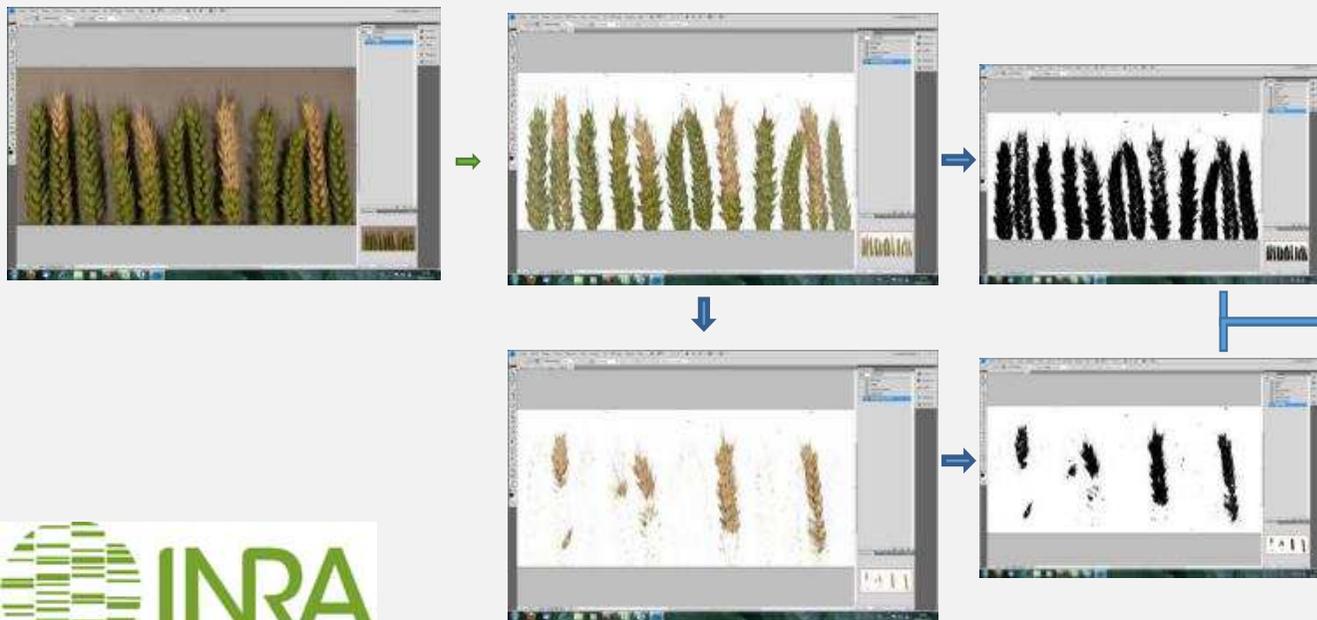




IV. Développer un outil d'analyse d'image

Validation du principe

Les premières analyses ont été réalisées à l'aide des logiciels Photoshop® (création de filtres) et ImageJ (calcul des surfaces)



Traitées par ImageJ

↓
% décoloré

Décoloration,,,,,





IV. Développer un outil d'analyse d'image

Développement d'un outil sous MATLAB® et calcul automatique de la note avec **fusanote**

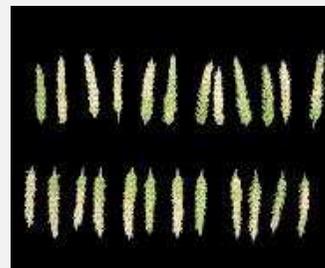
Sélectionner une zone malade :



Sélectionner une zone saine :



Sélectionner le fond :



sain



malade



Fusariose Check

Choisir votre méthode

- Classification Supervisée
- Seuillage Automatique

Choisir votre série de image

Browser

Résultat

Le taux de maladie sur les épis

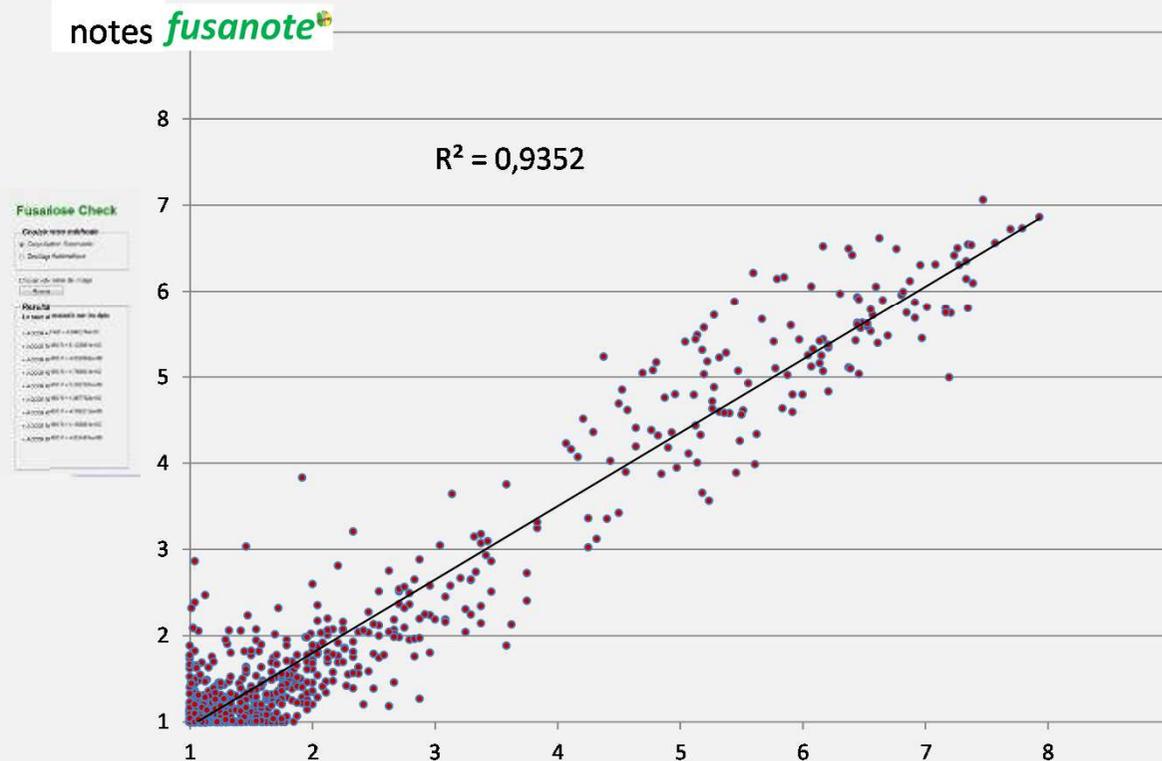
- > ACCOR 458 R=1 = 4.944574e+00
- > ACCOR R1 458 R = 5.122951e+00
- > ACCOR R1 458 V = 4.059005e+00
- > ACCOR R2 458 R = 4.756001e+00
- > ACCOR R2 458 V = 5.202391e+00
- > ACCOR R3 458 R = 4.367762e+00
- > ACCOR R3 458 V = 4.789215e+00
- > ACCOR R4 458 R = 4.168885e+00
- > ACCOR R4 458 V = 4.254401e+00



Toile à Matlab,,,,,



IV. Développer un outil d'analyse d'image



Validation d'application de *fusanote*[®] sur l'essai BreedWheat



Notations de 768 photos RVB des 4 témoins sous statif en labo



Question de bon sens, c'est par là!





Intérêts et limites de *fusanote*[®]

Ce programme permet

- De ne pas avoir besoin de compétence particulière en reconnaissance des symptômes.
- De créer une base de données (photographies) diversement et constamment exploitable.
- De ne pas être tributaire du facteur humain dans l'appréciation des symptômes.

Cependant

Ce programme nécessite

- Un témoin sain (sans symptôme) de chaque génotype de blé à chaque stade de notation (parce qu'il a été mis au point sur triticale, espèce présentant peu de variabilité morphologique).
- De définir pour chaque génotype des régions malades et des régions saines.
- De prélever les épis au champ pour les photographier en laboratoire sous statif, c'est un test destructif.

Et il n'est pas adapté à l'estimation de l'état sanitaire d'une parcelle de production



Développer un outil de diagnostic « plein champ »





2^{ème} étape – Adapter le principe à des photographies prises au champ

- I. Définir des conditions de prises de vues
- II. Développer des algorithmes de segmentation



Guy Aurel Loko, stagiaire 2012 Inra/Véodis

Au champ, et la vie change





I. Définir les conditions de prise de vues



Marina Vinot stagiaire 2013 Inra/Véodis

Système d'acquisition composé d'un monopode réglable, d'un Appareil Photo Numérique plein format (24x36, Canon 5D MkII) avec objectif 20 mm, pare-soleil et supports permettant de positionner les 3 flashes

Combinaison d'un fond noir et d'un bambou pour isoler la ligne d'intérêt. Cette tâche nécessite la présence d'au moins 3 personnes.



Au fond, tout s'éclaire...





I. Définir les conditions de prise de vues

220 génotypes de blé ont été photographiés à 350 et 450 °C/J après la floraison selon deux axes, en ligne et en parcelle :



Ces photographies sont tout aussi exploitables que celles prises en laboratoire sous statif.





II. Développer des algorithmes de segmentation

L'objectif étant de ne conserver d'une photographie prise en extérieur, qu'un type d'organe (épi ou feuille).
Le premier algorithme développé concerne les épis :



Dans un premier temps, les photographies ainsi segmentées peuvent être analysées avec **fusanote**

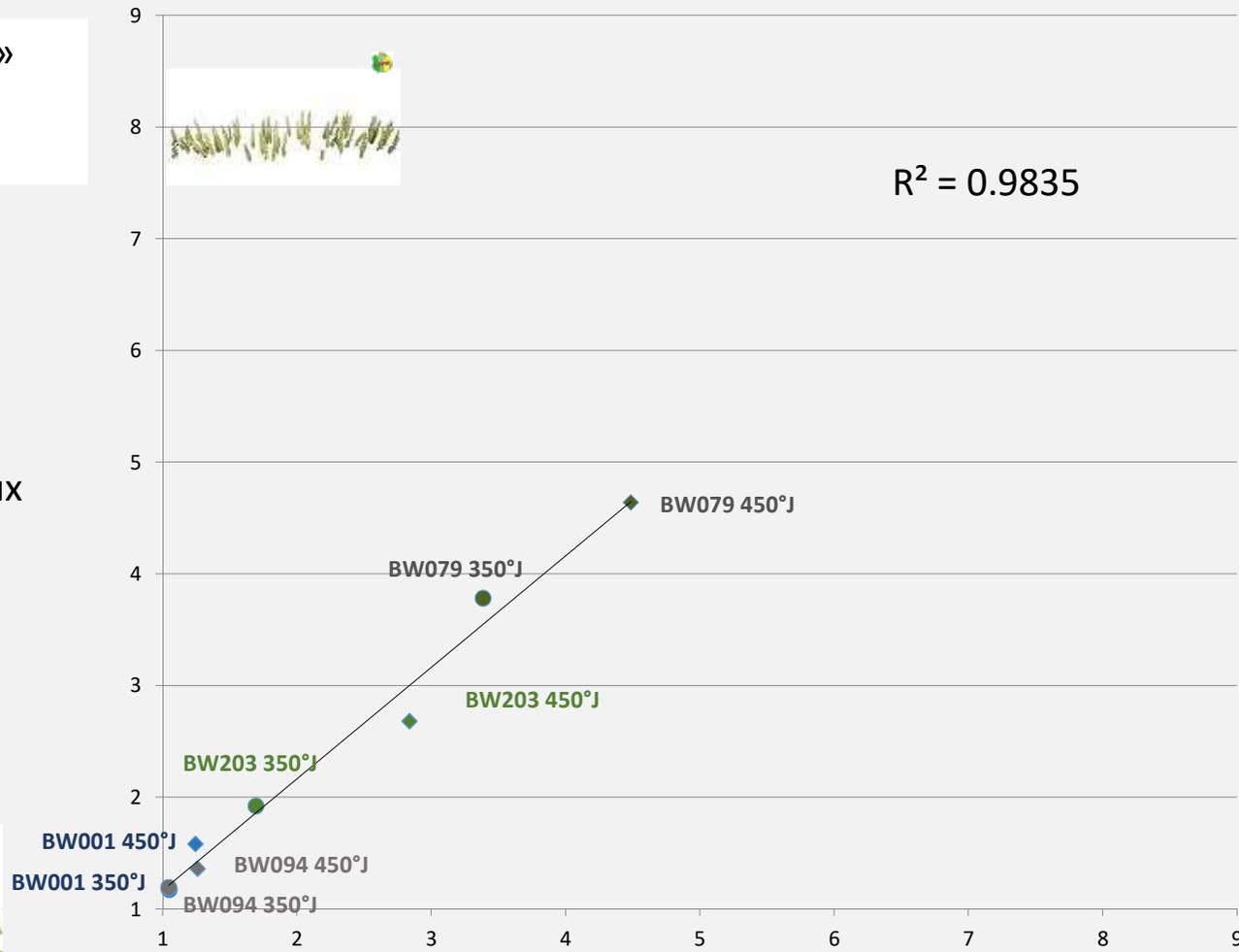




II. Développer des algorithmes de segmentation

Notes « *fusanote* »
sur photographies
segmentées

4 témoins de
BreedWheat en 64
répétitions et à deux
dates de lecture



Notes
« expert » sur
photographies
d'origine



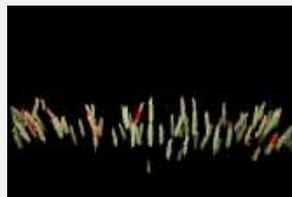
Les témoins
témoignent...





II. Développer des algorithmes de segmentation

Dans un deuxième temps, l'objectif est de développer un outil automatique de notation de la fusariose de l'épi



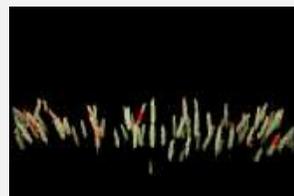
- 60 photographies de blés prises au champ
 - 30 photographies prises à 350°C/jour
 - 30 photographies prises à 450°C/jour
- 30 génotypes de blé différents représentatif de la variabilité des accessions de BreedWheat



Renversant...



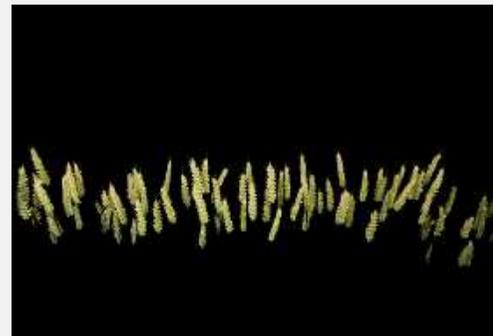
1^{ère} phase : Extraction des épis (SegEpi[®])



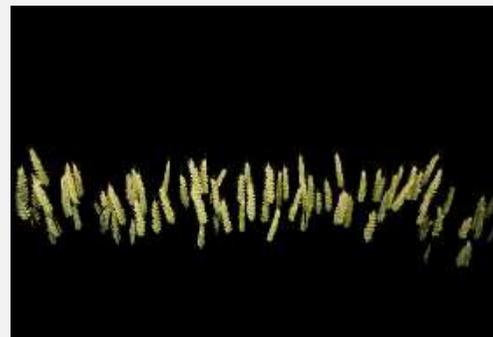
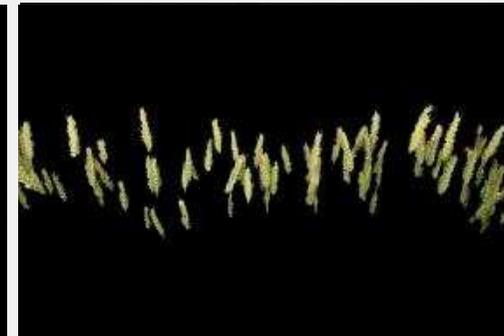
Résultat
algorithmique

Segmentation
manuelle

Epis mutiques



Epis aristés



Pourcentages moyens de bonne segmentation :

- épis mutiques : **96% ± 1%**
- épis aristés : **90% ± 4%**

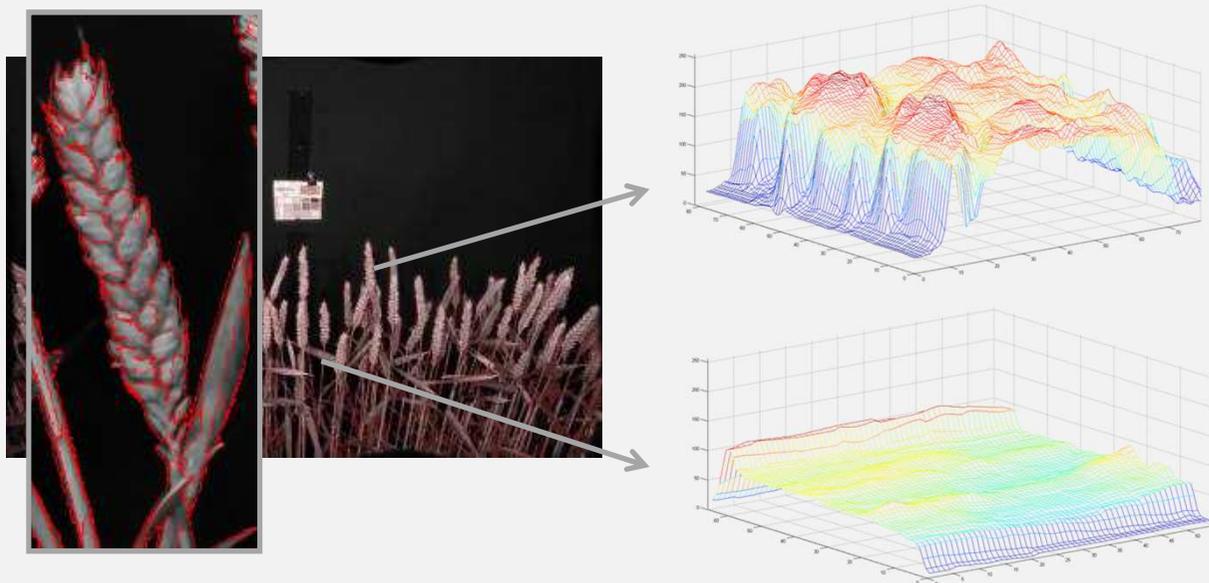




Principe de la Segmentation des épis : SegEpi ©

Texture ⇔ variation de l'intensité de la couleur

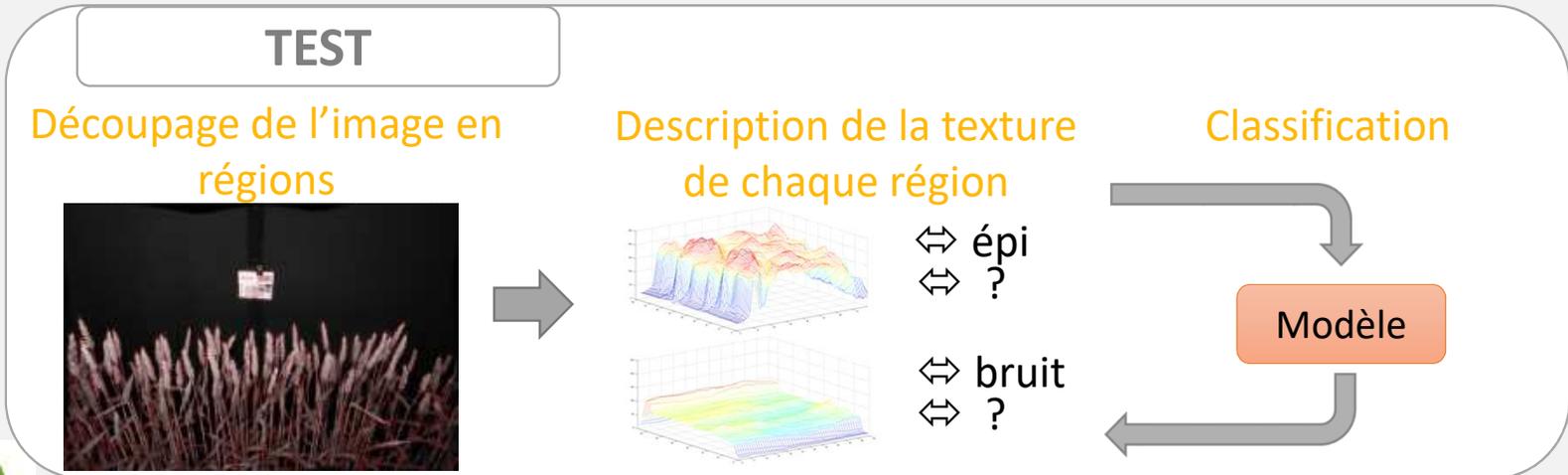
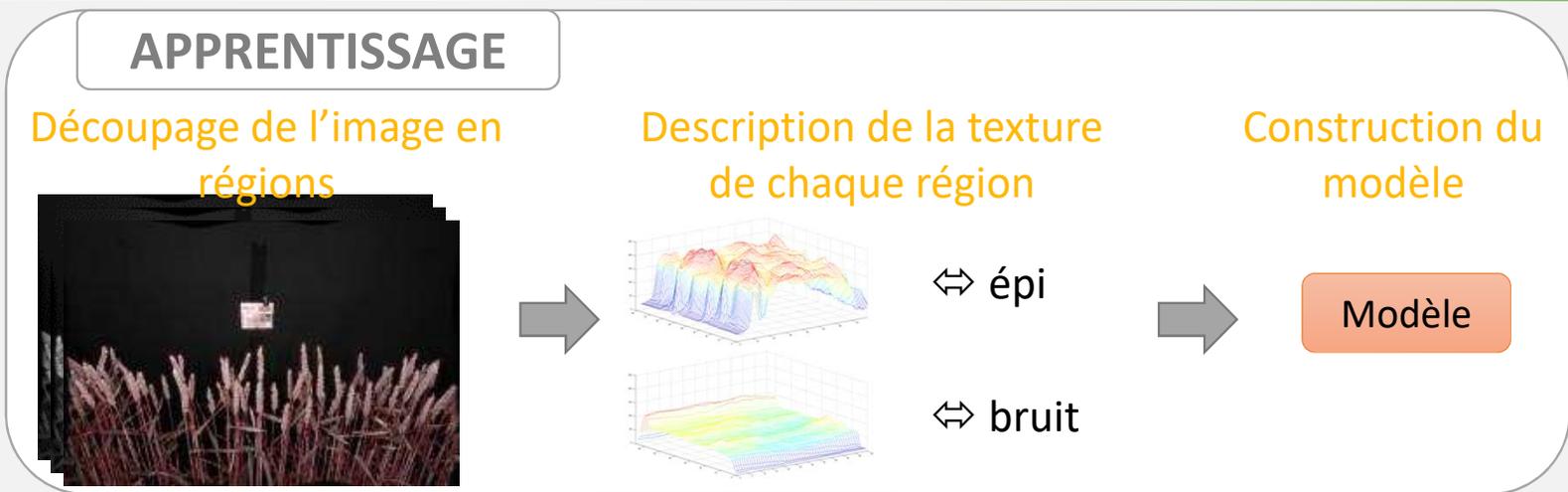
→ Conversion de l'image en niveaux de gris



Intensité au niveau d'un épi

Intensité au niveau d'une feuille





SCIENCE





2^{ème} phase : Détection de la fusariose (SegFusa[®])

Principes de la Segmentation des symptômes de fusariose : SegFusa ©

Approche couleur

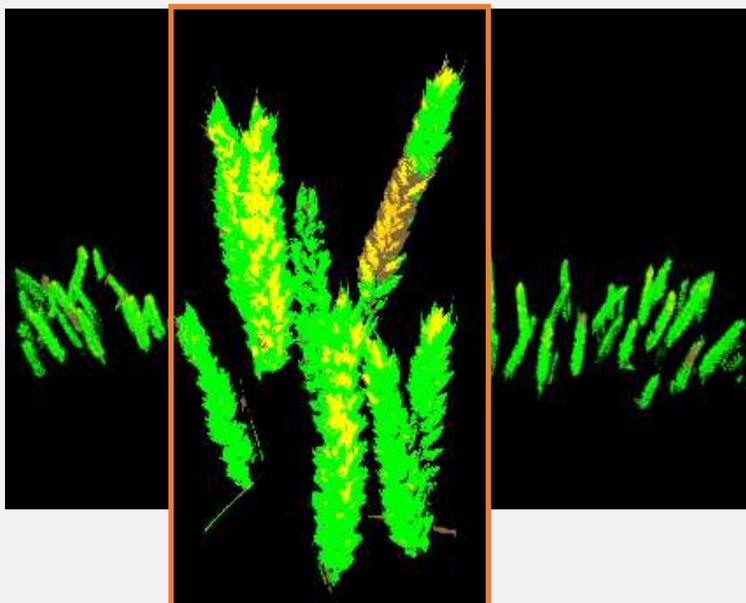
But : définir la couleur d'un pixel (R, V, B) parmi une palette de 11 couleurs
(noir, bleu, marron, gris, vert, orange, rose, violet, rouge, blanc et jaune)



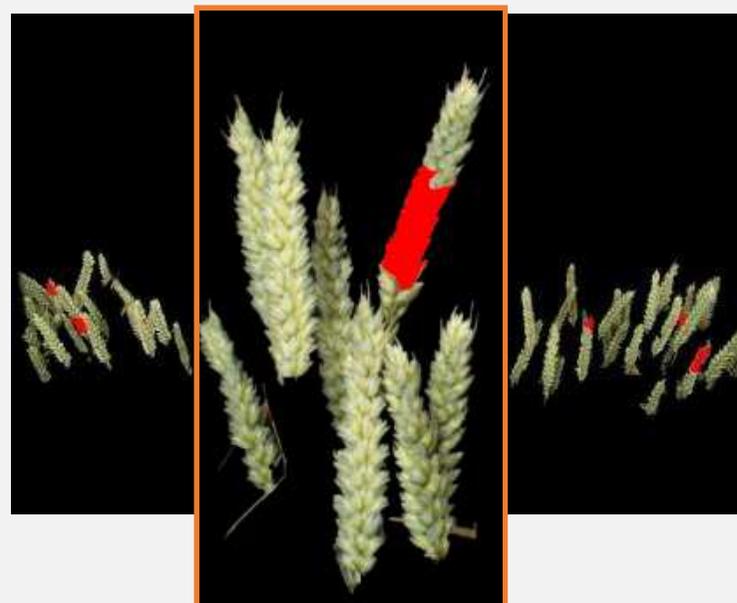


Approche couleur

Résultat avec 11 couleurs



Segmentation manuelle



> Couleur de la fusariose : marron



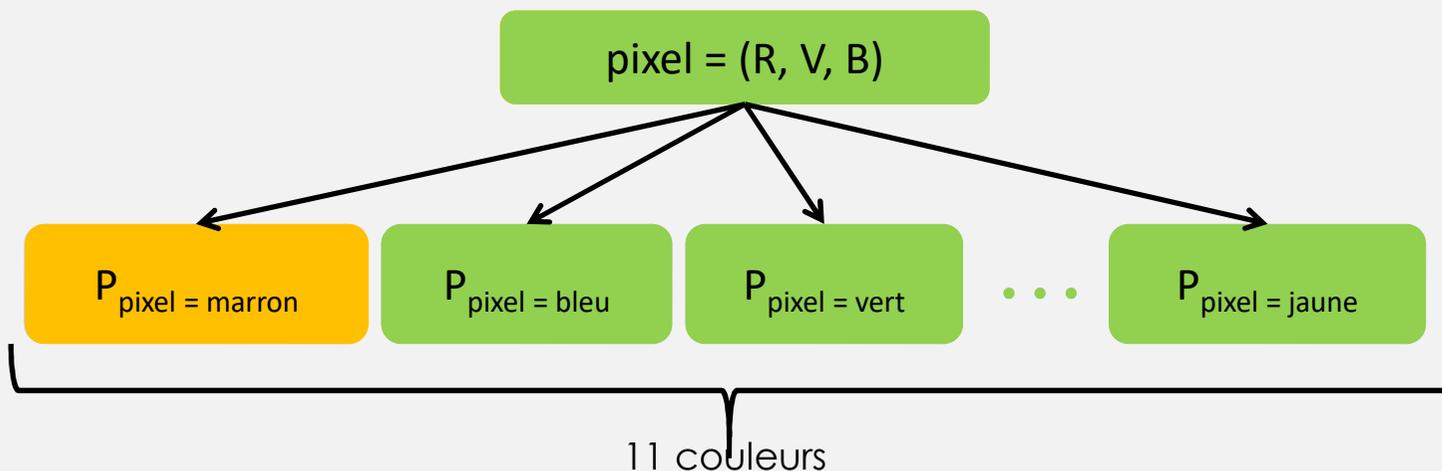


Adaptation à notre problématique : 1^{ère} version

11 couleurs :

- Couleur marron ⇔ zones malades
- Autres couleurs ⇔ zones saines

Principe :



Tanka, t'es mort?





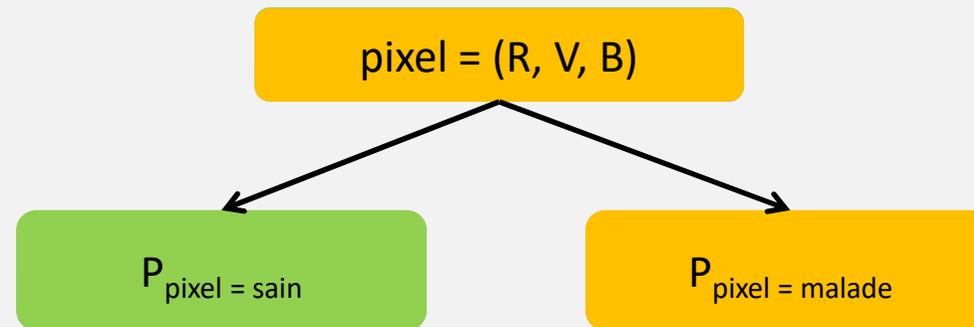
Adaptation à notre problématique : 2^{ème} version

2 couleurs :

- Couleur 1 ⇔ zones saines
- Couleur 2 ⇔ zones malades

} photographies prises à 450°C/j

Principe :





Combinaison des 2 versions



Version 1



Version 2



Version 3



Segmentation manuelle



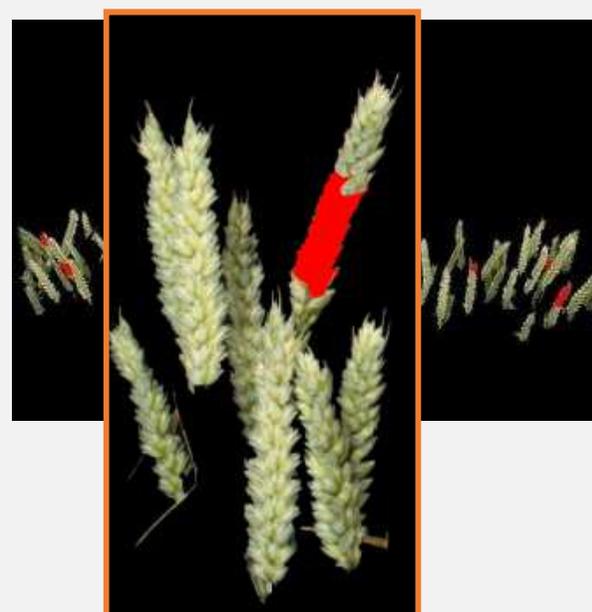


Validation méthodologique

Résultat algorithmique



Segmentation manuelle
faite par un expert

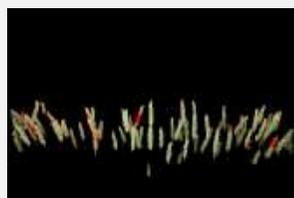


- Application à toutes les photographies
- Pourcentage moyen de bonne détection : **80% ± 10%**



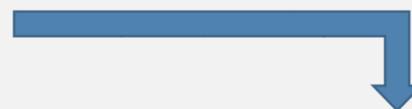
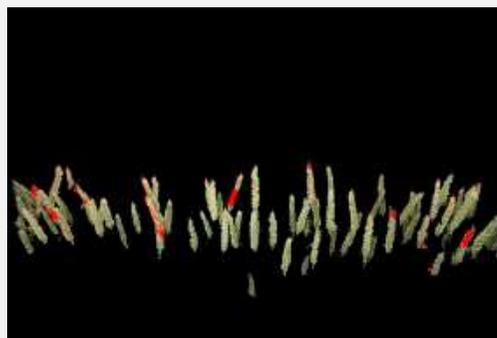


3^{ème} phase : Quantification des symptômes de sévérité

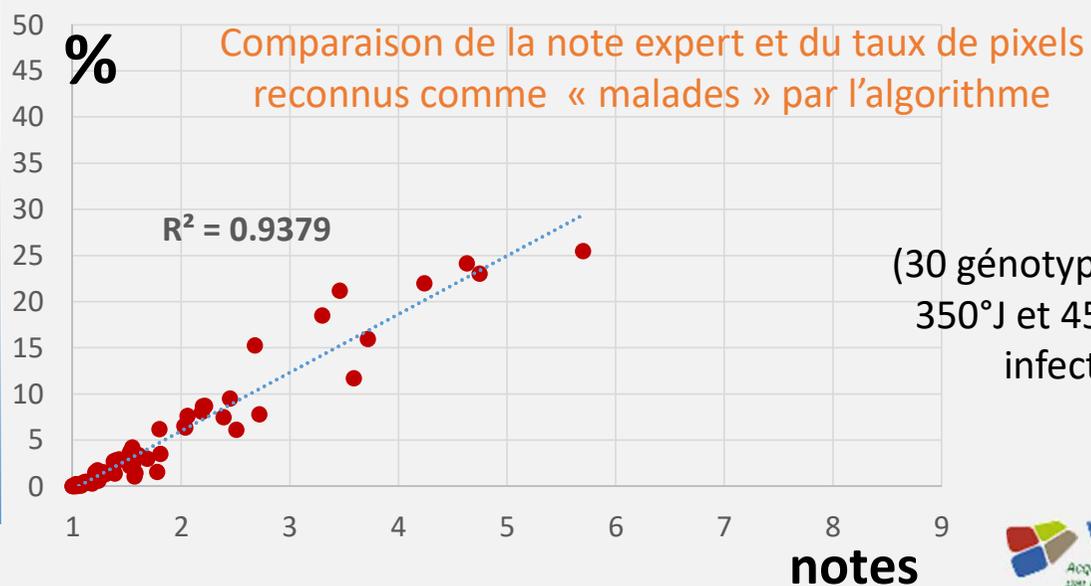


Sévérité

Résultat algorithmique



Note de Sévérité





4^{ème} phase : Développement logiciel FusaTech Processing

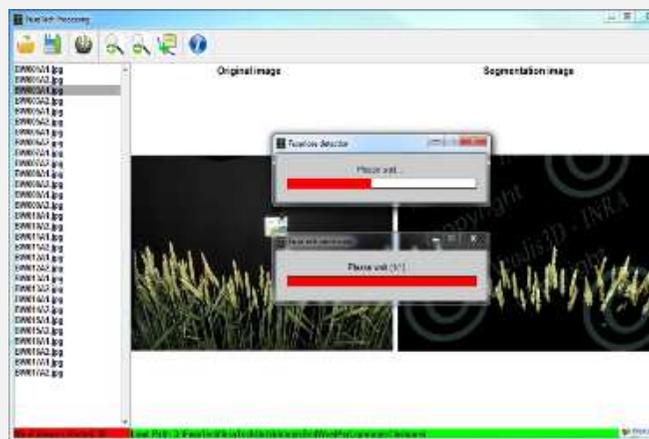
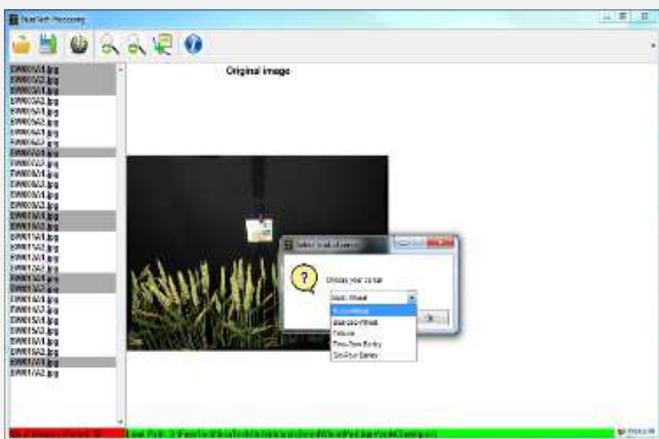
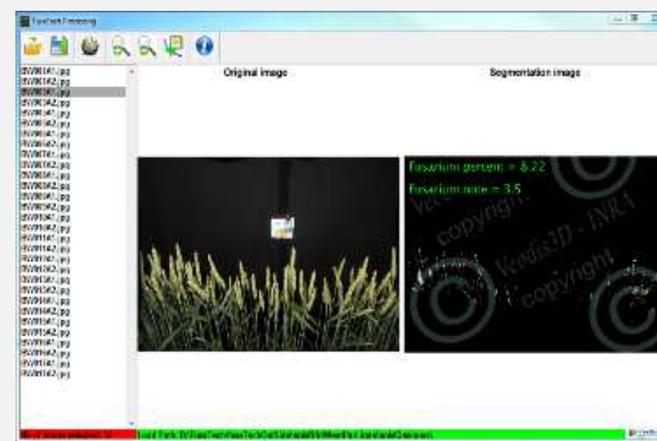
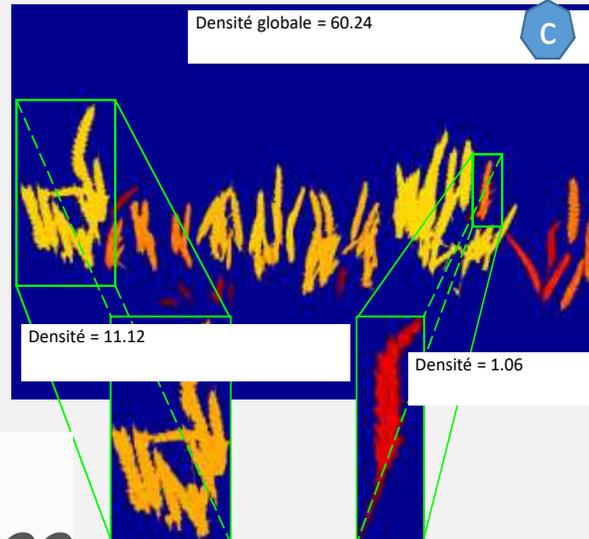


Image	Area	Color	Area	Color	Area	Color	Area	Color
1	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
7	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
8	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
9	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
10	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
11	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
12	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
13	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
14	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
15	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
16	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
17	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
18	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
19	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
20	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
21	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
22	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
23	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
24	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
25	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
26	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
27	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
28	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
29	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
30	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
31	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
32	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
33	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
34	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
35	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
36	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
37	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
38	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
39	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
40	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
41	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
42	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
43	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
44	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00





5^{ème} phase : Comptage d'épis de blé plein champ par traitement et analyse d'images



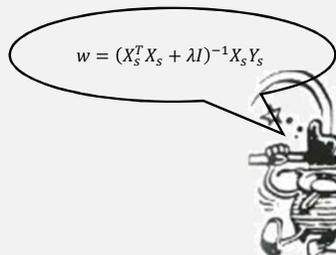
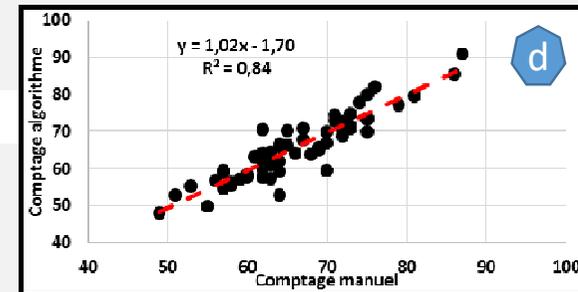
L'intégrale sur toute l'image donne une estimation du nombre total d'épis (≈60 épis). (a) image originale. (b) images formant la base d'apprentissage. (c) carte des densités.

Les résultats obtenus en appliquant les coefficients w sur les vecteurs caractéristiques des 440 images (blé mutique et aristé). On évalue ainsi le nombre d'épis détectés par rapport au nombre d'épis dénombrés par les agronomes. (d)

Pour estimer les densités y en tout pixel de l'image (Figure 1.c), nous proposons une approche basée sur la **régression de crête** (En. ridge-regression) permettant de trouver un vecteur de coefficient w de k -dimension qui minimise la fonction coût suivante :

$$\|G * (Xw - Y)\|^2 + \lambda \|w\|^2 \rightarrow \min_w$$

Où λ contrôle l'équilibre entre l'erreur de prédiction et la régularisation de w et $G *$ est le lissage gaussien appliqué sur l'image. Cette opération est très importante pour un comptage efficace et robuste. Les coefficients $w = (X_s^T X_s + \lambda I)^{-1} X_s Y_s$ où $X_s = G * X$ et $Y_s = G * Y$. La densité en chaque pixel p est estimé par $F(p) = w^T x_p$.





Phénotypage Fusariose: 3^{ème} étape

Comptage d'épis de blé plein champ par traitement et analyse d'images
Field wheat spikes counting by image processing

ACQUISITION D'IMAGES PLEIN CHAMP

RESULTATS ET VALIDATION

CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

Personnes impliquées

Financements

Comptage d'épis de blé plein champ par traitement et analyse d'images
Field wheat spikes counting by image processing

Résumé

Abstract

INTRODUCTION

CONCLUSION

Dans ce travail, nous nous sommes focalisés sur le comptage expérimental proposé par Sere et al.

Pour évaluer la méthode de comptage fondée sur la régression de pixels, nous avons formé une base d'apprentissage composée de 200 images représentant les épis dans une zone déterminée des coefficients de la Figure 2. Nous avons appliqué les coefficients sur les autres images représentées par 400 images (par traitement et année). Les épis ont été comptés d'après descripteur par rapport au nombre d'épis observés par les agriculteurs, échantillon sur les images de la régression. Le coefficient de corrélation a été calculé entre les deux méthodes, nous avons obtenu le coefficient de corrélation. Nous obtenons $R^2 = 0,77$ pour la quantité d'épis (34 images) et $R^2 = 0,85$ pour la quantité d'épis (10 images).

CONCLUSIONS PERSPECTIVES

REMERCIEMENTS

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES





AUTRES ESPECES

	Original	Manuel	SegEpis	SegFusa
ORGE				
ESOURGEON				
TRITICALE				



Sage comme une image





EXEMPLES D'EXPERIMENTATION FUSARIOSE

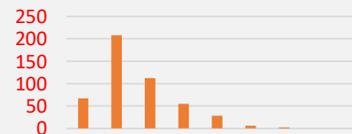
• **Projet d'Investissement d'Avenir**

Expérimentation Blé/Fusarioses plante entière au champ dans le cadre du WP2.4 (220 génotypes).



• **Projet européen Whealbi**

Expérimentation pour leur comportement vis-à-vis de la fusariose de l'épi par analyse d'image (478 génotypes).



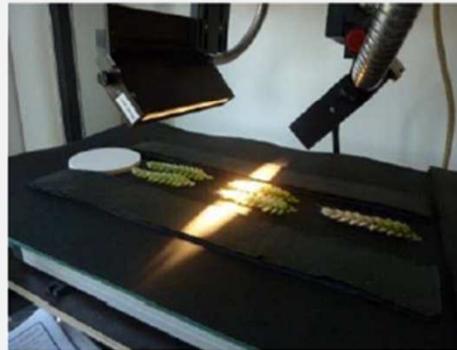


AUTRES PROJETS EN COURS

Ecophyto IRIGAM:

Comparaison et développement de technologies de phénotypage pour évaluer les symptômes liés au FHB

- **Objectif** : en laboratoire et à l'échelle de l'épi, déterminer les longueurs d'onde les plus discriminantes pour la Fusariose à l'aide d'une **caméra hyperspectrale**





Projet IRIGAM

- **Etape 1** : comparaison des différentes méthodes statistiques, basées sur des analyses multivariées, pour sélectionner les longueurs d'onde les plus discriminantes





Projet IRIGAM

- Validation des longueurs d'onde sélectionnées pour détecter la fusariose sur épi
- Pour chaque épis, double validation :
 - Comparaison de la zone fusa détectée visuellement et avec l'algorithme
 - Comparaison du pourcentage de la surface fusariée estimée visuellement et avec l'algorithme

Image initiale

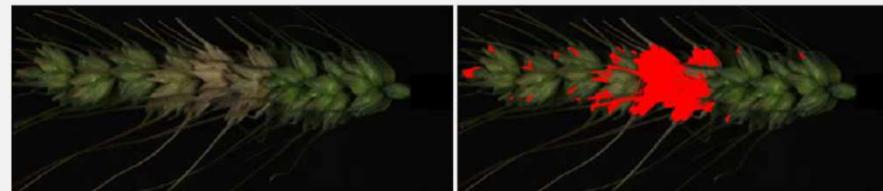


Image avec zone fusa détectée par l'algorithme

Image avec zone fusa détectée visuellement

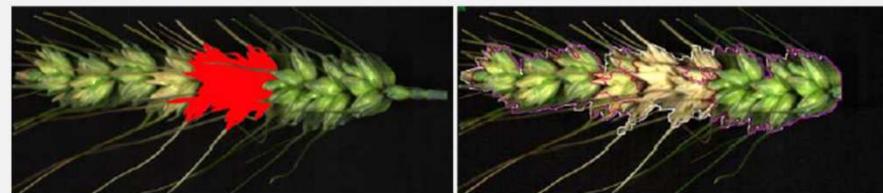


Image avec zone fusa détectée par Image J





AUTRES PROJETS EN PERSPECTIVE

Projet FSOV FUSEYE: 2018-2020

FSOV - Appel à propositions 2018
DOCUMENT CONFIDENTIEL

Fonds de Soutien à l'attention Végétale
Déclaration d'intention - 2018

TITRE DU PROJET (15 mots) :

Fus'eye : Nouvel outil de phénotypage spectral au champ pour quantifier la fusariose de l'épi sur céréales

PARTENAIRES :

- 1) GEVES - Porteur du projet (Valérie Cadot)
- 2) INRA UR PHACO 1375
- 3) INRA AGAP - Montpellier
- 4) Carillon Bio
- 5) Université d'Angers, IMORPHEN
- 6) Axatis-Institut du Végétal

Spécialistes :

- 7) Agri Citobionts
- 8) Caussade
- 9) DBV
- 10) Floirmond Desprez
- 11) KWS
- 12) Raaf
- 13) Secolira
- 14) Syngenta
- 15) Valéroma

FSOV - Appel à propositions 2018
DOCUMENT CONFIDENTIEL

DESCRIPTION RESUMEE DU SUJET (30 lignes) :

La fusariose de l'épi (FHB), causée principalement par *Fusarium graminearum*, est une maladie qui affecte de nombreuses céréales à paille en Europe, entraînant une réduction du rendement et la contamination des grains en **fusariotoxines**. Pour lutter contre le FHB, il est indispensable de développer des variétés résistantes. Or, la subjectivité des notations et/ou la présence d'autres pathogènes (Rouille, *Microdochium*...) rendent non robustes les méthodes de phénotypage actuelles (observations visuelles, imagerie dans le visible). L'objet de cette étude est d'utiliser l'analyse spectrale pour définir un nouvel outil de phénotypage au champ pour évaluer la résistance variétale au FHB de trois espèces : blé tendre, blé dur et triticale. L'outil développé sera basé sur une méthode non destructive permettant d'objectiver les notations sur épis et de distinguer le FHB des autres pathogènes (Rouilles, *Microdochium*...). Il sera facile à manipuler, à l'aide d'un vecteur piéton afin de cribler un grand nombre de génotypes. Deux types de capteurs seront testés : une caméra multispectrale, intégrant les longueurs d'ondes de la fusariose identifiées sur blé tendre lors de travaux antérieurs, et une caméra hyperspectrale couplée à un traitement des données par **deep learning**. Le premier volet de cette étude, en années 0 (pré-action), 1 et 2, sera dédié à la conception d'un prototype pour la mesure de la fusariose sur épi en plein champ. Un cahier des charges concernant les besoins en termes de contraintes techniques et agronomiques du prototype sera défini. Puis, des études seront menées en parallèle en laboratoire et en plein champ sur un panel de 40 génotypes dans 4 sites infectés par *F. graminearum*, avec présence ou non de *Microdochium*. La partie laboratoire permettra d'étudier la potentialité des deux capteurs à révéler uniquement les symptômes de FHB sur épis. Les conditions d'acquisition des données dans des scènes de plein champ permettront de finaliser le cahier des charges du prototype. Au cours de cette étape les algorithmes d'analyses d'images **multispectrales** et **hyperspectrales** seront développés : segmentation des images, quantification de l'impact de la fusariose. Les étalonnages s'appuieront sur différentes méthodes de référence : notations visuelles sur épis et sur images, **qPCR**, analyses microbiologiques. Le deuxième volet de cette étude (année 3), consistera à valider le prototype sélectionné dans un réseau élargi sur un panel diversifié (une dizaine de sites, 120 variétés). L'ensemble des partenaires sera formé à l'utilisation de cet outil. Ce test à grande échelle permettra de vérifier la robustesse des algorithmes retenus par rapport à la variabilité environnementale et génétique. **Fus'eye** fournira à l'ensemble de la filière céréalière un nouvel outil de phénotypage transportable et piéton de FHB au champ. Cet outil sera simple d'utilisation avec un accès rapide aux données.

FSOV - Appel à propositions 2018
DOCUMENT CONFIDENTIEL

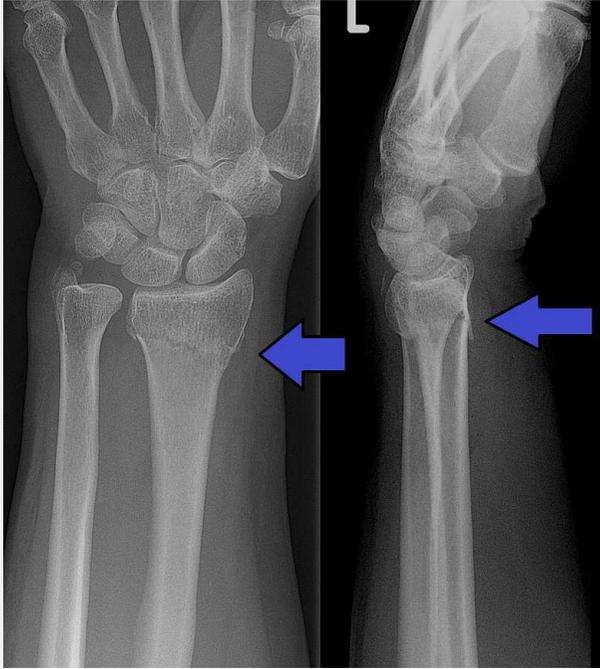
ESPECE(S) CONCERNEE(S) (cocher les cases correspondantes) :

BIC					
Tendre	X	Orge		Avoine	
Dur	X	Triticale	X	Seigle	
				Epeautre	
				Kik	

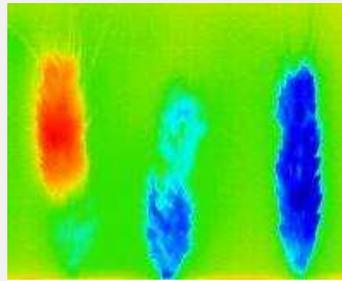
COUTS ESTIMES DU PROGRAMME (cocher les cases correspondantes) :

	< 150 k€	150 k€ - 300 k€	300 k€ - 500 k€	> 500 k€
Programme LOCAL			X	
Subvention FSOV		X		





Si l'imagerie permet d'affiner le diagnostic, elle ne suffit pas seule à juger les génotypes. D'autres facteurs, notamment ceux liés à l'environnement sont à prendre en compte.



Etude de l' Interaction Génotype-Environnement Fusariose de l'épi de 2013 à 2017



- Sous Tunnel irrigué Bâche insectproof porée
Irrigation Spinet



- **2013, 2014 : COURTOT (Blé tendre) – AMARILLO (Triticale)_ALTERNATIFS**
2015, 2016, 2017 : BAGOU (Blé tendre) _ TRISKELL (Triticale) - Résistants rouille jaune.

Humour décalé...



Le Déroulement :

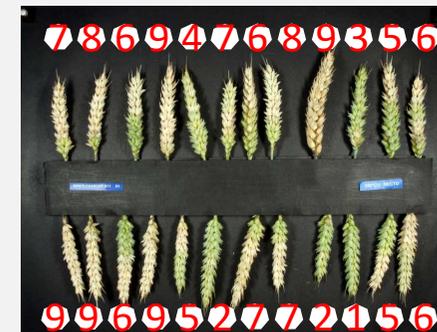
- ❖ -Décalage de semis : semis de Octobre à Mars
-Floraison début Mai à mi-Juin
- ❖ -Inoculation avec *Fusarium Culmorum* R96-4
à 50% Floraison et 100% Floraison
-Concentration de $1,10^6$ sp/ml à raison de 300L/ha



- ❖ Utilisation Pulvérisateur à dos



- ❖ -Prise de photos RVB sur statif à 350°Cj et 450°Cj après infection
-Notations sur photos



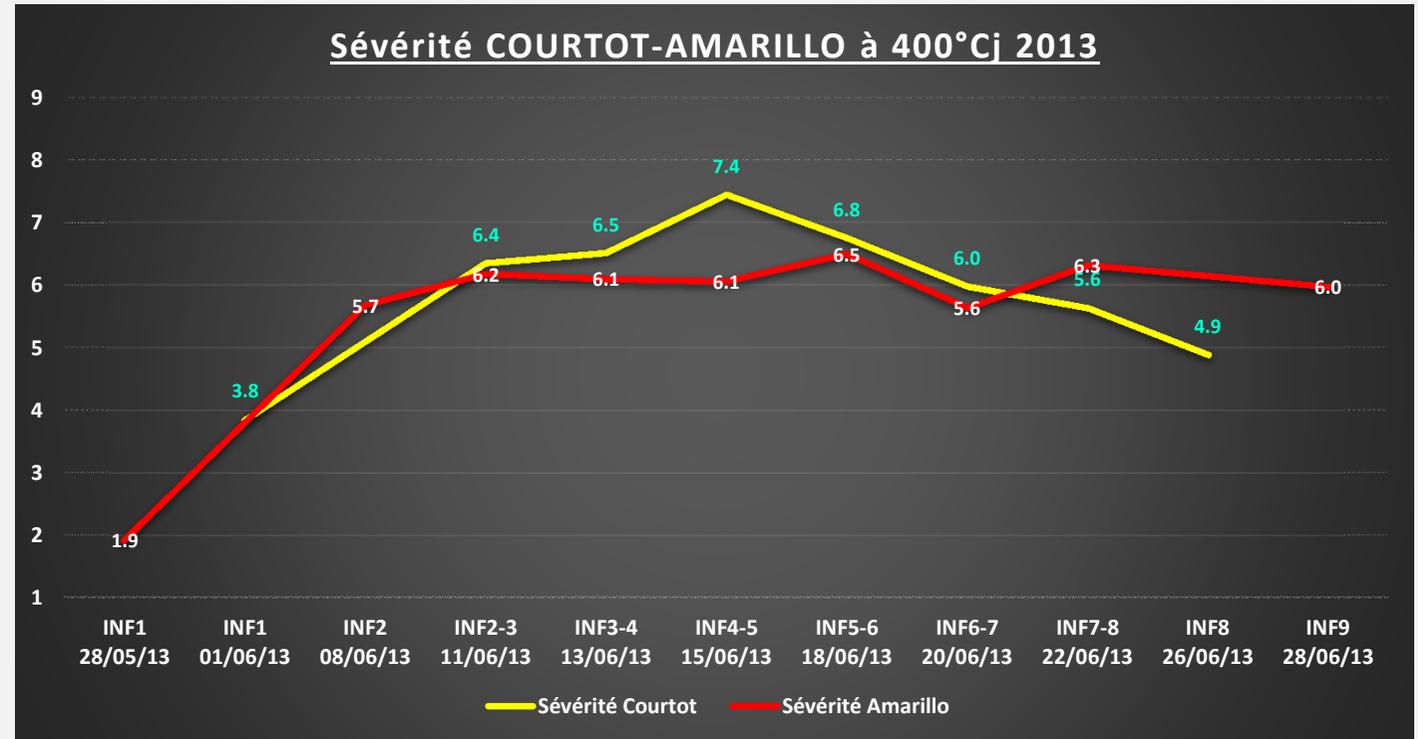
Décaler pour mieux juger.



LES RESULTATS :

2013

COURTOT	04/12/12	T U N N E L 6	COURTOT	04/12/12
COURTOT	10/10/12		AMARILLO	10/10/12
COURTOT	13/11/12		AMARILLO	13/11/12
COURTOT	04/12/12		AMARILLO	04/12/12
COURTOT	18/12/12		AMARILLO	18/12/12
COURTOT	08/01/13		AMARILLO	08/01/13
COURTOT	21/01/13		AMARILLO	21/01/13
COURTOT	04/02/13		AMARILLO	04/02/13
COURTOT	20/02/13		AMARILLO	20/02/13
COURTOT	28/02/13		AMARILLO	28/02/13
COURTOT	05/03/13		AMARILLO	05/03/13
COURTOT	13/03/13		AMARILLO	13/03/13
COURTOT	21/03/13	AMARILLO	21/03/13	
COURTOT	28/03/13	AMARILLO	28/03/13	
COURTOT	04/04/13	AMARILLO	04/04/13	
AMARILLO	04/04/13	COURTOT	04/04/13	
AMARILLO	28/03/13	COURTOT	28/03/13	
AMARILLO	21/03/13	COURTOT	21/03/13	
AMARILLO	13/03/13	COURTOT	13/03/13	
AMARILLO	05/03/13	COURTOT	05/03/13	
AMARILLO	28/02/13	COURTOT	28/02/13	
AMARILLO	20/02/13	COURTOT	20/02/13	
AMARILLO	04/02/13	COURTOT	04/02/13	
AMARILLO	21/01/13	COURTOT	21/01/13	
AMARILLO	08/01/13	COURTOT	08/01/13	
AMARILLO	18/12/12	COURTOT	18/12/12	
AMARILLO	04/12/12	COURTOT	04/12/12	
AMARILLO	13/11/12	COURTOT	13/11/12	
AMARILLO	10/10/12	COURTOT	10/10/12	
COURTOT	04/12/12	COURTOT	04/12/12	



Variétés **COURTOT-AMARILLO**

Semis du 10/10/2012 au 04/04/2013

COURTOT : 8 Infections du 01/06/13 au 26/06/13

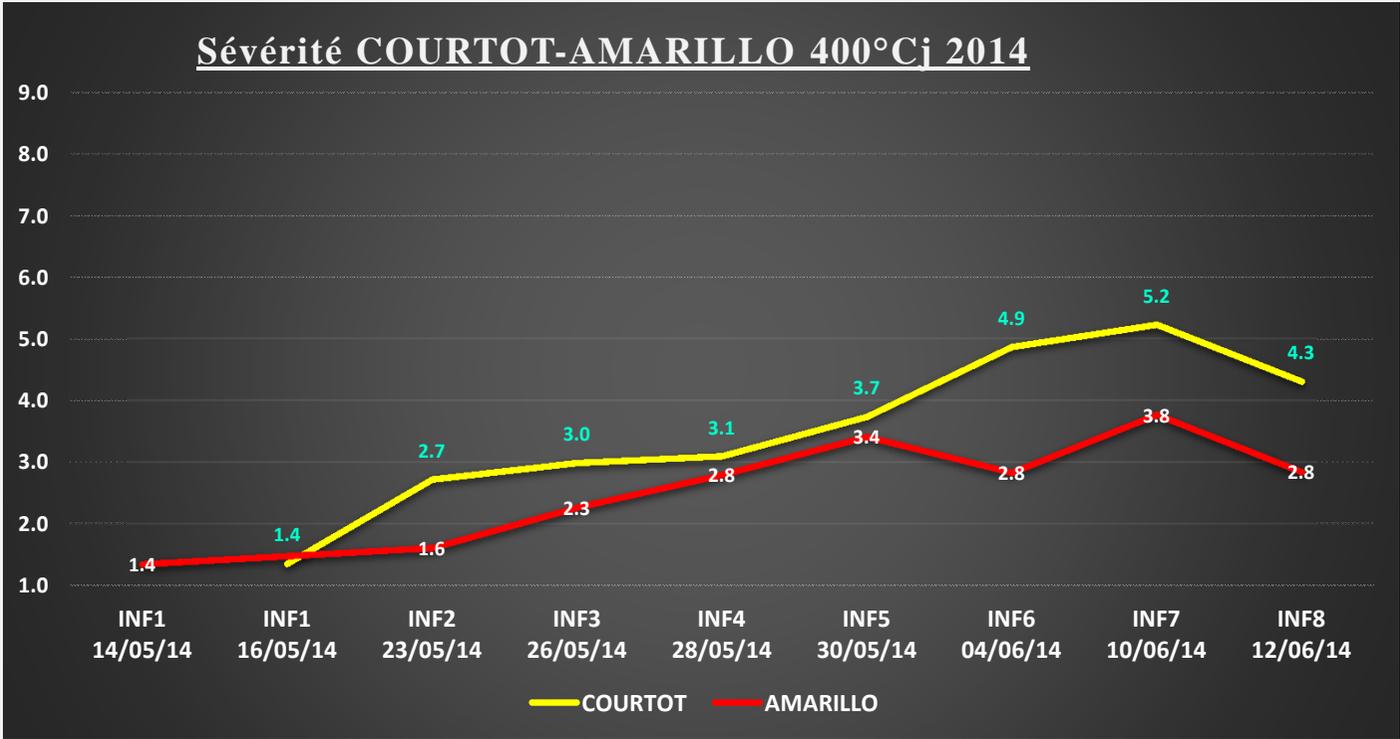
AMARILLO : 9 Infections du 28/05/13 au 28/06/13

Courtot, un Puydômois!!!



2014

RENAN	14/11/13	T U N N E L 8	RENAN	14/11/13
COURTOT	10/10/13		AMARILLO	10/10/13
COURTOT	14/11/13		AMARILLO	14/11/13
COURTOT	04/12/13		AMARILLO	04/12/13
COURTOT	19/12/13		AMARILLO	19/12/13
COURTOT	08/01/14		AMARILLO	08/01/14
COURTOT	21/01/14		AMARILLO	21/01/14
COURTOT	04/02/14		AMARILLO	04/02/14
COURTOT	20/02/14		AMARILLO	20/02/14
COURTOT	28/02/14		AMARILLO	28/02/14
COURTOT	05/03/14	AMARILLO	05/03/14	
COURTOT	14/03/14	AMARILLO	14/03/14	
COURTOT	21/03/14	AMARILLO	21/03/14	
COURTOT	28/03/14	AMARILLO	28/03/14	
COURTOT	04/04/14	AMARILLO	04/04/14	
VIDE		VIDE		
AMARILLO	04/04/14	COURTOT	04/04/14	
AMARILLO	28/03/14	COURTOT	28/03/14	
AMARILLO	21/03/14	COURTOT	21/03/14	
AMARILLO	14/03/14	COURTOT	14/03/14	
AMARILLO	05/03/14	COURTOT	05/03/14	
AMARILLO	28/02/14	COURTOT	28/02/14	
AMARILLO	20/02/14	COURTOT	20/02/14	
AMARILLO	04/02/14	COURTOT	04/02/14	
AMARILLO	21/01/14	COURTOT	21/01/14	
AMARILLO	08/01/14	COURTOT	08/01/14	
AMARILLO	19/12/13	COURTOT	19/12/13	
AMARILLO	04/12/13	COURTOT	04/12/13	
AMARILLO	14/11/13	COURTOT	14/11/13	
AMARILLO	10/10/13	COURTOT	10/10/13	
RENAN	14/11/13	RENAN	14/11/13	



Variétés **COURTOT-AMARILLO**

Semis du 10/10/13 au 03/04/14

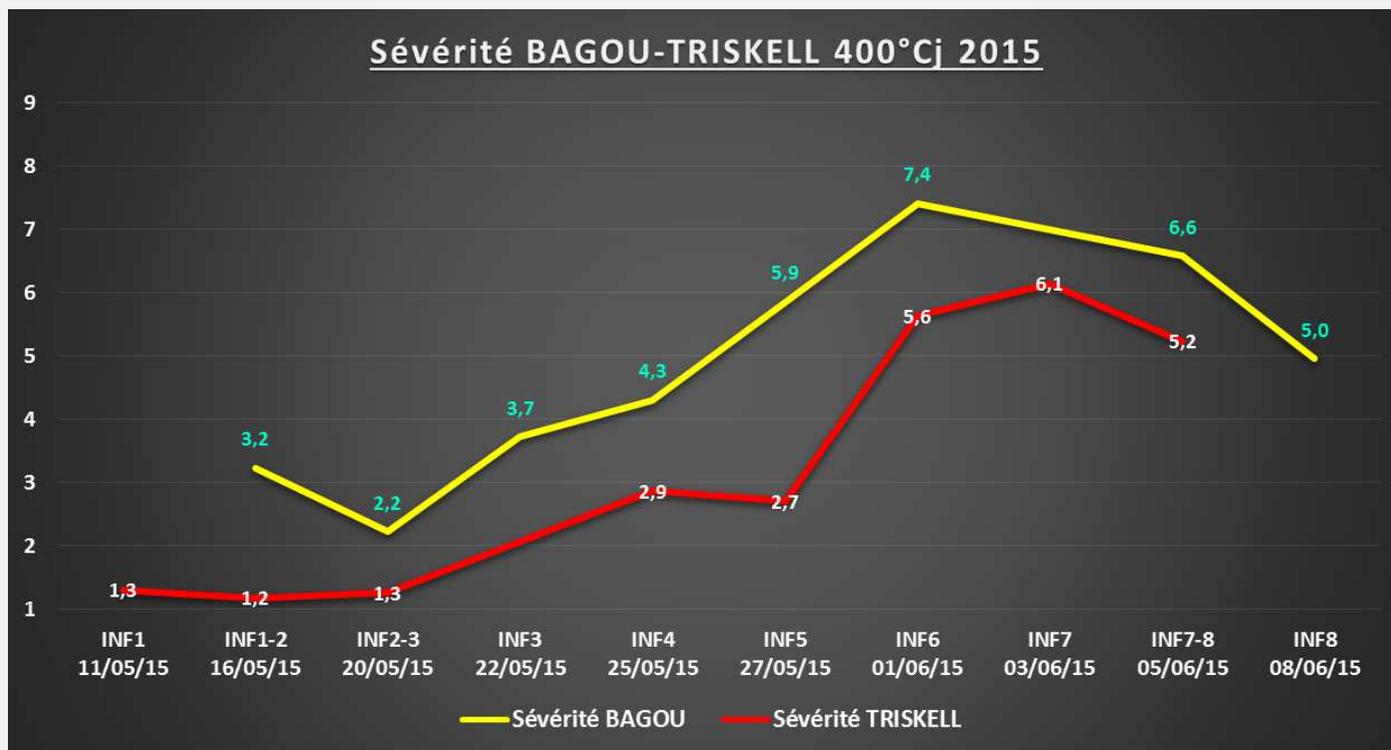
COURTOT : 7 Infections du 16/05/14 au 12/06/14

AMARILLO : 8 Infections du 14/05/14 au 12/06/14



2015

RENAN		T U N N E L 1	RENAN	
BAGOU R1	08/10/14		TRISKELL R1	08/10/14
BAGOU R1	21/10/14		TRISKELL R1	21/10/14
BAGOU R1	13/11/14		TRISKELL R1	13/11/14
BAGOU R1	24/11/14		TRISKELL R1	24/11/14
BAGOU R1	08/12/14		TRISKELL R1	08/12/14
BAGOU R1	23/12/14		TRISKELL R1	23/12/14
BAGOU R1	08/01/15		TRISKELL R1	08/01/15
BAGOU R1	23/01/15		TRISKELL R1	23/01/15
BAGOU R1	10/02/15		TRISKELL R1	10/02/15
BAGOU R1	20/02/15	TRISKELL R1	20/02/15	
BAGOU R1	02/03/15	TRISKELL R1	02/03/15	
BAGOU R1	12/03/15	TRISKELL R1	12/03/15	
BAGOU R1	24/03/15	TRISKELL R1	24/03/15	
RENAN		RENAN		
TRISKELL R2	24/03/15	BAGOU R2	24/03/15	
TRISKELL R2	12/03/15	BAGOU R2	12/03/15	
TRISKELL R2	02/03/15	BAGOU R2	02/03/15	
TRISKELL R2	20/02/15	BAGOU R2	20/02/15	
TRISKELL R2	10/02/15	BAGOU R2	10/02/15	
TRISKELL R2	20/01/15	BAGOU R2	23/01/15	
TRISKELL R2	08/01/15	BAGOU R2	08/01/15	
TRISKELL R2	23/12/14	BAGOU R2	23/12/14	
TRISKELL R2	08/12/14	BAGOU R2	08/12/14	
TRISKELL R2	24/11/14	BAGOU R2	24/11/14	
TRISKELL R2	13/11/14	BAGOU R2	13/11/14	
TRISKELL R2	21/10/14	BAGOU R2	21/10/14	
TRISKELL R2	08/10/14	BAGOU R2	08/10/14	
RENAN		RENAN		



Variétés **BAGOU-TRISKELL**

Semis du 08/10/14 au 24/03/15

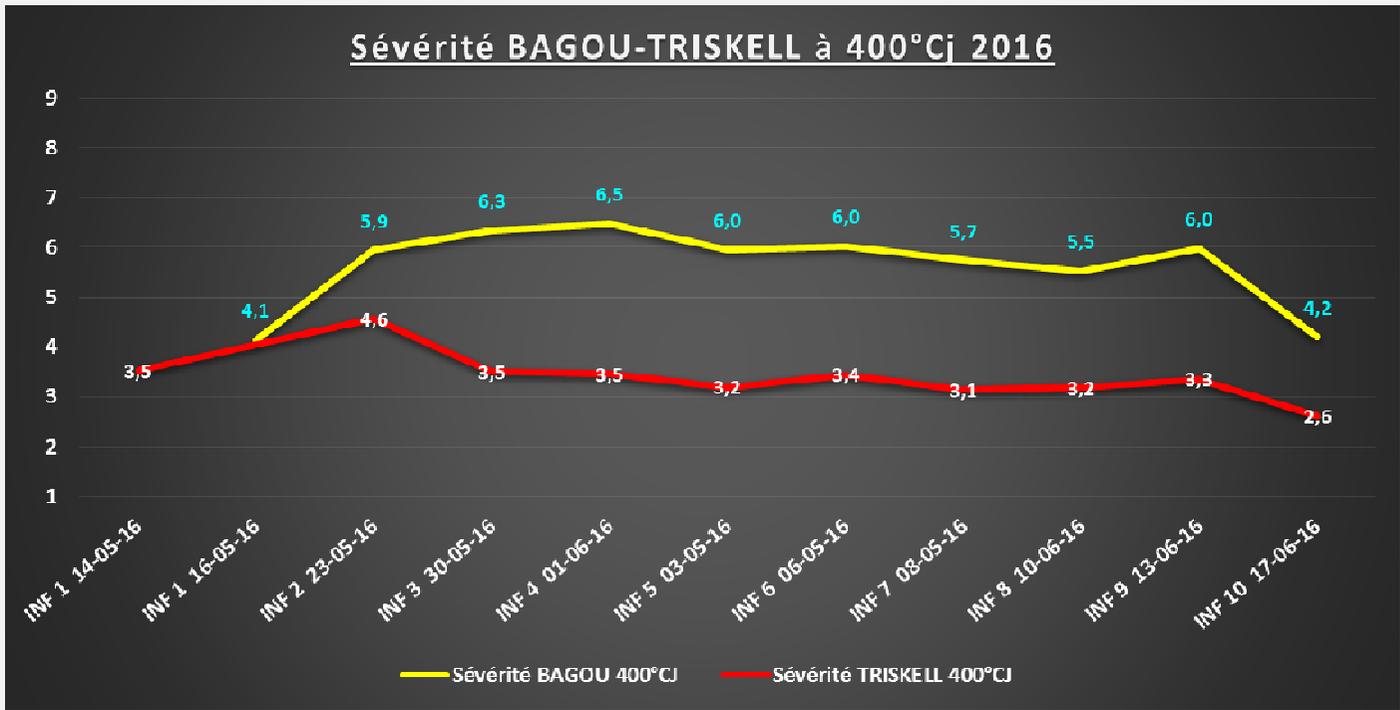
BAGOU : 8 Infections du 16/05/15 au 08/06/15

TRISKELL : 8 Infections du 11/05/15 au 05/06/15



2016

RENAN		RENAN	
RENAN		RENAN	
RENAN		RENAN	
BAGOU R1	08/10/15	TRISKELL R1	08/10/15
BAGOU R1	21/10/15	TRISKELL R1	21/10/15
BAGOU R1	13/11/15	TRISKELL R1	13/11/15
BAGOU R1	24/11/15	TRISKELL R1	24/11/15
BAGOU R1	08/12/15	TRISKELL R1	08/12/15
BAGOU R1	23/12/15	TRISKELL R1	23/12/15
BAGOU R1	08/01/16	TRISKELL R1	08/01/16
BAGOU R1	23/01/16	TRISKELL R1	23/01/16
BAGOU R1	10/02/16	TRISKELL R1	10/02/16
BAGOU R1	20/02/16	TRISKELL R1	20/02/16
BAGOU R1	02/03/16	TRISKELL R1	02/03/16
SUMAI		SUMAI	
TRISKELL R2	02/03/16	BAGOU R2	02/03/16
TRISKELL R2	20/02/16	BAGOU R2	20/02/16
TRISKELL R2	10/02/16	BAGOU R2	10/02/16
TRISKELL R2	20/01/16	BAGOU R2	23/01/16
TRISKELL R2	08/01/16	BAGOU R2	08/01/16
TRISKELL R2	23/12/15	BAGOU R2	23/12/15
TRISKELL R2	08/12/15	BAGOU R2	08/12/15
TRISKELL R2	24/11/15	BAGOU R2	24/11/15
TRISKELL R2	13/11/15	BAGOU R2	13/11/15
TRISKELL R2	21/10/15	BAGOU R2	21/10/15
TRISKELL R2	08/10/15	BAGOU R2	08/10/15
RENAN		RENAN	
RENAN		RENAN	
RENAN		RENAN	



Variétés BAGOU-TRISKELL

Semis du 08/10/15 au 04/03/16

BAGOU : 10 Infections du 16/05/16 au 17/06/16

TRISKELL : 10 Infections du 14/05/16 au 17/06/16



CONSTATS et REFLEXIONS:

- Une même variété peut être évaluée plus ou moins sensible en fonction de sa date de floraison

- Les conditions environnementales ont un impact sur la sensibilité/résistance à la fusariose

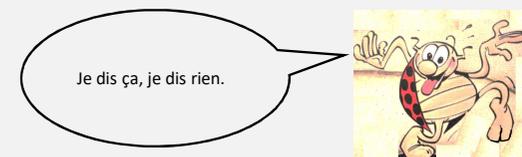
Optimum de croissance des *Fusarium* ?

Conditions d'infection (Température, vent, humidité...)?

Conditions post-infection?

- Pour caractériser un panel de variétés à la fusariose de l'épi, il semble donc important de réaliser des essais pluriannuels et multi-locaux ?

- Intérêt de décaler un ou plusieurs mêmes témoins pour évaluer les effets précocité?



MERCI....

