



HAL
open science

Bonnes pratiques du champ à l'assiette pour limiter le risque mycotoxines avec des céréales anciennes en Agriculture Biologique et en circuit court.

Jean-Michel Savoie, Marie-Helene Robin

► To cite this version:

Jean-Michel Savoie, Marie-Helene Robin. Bonnes pratiques du champ à l'assiette pour limiter le risque mycotoxines avec des céréales anciennes en Agriculture Biologique et en circuit court.. Journées du réseau FUSATOX, INRAE, UR1264 MycSA, Oct 2023, Bordeaux, France. hal-04593668

HAL Id: hal-04593668

<https://hal.inrae.fr/hal-04593668v1>

Submitted on 30 May 2024

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Public Domain

Bonnes pratiques du champ à l'assiette pour limiter le risque mycotoxines avec des céréales anciennes en Agriculture Biologique et en circuit court



Avec la contribution financière du compte d'affectation spéciale développement agricole et rural CASDAR



**MINISTÈRE
DE L'AGRICULTURE
ET DE L'ALIMENTATION**

*Liberté
Égalité
Fraternité*



Marie-Hélène ROBIN (EI Purpan) & Jean-Michel SAVOIE (INRAE-MycSA)



19 et 20 octobre 2023 – INRAE Bordeaux

Marie-Helene ROBIN (mh.robin@purpan.fr) Jean-Michel.Savoie@inrae.fr

➤ Objectifs du projet Myco3C

- Compléter les informations des modèles agroclimatiques prédictifs existants et disposer de données fiables sur les contaminations en mycotoxines, en tenant compte de la diversité des pratiques dans la filière 'Agriculture Biologique (AB), céréales anciennes, circuit court (CC)'.
- Élargir à autres mycotoxines que DON et couvrir toute la chaîne de valeurs, du champ à la table.
- Identifier des leviers techniques d'action adaptés, permettant de minimiser le risque de contamination en mycotoxines (principalement en AB et CC).
- Sensibiliser les acteurs et faire évoluer les pratiques pour minimiser le risque de contamination en moisissures et mycotoxines.

➤ Le Partenariat

➤ Groupes agriculteurs bio:

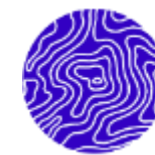
Haute-Loire Biologique, Agribio 04, Agrobio Périgord, B.L.E.

➤ ITA: ACTA, ITAB

➤ Recherche Académique: INRAE UR MycSA et UMR SPO

➤ Enseignement:

El Purpan, IUT Auch, ENILIA-ENSMIC, Inéopole Formation Brens



• Haute-Loire BIO •
Les Agriculteurs BIO de Haute-Loire



• AGRIBIO 04 •
Les Agriculteurs BIO des Alpes de Haute-Provence



• AGROBIO PÉRIGORD •



Campus de l'alimentation
ENILIA • ENSMIC | Surgères



ineopole
formation



Avec la contribution financière du compte d'affectation spéciale développement agricole et rural CASDAR
MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE ET DE L'ALIMENTATION
Liberté
Égalité
Fraternité



➤ Un réseau de parcelles agriculteurs : données agro-climatiques et analyses mycotoxines



- Blé
- Maïs
- Poulard

Parcelles suivies:
 35 parcelles suivies en 2019
 19 en 2020
 26 en 2021

Mycotoxines analysées:
 DON (y.c. 15-acetyl-DON
 3-acetyl-DON, DAS)
 Nivalénol
 Ochratoxine A
 Aflatoxine B1 et B2, G2
 Toxine T-2 et HT-2
 Aflatoxine G1
 Fusarenone X
 Zearalenone (y.c. Alpha-
 zearalenol et Beta-
 zearalenol)

Populations de Blés semées	Nombre de parcelles semées
Rouge de bordeaux (RB)	8
Barbu du Roussillon (BR)	1
Touzelle de nimes (TN)	1
Mélange blé tendre (MT)	12
Fuchweisen (F)	1
Chiddam (C)	1
Florence Aurore (FA)	3
Sarragnet (SA)	4
Bihouent (BI)	6
Trezier (TR)	1
Rouge de roc (RR)	1
Poulard d'Auvergne (PA)	5
Nonette de Lausanne (NL)	6
Mélange blé poulard (MP)	1
Khorazan (K)	2
Amidonnier (A)	1

Espèces :

Triticum aestivum (blé tendre)

Triticum turgidum L. subsp. *Turgidum* (blé Poulard)

Triticum turgidum L. subsp. *dicocon* (amidonnier)

données du suivi 2019 et 2020

- Bonnes pratiques du champ à l'assiette pour limiter le risque mycotoxines avec des céréales anciennes en AB et CC

PLAN

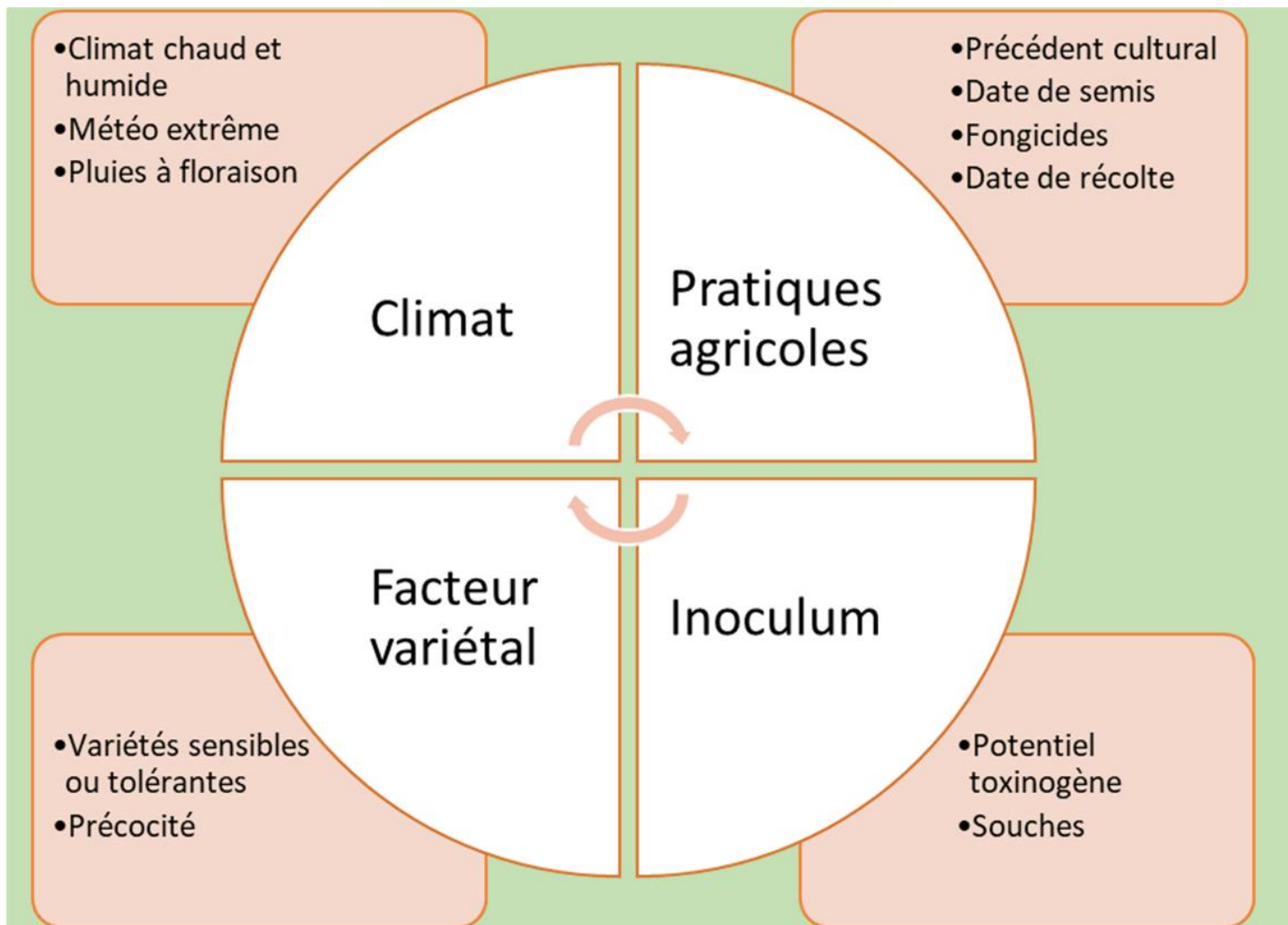
Introduction : La fusariose et les mycotoxines : Développement et facteurs favorisants du champ à l'assiette

- 1- Au champ : le rôle du climat, des pratiques, des espèces et variétés cultivées
- 2- Au stockage
- 3- A la transformation : mouture, panification, pastification

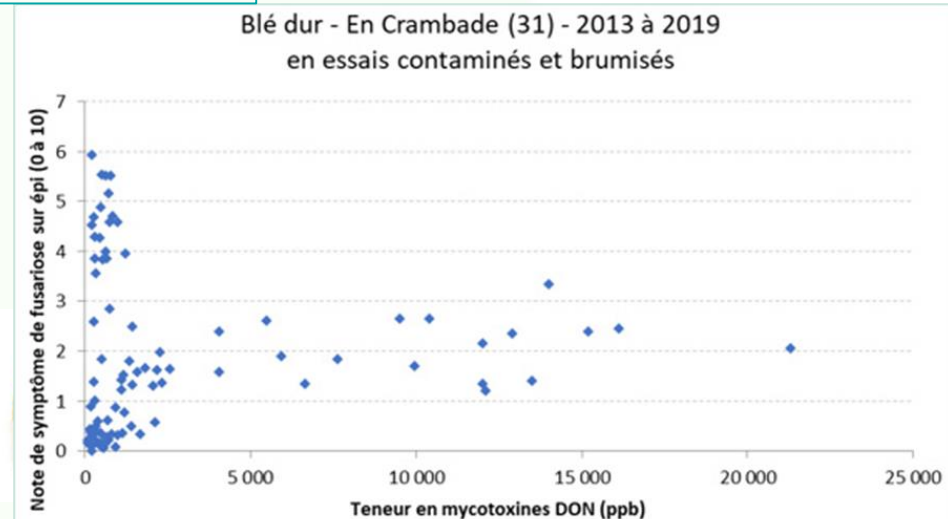
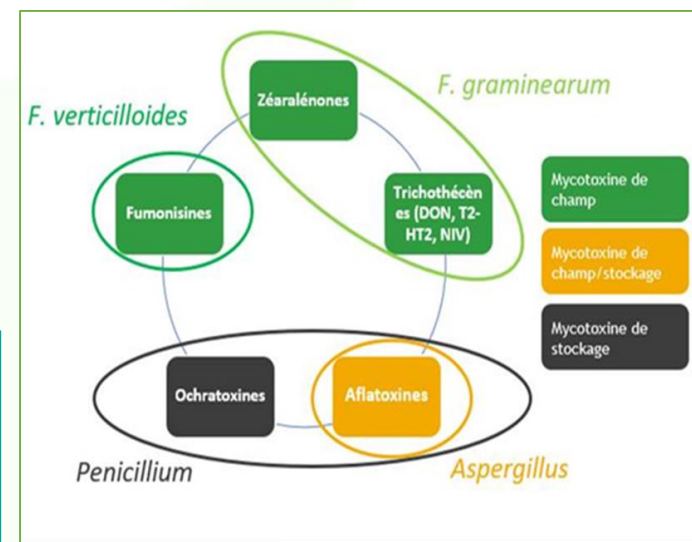
Fusarium/mycotoxines et voies de développement :

Les mycotoxines produites par les champignons du genre *Fusarium* sont produites en relation avec les conditions de champ

Fusarioses sur maïs :



Pas de relation entre symptômes de fusariose et teneur en DON



➤ Des blés anciens moins à risque Fusariose et DON/blés modernes ?

Des variétés populations de céréales sont aujourd'hui de nouveaux cultivées en France, principalement en agriculture biologique. Ces variétés sont issues de la multiplication par brassage d'un ensemble d'individus.

Leur diversité génétique importante fait que ces variétés sont plus adaptées face aux stress biotiques et abiotiques.

Les plantes hautes et dont le col de l'épi est allongé sont naturellement moins touchées par la fusariose ainsi que les blés couverts comme le petit épeautre ou l'amidonnier.

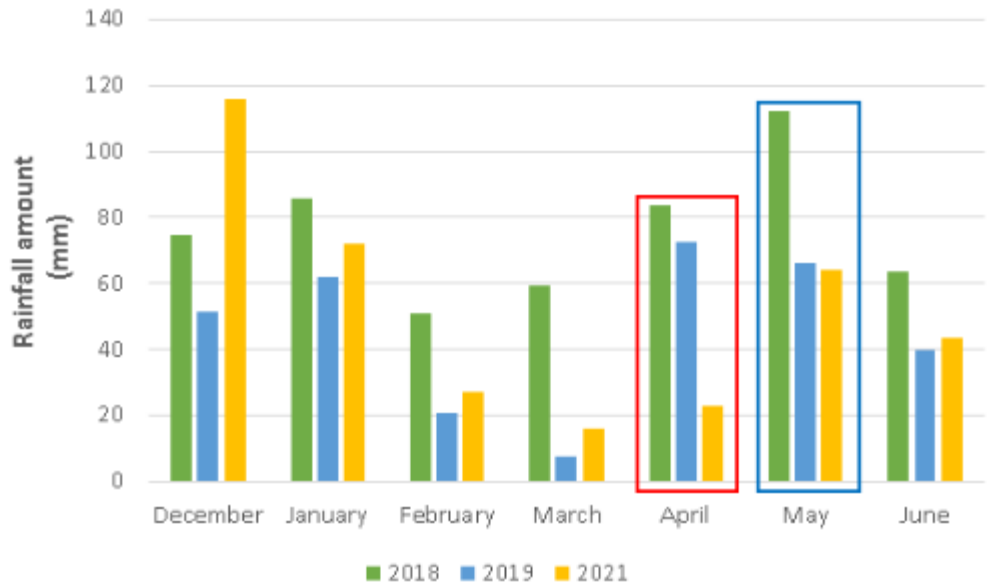
Des combinaisons de pratiques en AB moins à risque : rotation longue, peu de maïs, fertilisation azotée faible, mélanges, densité assez faible ...

Teneurs souvent égales ou inférieures de DON dans des lots de blé AB/AC

Brodal et al. 2016 : meta-analyse "Despite no use of fungicides, an organic system appears generally able to maintain mycotoxin contamination at low levels"

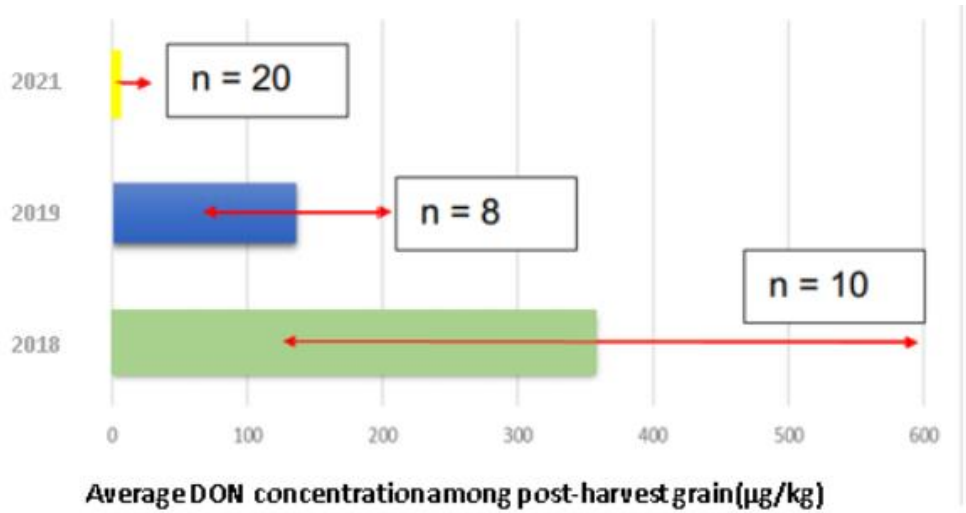


➤ Rôle du climat et impact des précipitations



Départements	Number of samples with DON
Alpes-de-Haute-Provence	0/3
Bouches-du-Rhône	0/4
Var	0/2
Dordogne	1/3
Haute-Loire	0/4
Pyrénées Atlantiques	4/4
Ille-et-Vilaine	0/2
Haute-Garonne	3/3
Haute-Pyrénées	20/20
Gers	7/9

Mediterranean climate
Oceanic climate



- ✓ 40 mm de pluie à la floraison augmente le risque mycotoxine
- ✓ Corrélation DON avec somme précipitation en avril (r=0.45)
- ✓ Les parcelles en climat océanique sont donc plus exposées

Average DON concentration among post-harvest grain(µg/kg)

➤ Espèces de *Fusarium* et TCTB

Dans échantillons contaminés en DON et quelques témoins – Détection par Q-PCR

<i>Fusarium</i> sp.	<i>Fusarium graminearum</i>	<i>Fusarium poae</i>	DON µg/kg	NIV µg/kg
0	0	0	0	0
++	++	+	96	145
+	++	+	74	62
+	++	+	333	258
++	++	+	434	140
0	0	0	0	0
0	0	0	0	0
+	0	+	0	50
+	0	+	0	102
+	0	+	0	0
0	0	0	0	0
++	++	+	249	0
+	++	+	nd	nd
+	+	+	0	0
0	0	0	0	0

Pas de *F. culmorum*

✓ Corrélation entre concentrations en DON et NIV, HT-2 et ZEA

0 = < LOQ

➤ Les leviers d'actions au champ : pratiques +/- favorisantes



Farming practice	Criterion	DON not detected	DON detected	
Species	Rivet wheat	1	12	Practice correlated to DON's presence
	Soft wheat	20	23	
Weeding	No	13	29	Practice correlated to DON's presence
	Yes	8	5	
Seeding period	Early	4	10	Practice not correlated to any of them
	Normal	5	14	
	Late	1	8	
	Very late	11	3	
Tillage	No	1	12	Practice not correlated to DON's presence
	Yes	20	23	

Les pratiques à risque :

- pas de désherbage
- sans labour*
- précédent maïs (anté-précédent soja et trèfle)

Les pratiques avec impact positif:

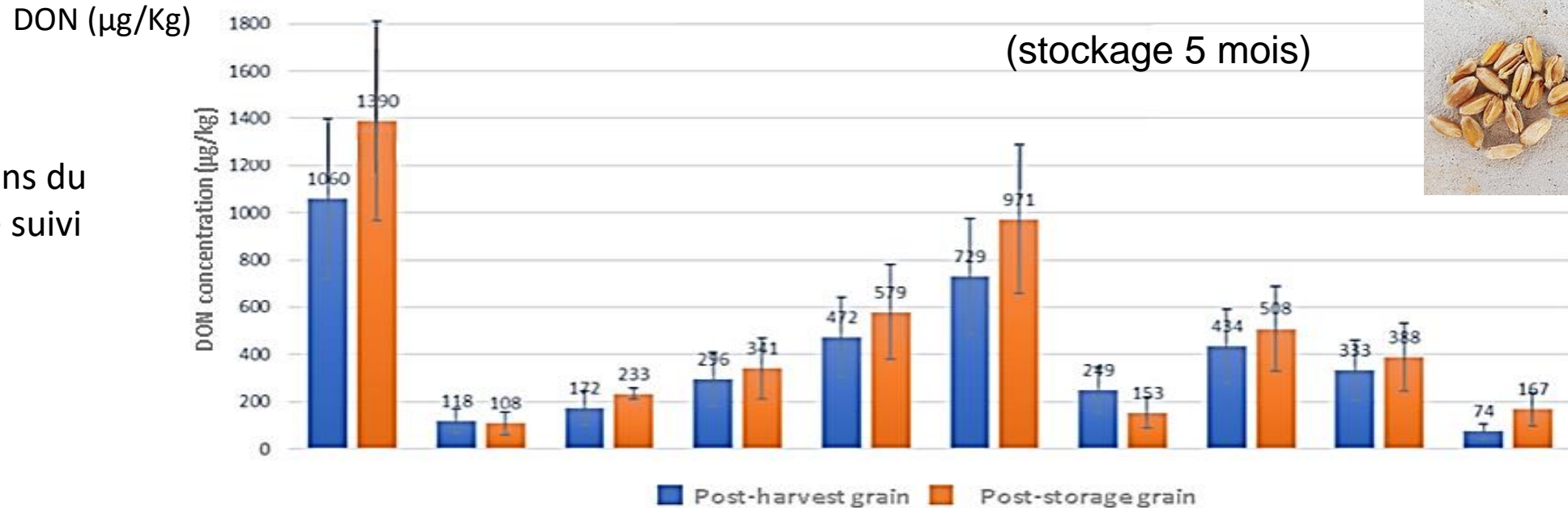
- semis très tardif (à partir de janvier)
- désherbage
- texture du sol sableuse

On peut également citer l'origine des semences (traitement), des variétés ou populations à paille longue, variétés couvertes, variétés barbues, rotation longue sans blé ou maïs en précédent, broyage des résidus, ...

Attention ! le faible nombre d'échantillons analysés ne permet pas de conclure avec un niveau de robustesse statistique satisfaisant

➤ Evolution des Fusariotoxines au cours du stockage à la ferme

Echantillons du réseau de suivi



- ✓ Pas de de différence significative entre les échantillons avant et après stockage.
- ✓ Une tendance à l'augmentation est néanmoins observée après stockage sur la majorité des échantillons pour DON, NIV et ZEA.

➤ Le risque mycotoxines au stockage

Les moisissures strictes de stockage sont principalement constituées par les espèces des genres *Penicillium* et *Aspergillus*. Ces moisissures sont les seules à pouvoir se développer sur les grains à partir du seuil de 15 à 16 % de teneur en eau



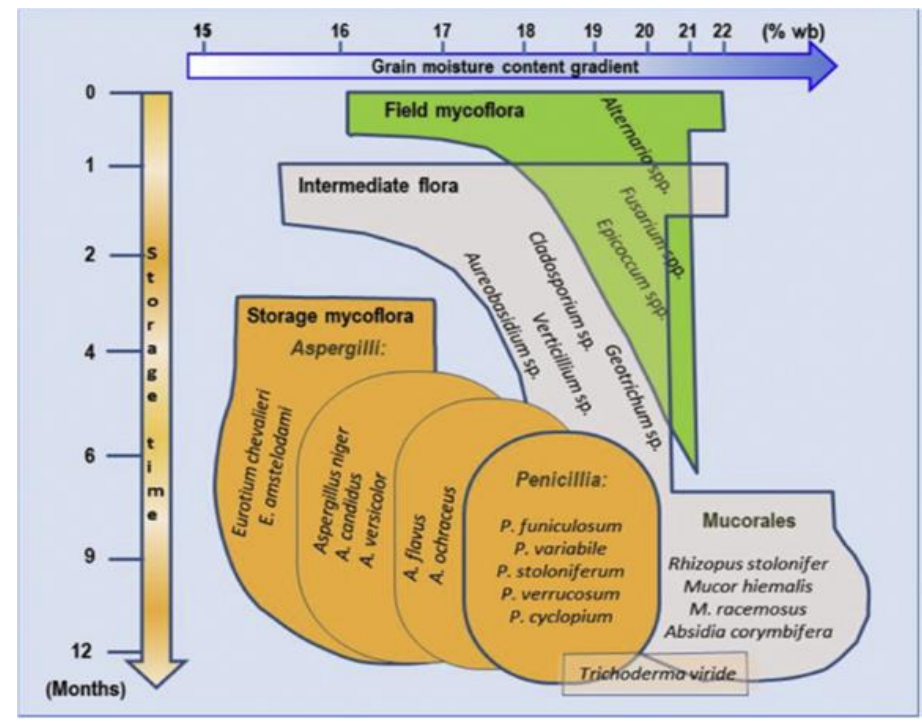
Pourriture de l'épi de maïs due à un *Aspergillus* (photo : B. Bluhm, University of Arkansas & C. Woloshuk, Purdue University)

La lutte préventive contre la prolifération des moisissures de stockage repose sur le contrôle strict des conditions de température et d'activité d'eau des grains stockés (séchage, ventilation, refroidissement, nettoyage et séparation, atmosphères contrôlées,...)

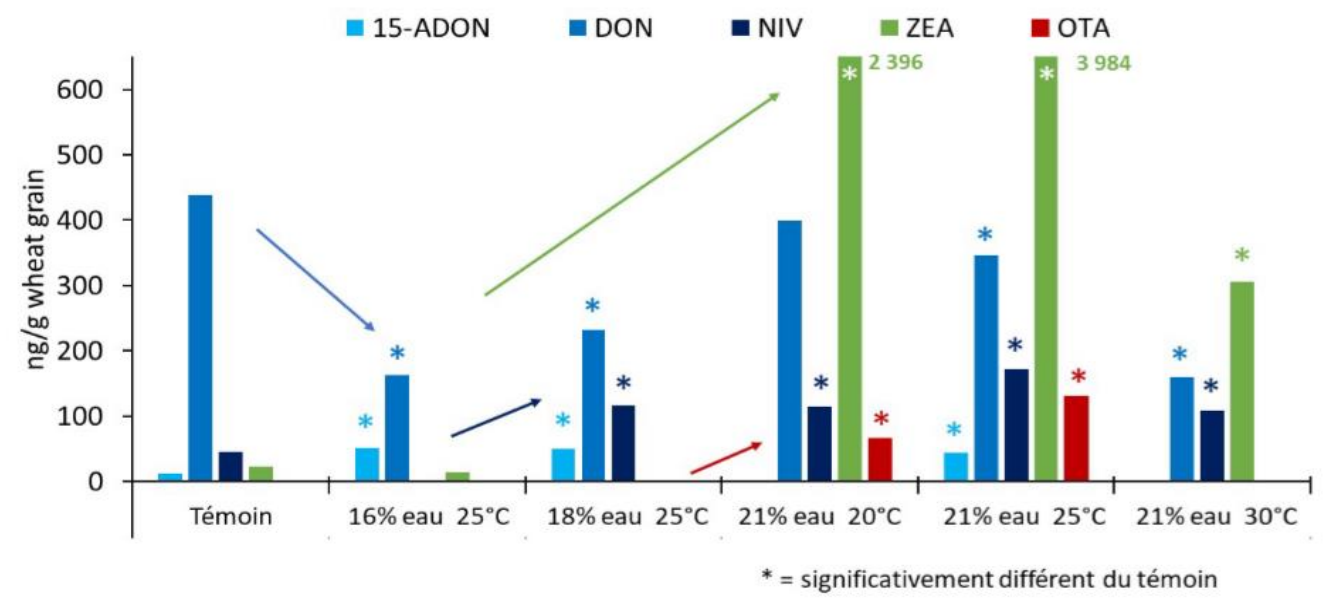


➤ Evolution des Fusariotoxines au cours du stockage - expérimentation

Effet combinés température et teneur en eau du grain



F. Fleuret-Lessard

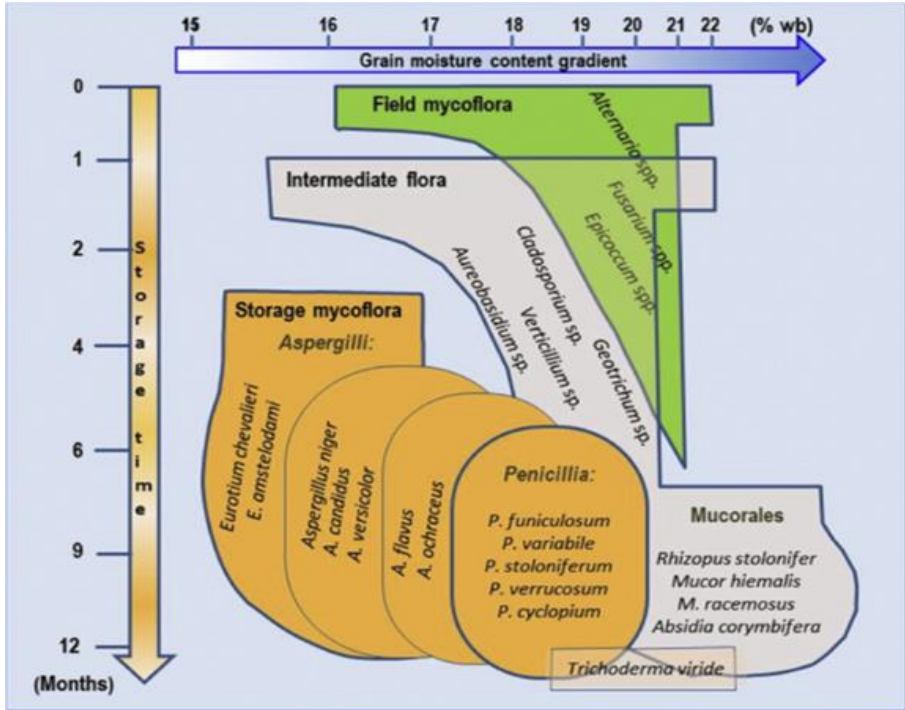


Observations expérimentales

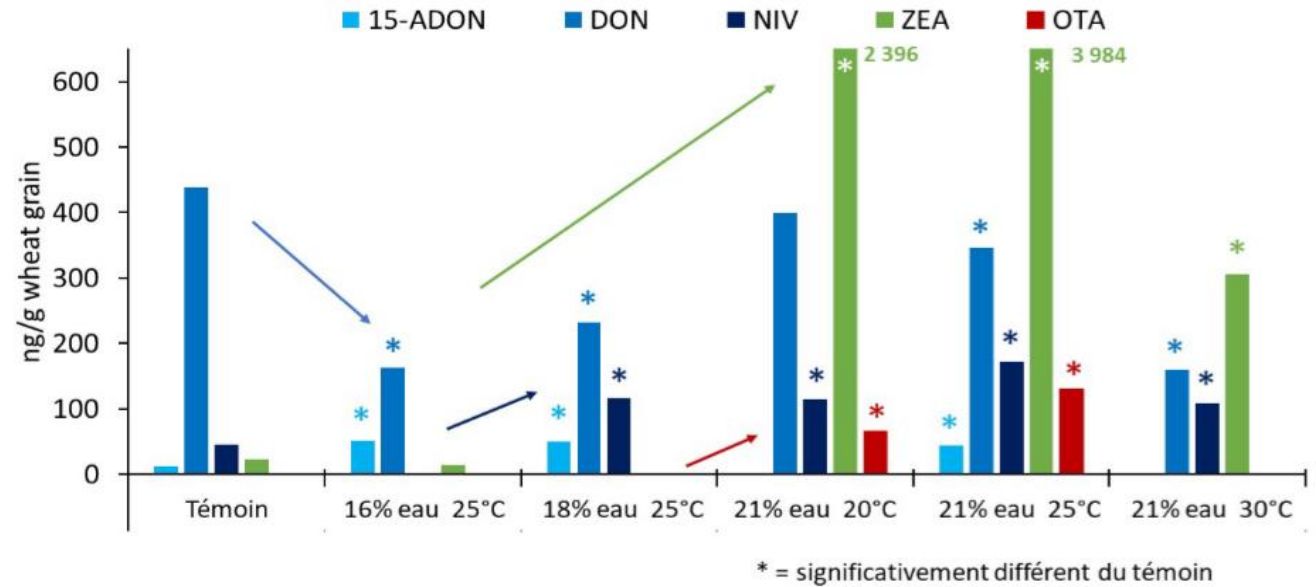
- [25 °C et 16 à 21 % eau] : Moins de DON mais plus de dérivés et autres TCTB
- [20 à 25 °C et 21 % eau] : ++++ ZEA et ++ OTA
- [30°C] : pas d'OTA et faible augmentation ZEA

➤ Evolution des Fusariotoxines au cours du stockage - expérimentation

Effet combinés température et teneur en eau du grain



F. Fleuret-Lessard



Observations expérimentales

- [25 °C et 16 à 21 % eau] : Moins de DON mais plus de dérivés et autres TCTB
- [20 à 25 °C et 21 % eau] : ++++ ZEA et ++ OTA
- [30°C] : pas d'OTA et faible augmentation ZEA

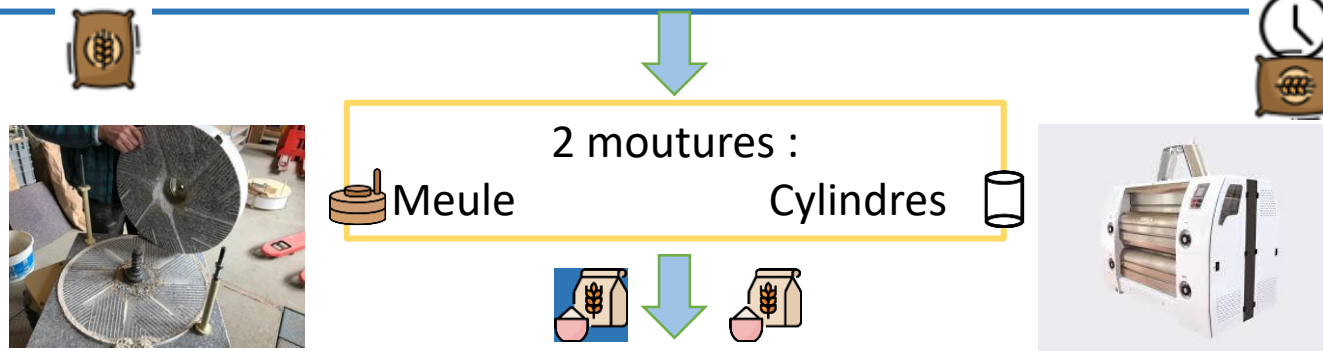
Vigilance :

- ✓ Développement du stockage à la ferme / matériel et maîtrise ?
- ✓ Le climat évolue, et le potentiel de refroidissement de la ventilation à l'air ambiant diminue (cf travaux Arvalis).
- ✓ Tentations de réduire la consommation énergétique

➤ impact de la transformation en farine et pains sur le devenir des fusariotoxines

Des process qui favorisent la décontamination de grains non contrôlés mais potentiellement contaminés ?

1 lot de grain contaminé en DON et autres mycotoxines - divisé en 2 sous lots :
 B = bon stockage - A = altérations pendant stockage



4 panifications :
 Levains d'artisans boulangers L1 L2 L3
 Levure commerciale LC

Qualités boulangères Teneurs en mycotoxines Microbiote



Campus de l'alimentation
 ENILIA • ENSMIC | Surgères

INRAE



INRAE

> Effet mouture ?

Diagramme de mouture sur Meule type Astrié (1 passage)

Tamis
 1400 µm
 900 µm
 710 µm
 450 µm
 180 µm
 Farine

2 moutures : Meule Cylindres

Diagramme de mouture sur cylindres (mouture progressive) : Moulin Siraga

B1	Tamis µm	Destination
Cylindre cannelé	1600	B2
	900	B2
	400	Cl1
	250	Cl2
180	C1	

B2	Tamis µm	Destination
Cylindre cannelé	1400	B3
	800	B3
	400	Cl1
	250	Cl2

Cl1	Tamis µm	Destination
Cylindre lisse	900	B3
	530	B3
	280	Cl2
	180	C1

Cl2	Tamis µm	Destination
Cylindre lisse	280	Cl3
	180	C1

Cl3	Tamis µm	Destination
Cylindre	1000	Germes

C1	Tamis µm	Destination
Cylindre lisse	250	Cl3
	150	C2

C2	Tamis µm	Destination
Cylindre lisse	150	C3

C3	Tamis µm	Destination
Cylindre lisse	250	Cl4
	150	C4

- Les blés pour les moutures sur meules et sur cylindres n'ont pas été nettoyés (notamment brossés).
- Préparation des blés adaptés en fonction du taux d'humidité initiale des blés.
- 14 passages de cylindres (cannelés et lisses) successifs pour obtenir la farine finale.
- Mélange et homogénéisation des farines à la fin des passages pour obtenir la farine totale sur cylindres.
- Des tamis à farines adaptées à la production d'une farine T80.

Utilisation des plansichters du Moulin Siraga pour traiter la boulange et séparer les différents éléments dont la farine issus du broyage à la meule

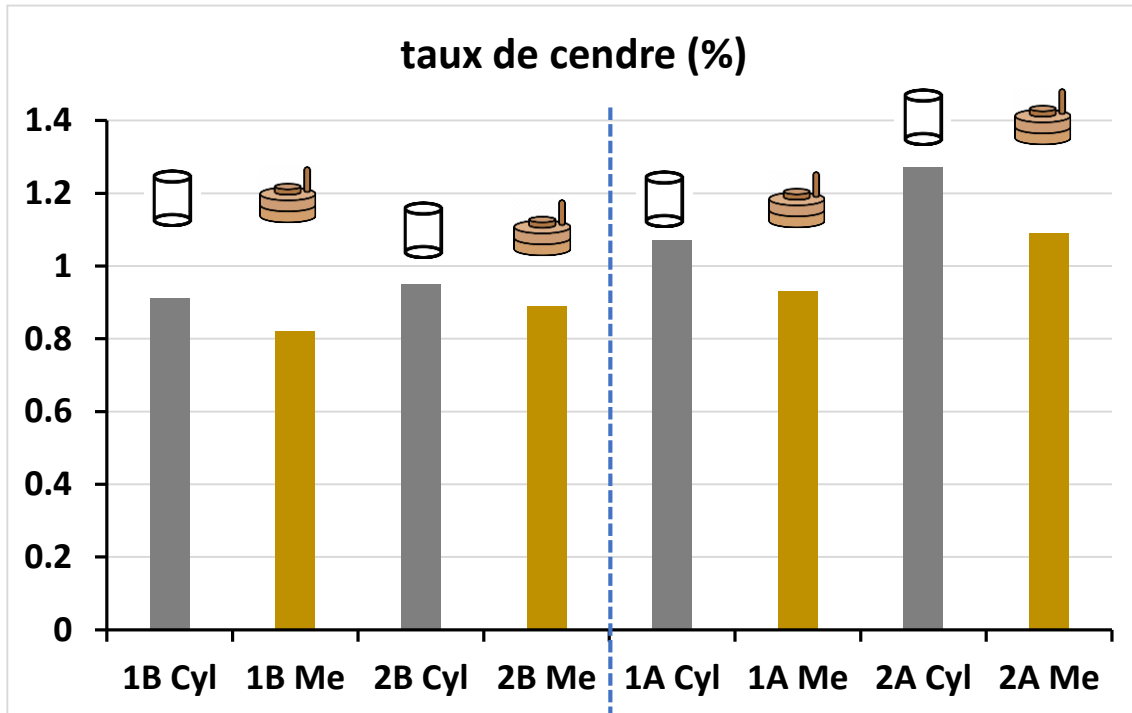


Campus de l'alimentation
 ENILIA • ENSMIC | Surgères

> Effet mouture ?



Exemple : lots de grains 1 et 2
Après stockage Bon ou Altéré

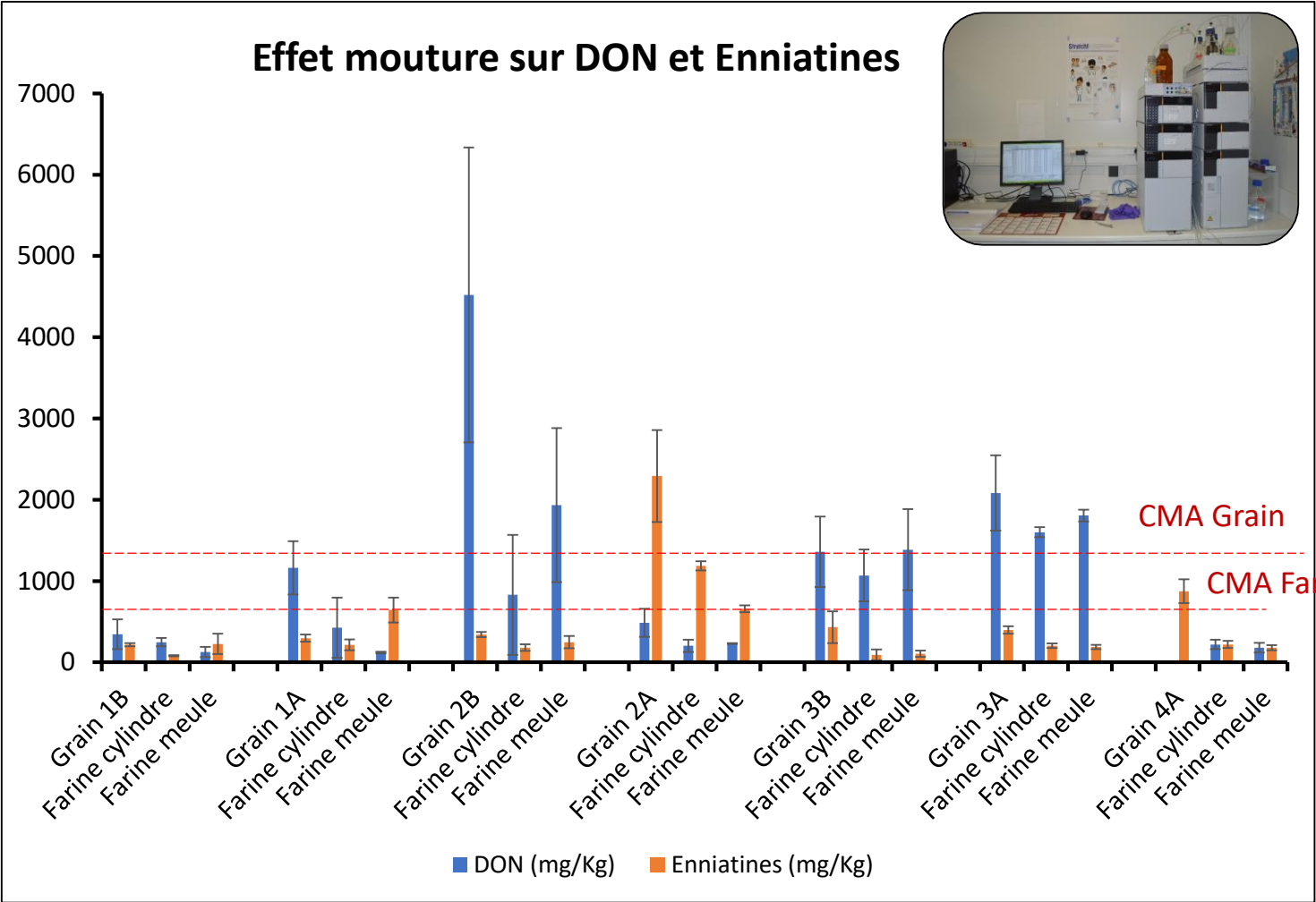


- Les taux de cendres des farines ont augmenté avec l'altération des blés au stockage.
- Faibles différences de taux de cendres entre les farines sur cylindres et les farines de meules (environ 0,1 point).
- Les farines sur cylindres ont été plus cendreuses que les farines sur meules du fait de l'ouverture du tamis à farine de 180 μm (un peu faible) sur le diagramme meule.
- L'objectif était de rester au niveau de la règle internationale du *Codex Alimentarius*, c'est-à-dire inférieur à 212 μm .

➤ Effet mouture ?



- Concentration de DON dans les issues, mais effet dilution ne permet pas de récupérer des lots > CMA
- Différences entre farines et grains → variables selon les lots et la mycotoxine.
- Pas de différence significative entre les deux types de farines pour DON.
Des différences pour ENNs, avec tendance Meule > Cylindre.



➤ Evolution des fusariotoxines au cours de la panification

Recette et diagramme de fabrication des pains



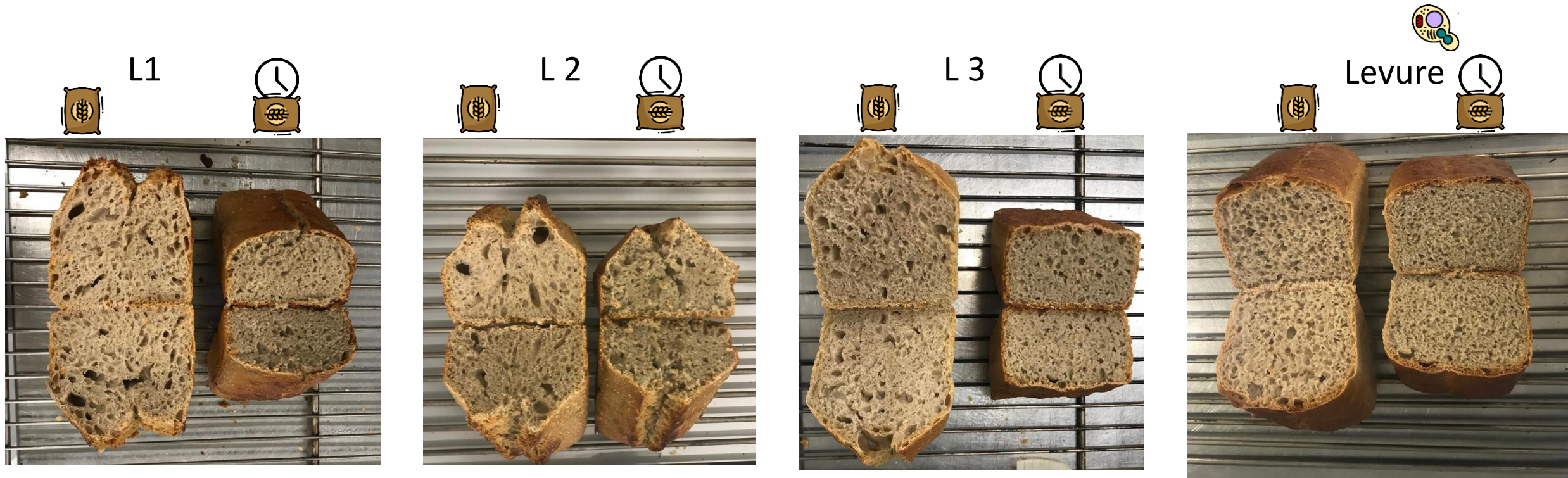
Ingrédients	Poids	Pourcentage
Farine	2000g	
Eau	1300g	65%
Sel	36g	1,80%
Levain	400g	20%
Bassinage	50 à 100g si besoin	2,5 à 5%

Ingrédients	Poids	Pourcentage
Farine	2000g	
Eau	1300g	65%
Sel	36g	1,80%
Levure	14g	0,7%
Bassinage	50 à 100g si besoin	2,5 à 5%

Pétrissage	Vit 1 = 8min Vit 2 = 2 min	Ajout du sel 4 min avant la fin de la vitesse 1 Ajout de une ou deux minute si besoin +bassinage
Pointage	3h à 26°C	Ajuster la T° ou le temps si nécessaire Hygrométrie = 75%
Division	500g	± 10g
Façonnage	Taille bâtard pour moule	Si la pâte est trop souple/liquide peser directement dans le moule
Apprêt	2h/3h à 26°C	Ajuster la T° ou le temps si nécessaire Hygrométrie = 75%
Cuisson	45min	245°C puis chaleur tombante
Ressuage	30 min Minimum	Sortir des moules directement Et déposer les pains sur grille
Prise D'échantillon		2 tranches prise au centre du pain

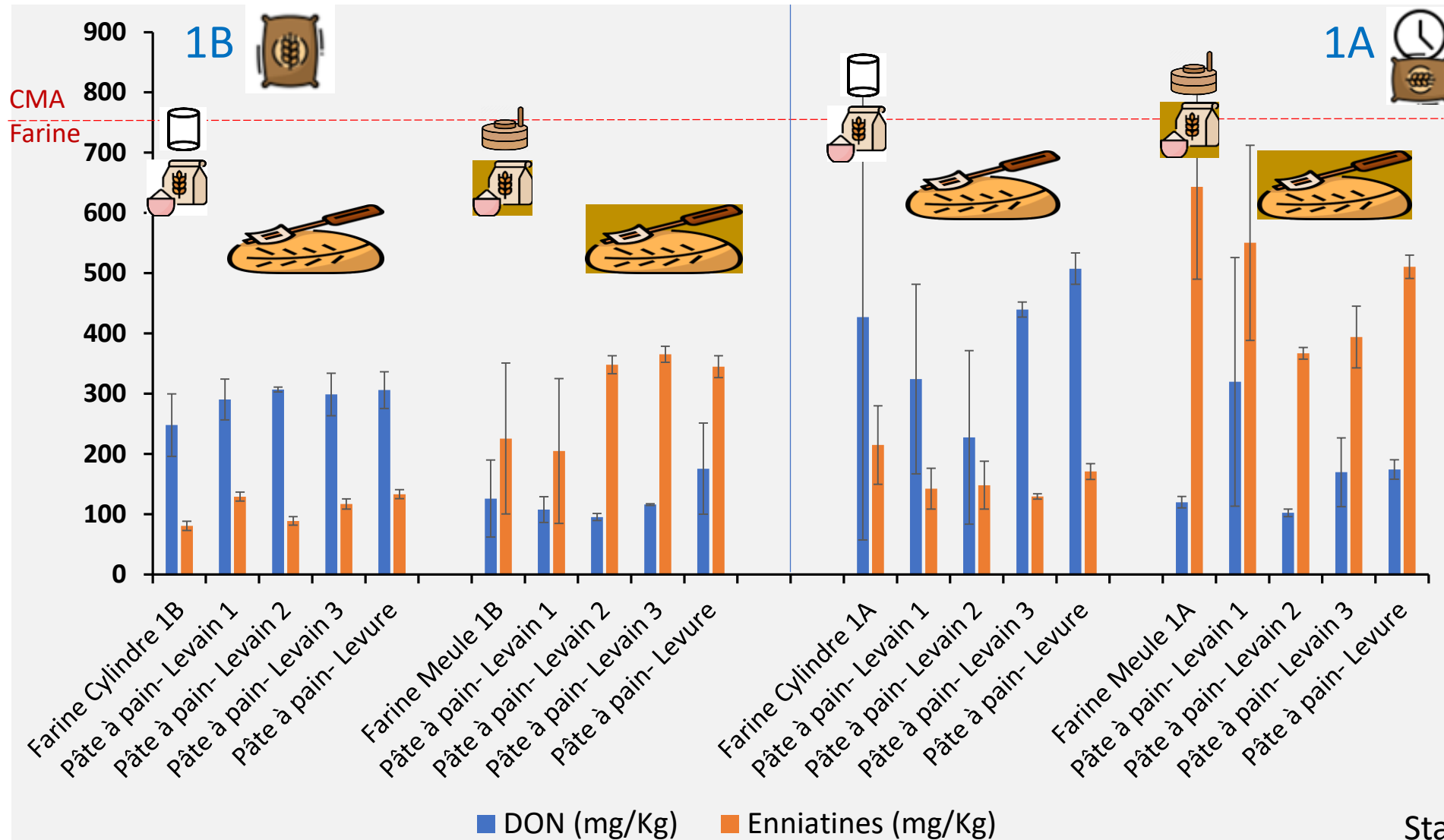
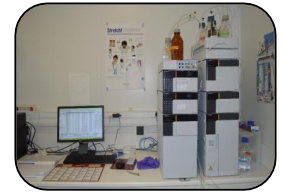
- Le principal travail sur les panifications a été d'adapter le process afin de sortir le meilleur produit possible.
- Les pâtes des farines venant de grains altérés au stockage avaient les caractéristiques suivantes :
 - Pâtes collantes en fin de pétrissage
 - Pâtes poreuses et sans tenue en fin d'apprêt
 - Les défauts des farines des blé altérés ont été amplifiés par rapport aux farines des blés témoins

➤ Evolution des fusariotoxines au cours de la panification



- Levain L2 défectueux
- Pains de farines altérées plus compacts
- Différences entre témoins et altérés moins marquée avec levure

➤ Evolution des fusariotoxines au cours de la panification

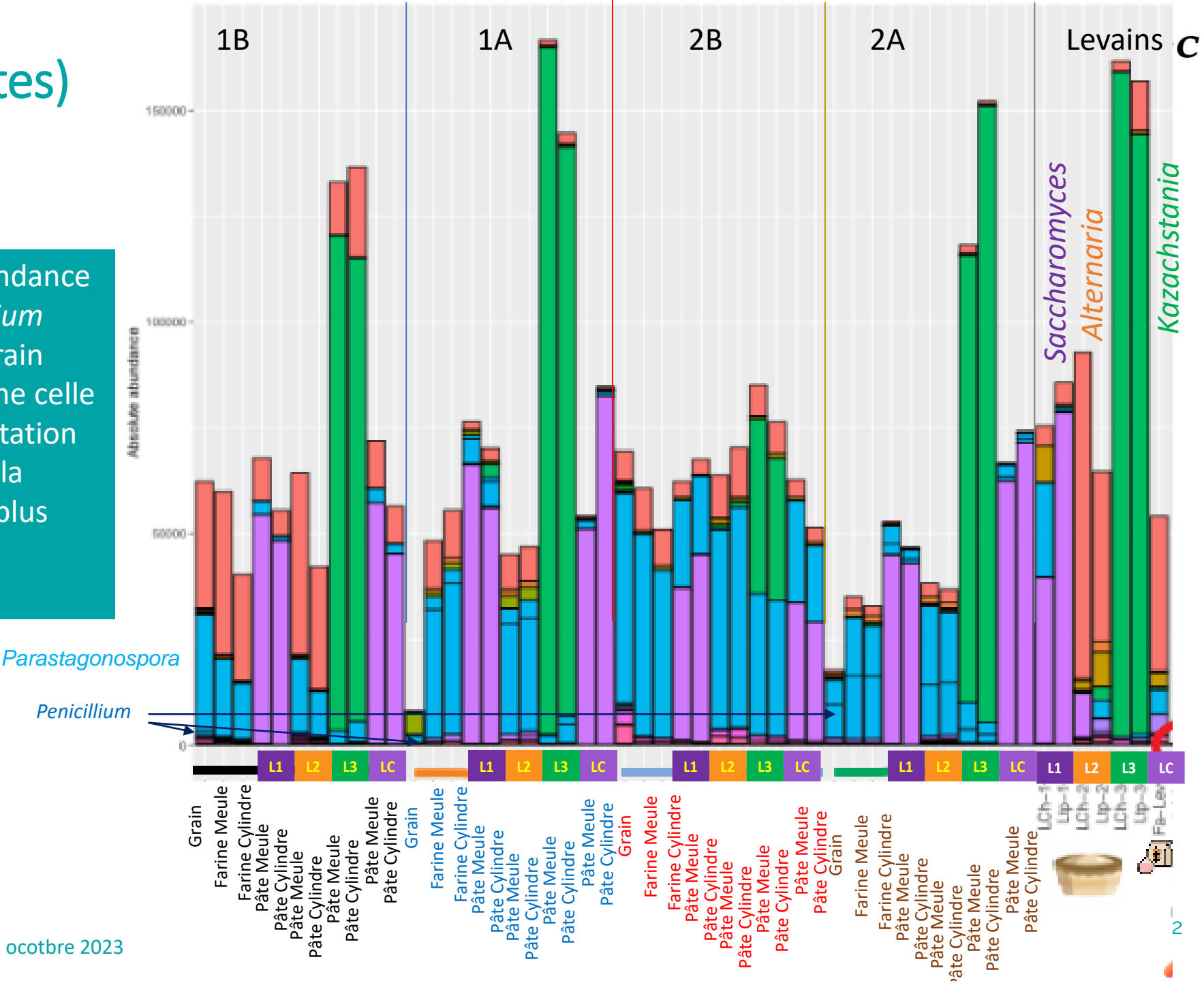


Faibles contaminations

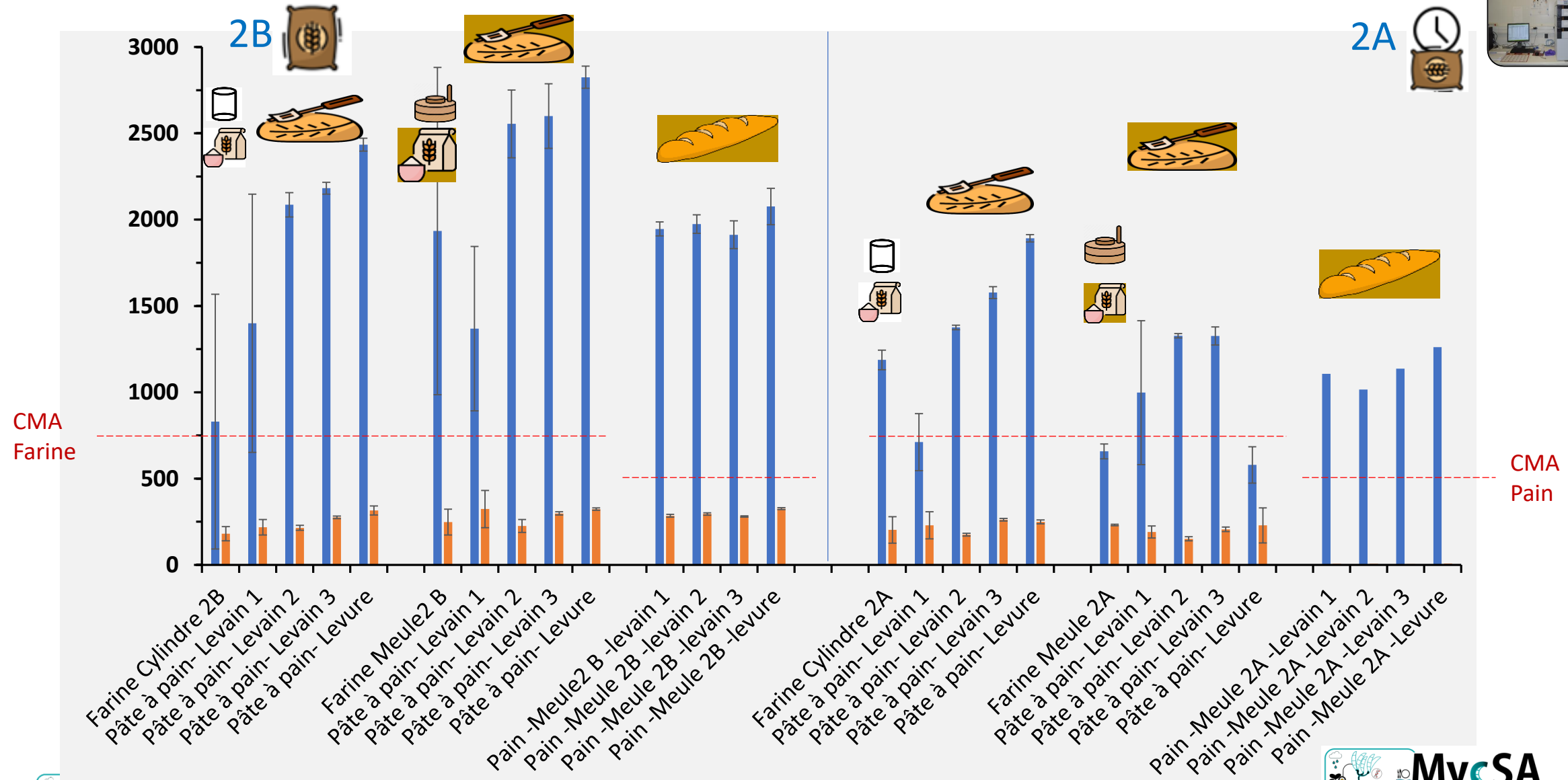
DON = peu de changement
 ENNS : tendance > farines B ; < farines A

➤ Microbiote (Eucaryotes)

- Altération stockage diminue l'abondance absolue totale et renforce *Penicillium*
- Farine meule = farine cylindre = grain
- La composition du levain détermine celle de la pâte à pain en fin de fermentation
- En absence de levure dominante, la composition de la farine importe plus que celle du levain.
- Que traces de *Fusarium*



Evolution des fusariotoxines au cours de la panification



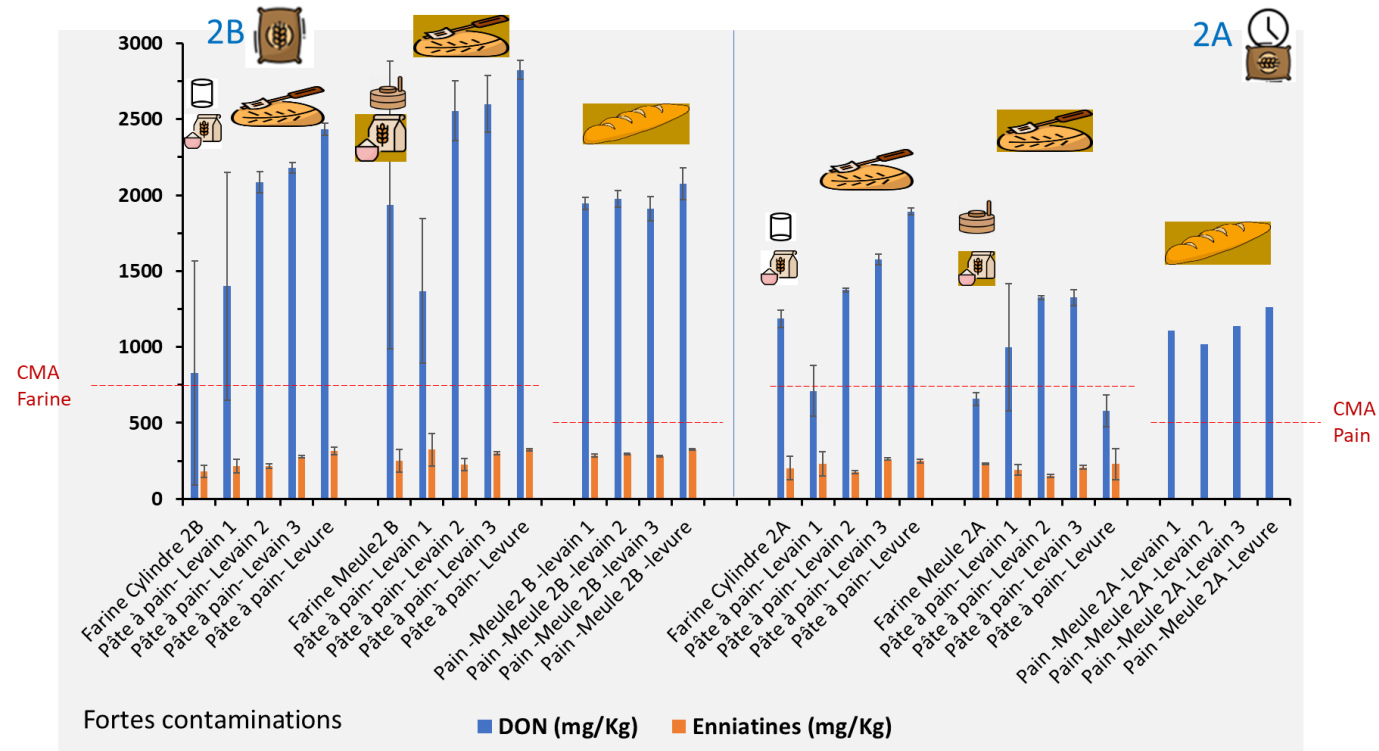
CMA Farine

CMA Pain

Fortes contaminations

■ DON (mg/Kg) ■ Enniatines (mg/Kg)

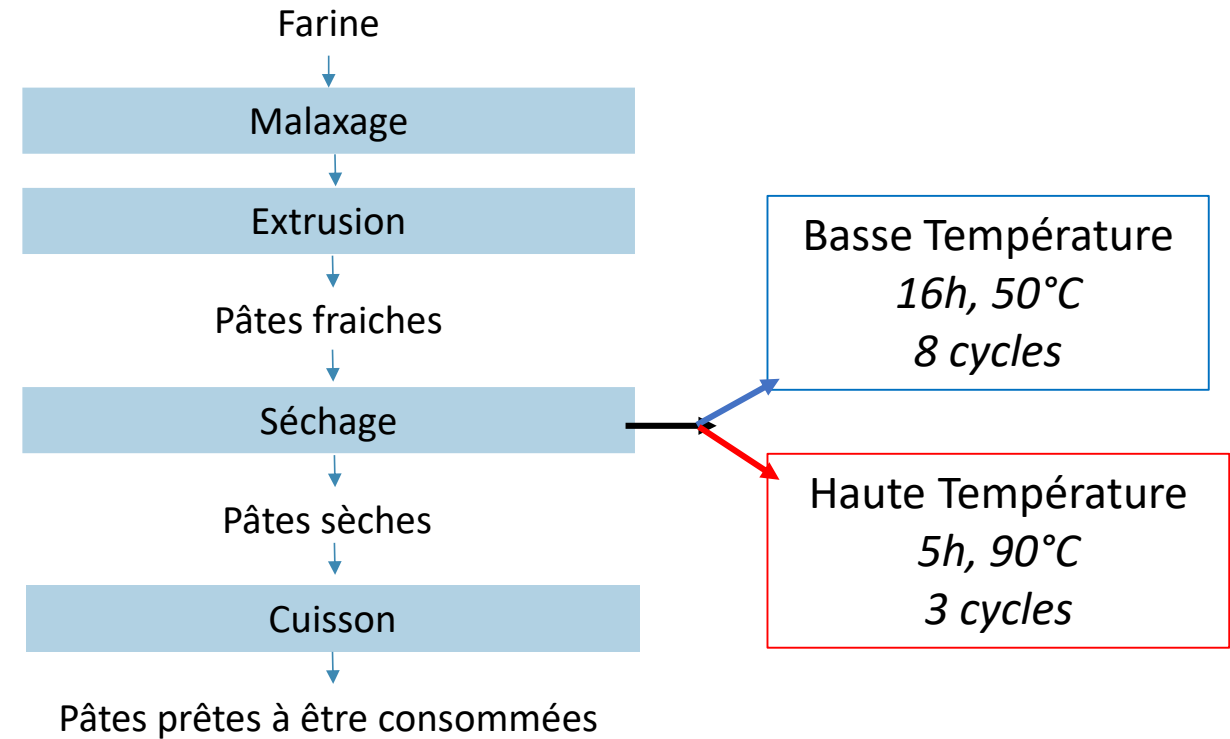
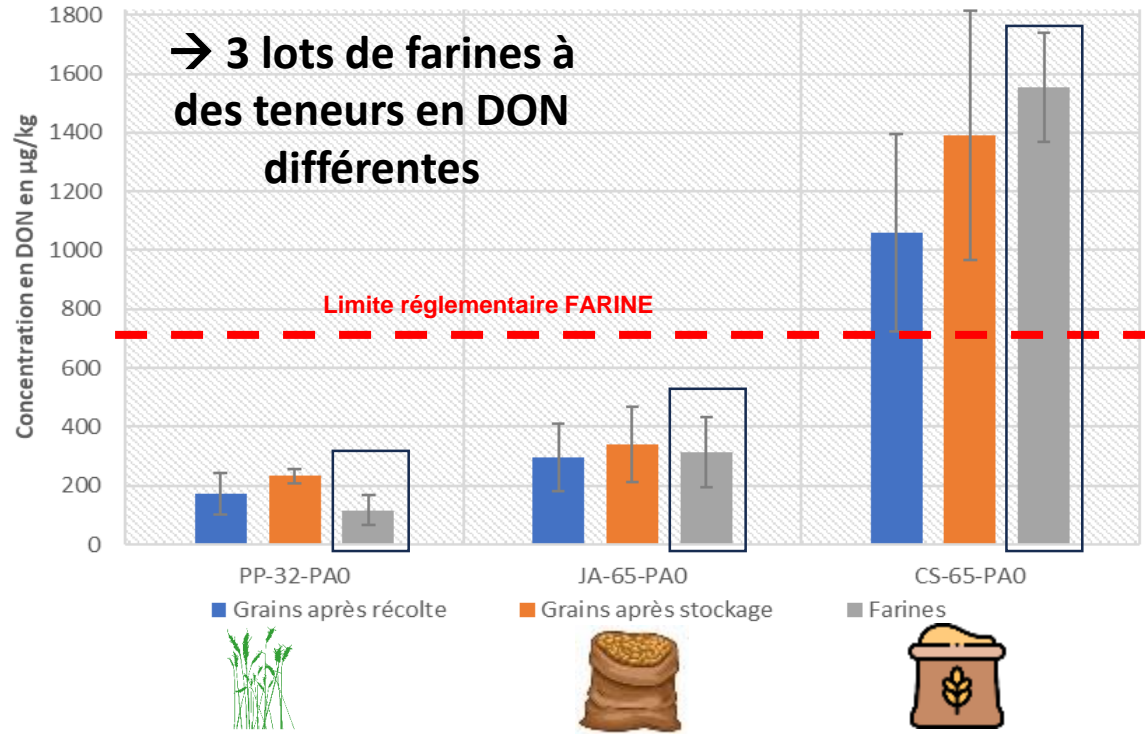
➤ Evolution des fusariotoxines au cours de la panification



Fortes concentrations DON

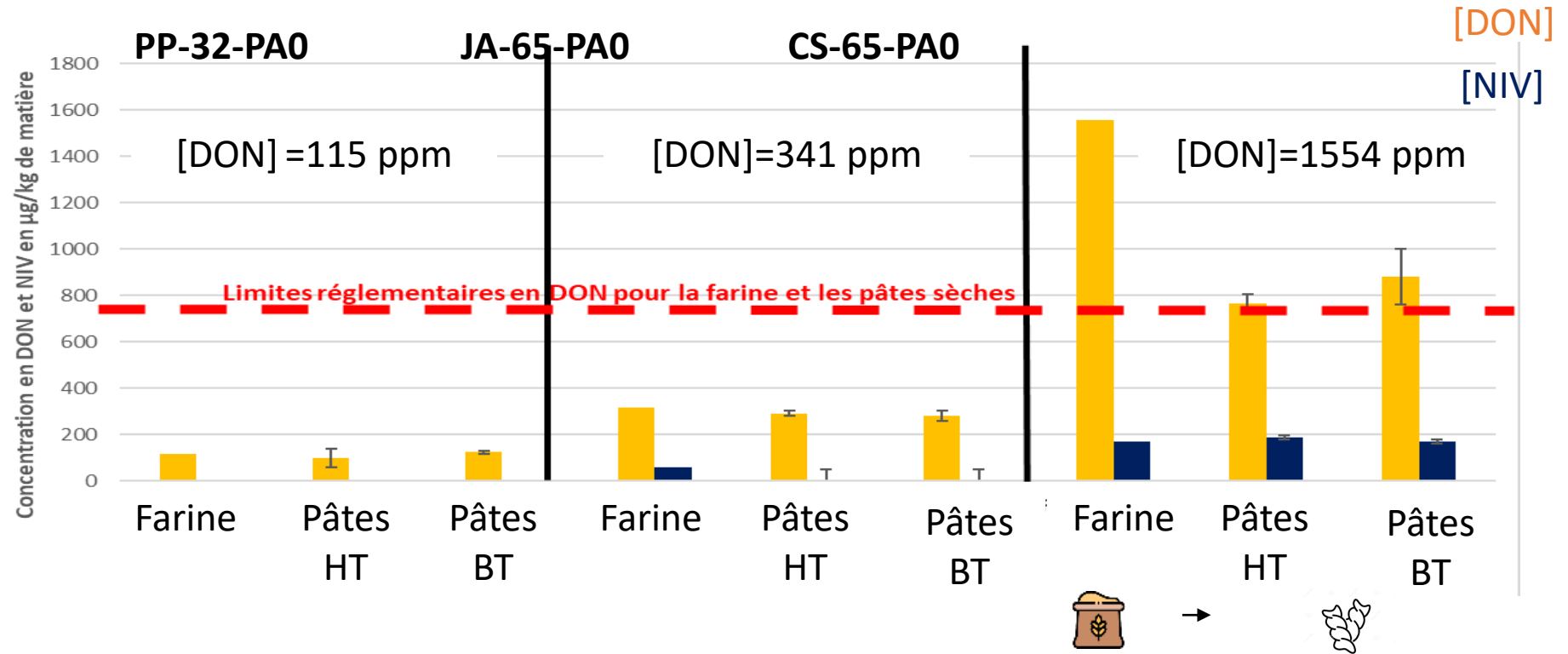
- Tendance à augmentation pendant la fermentation pour levains 2 et 3 et Levure et moins marquée ou Baisse pour levain 1, mais insuffisante pour descendre sous CMA pain (500 mg/Kg).
- Effet levain non associé à levure dominante [L1 : levure dominante – *Saccharomyces cerevisiae* ; L2 : défaut de levure ; L3 : levure dominante – *Kazachstania humilis* ; Levure : *Saccharomyces cerevisiae*] => Voir du côté des bactéries lactiques.

➤ Evolution des fusariotoxines au cours de la pastification



Suivi de la concentration en DON de 3 échantillons de grains de blé poulard après récolte, après stockage et farines associées

➤ Evolution des fusariotoxines au cours de la pastification



- * Pas d'impact significatif du mode de séchage
- * Une diminution significative (environ 50%) de la farine aux pâtes sèches pour l'échantillon fortement contaminé

Pas d'impact de la teneur en DON de la farine, du type de séchage ou de la provenance du blé sur la qualité culinaire des pâtes et sur leur couleur

➤ Des outils et ressources



support de formation et d'information sur les mycotoxines:
<https://view.genial.ly/60756fa84402f20d4fd0fe52>



résultats du projet Myco3c (campagne 2019 à 2021):
<https://view.genial.ly/60cca3e18de6240d42a904b2>



Fiche technique élaborée par les étudiants de la LP ABCD à Brens :
<https://resana.numerique.gouv.fr/public/document/consulter/5944147>

Détection des mycotoxine: kits disponibles et méthode rapide d'analyse (rmt al-chimie)
https://itab-r-app.shinyapps.io/RMT_Al-chimie/



LES MYCOTOXINES DES CEREALES A PAILLE ET DU MAÏS EN AGRICULTURE BIOLOGIQUE

ETAT DES LIEUX

Les connaissances actuelles sur les différentes mycotoxines



Fiche technique

Limiter le développement des mycotoxines sur les productions céréalières



Qualité sanitaire en grande culture

Document réalisé et édité par Garibal Baptiste, Besombe Jean et Schwindenhammer Hugo dans le cadre de la formation LP ABCD à Brens.
Crédit photo : Sébastien champion



ineopole formation



Casdar Myco3C



Merci !

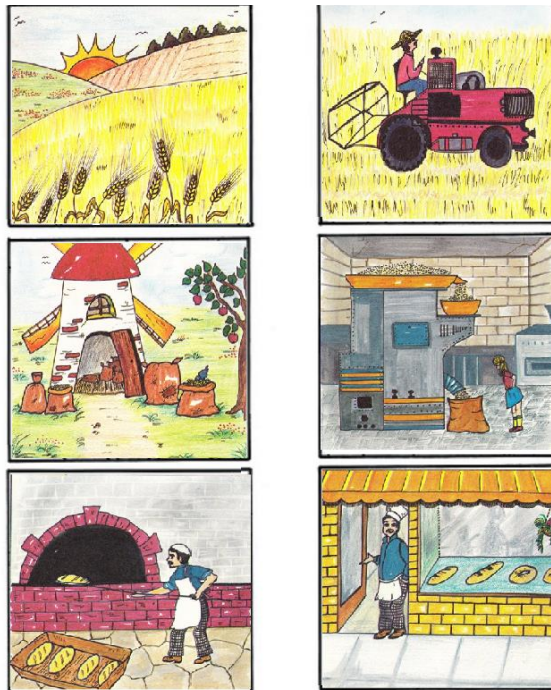
Bruno TAUPIER-LETAGE

Camille VINDRAS

Rodolphe VIDAL



Les animateurs des GRAB
et les Agriculteurs
Stockeurs - transformateurs



Pierrick PRANGERE

Arnaud OBLE

François BRIONNET



Campus de l'alimentation
ENILIA • ENSMIC | Surgères

Emilie DONNAT



Nathalie GEI LEGOS

Christine DUCOS

Angie GUTIÉRREZ SÁNCHEZ

Gabriel DOMENECH

Maria ARRIAS BENAVIDES



Delphine SICARD

Lucie ARNOUD

Frédéric BIGEY

Lauriane MIETTON



Sciences du vivant | Agriculture
Agroalimentaire | Marketing | Management

Gwénaëlle JARD

Laurène VERCELLONE

Thomas BONNET

François PERDRIEUX
Loubna BELHACEN

