



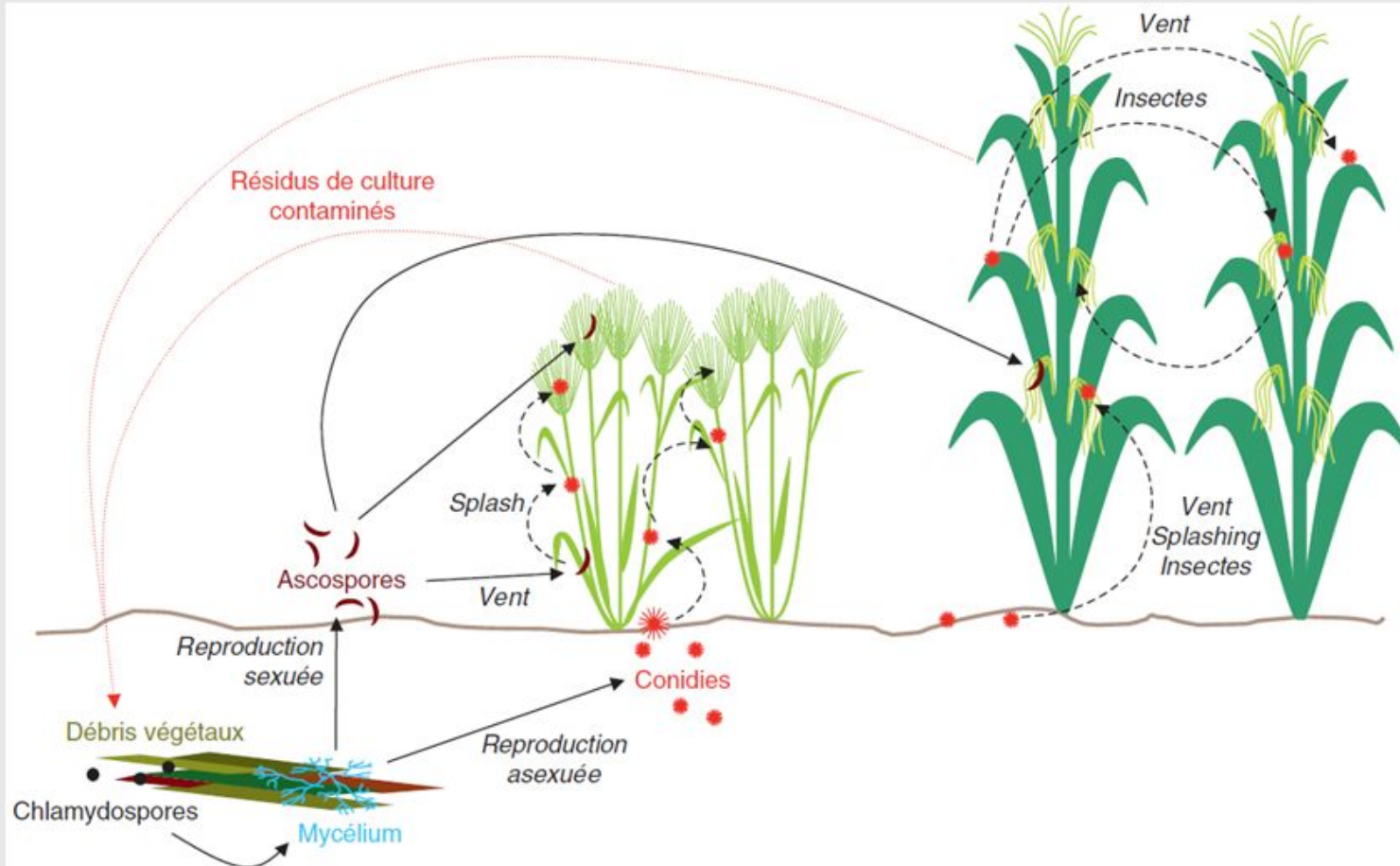
Bonnes pratiques pour limiter le
risque **mycotoxines** en circuit
court

- Projet casdar Myco3C -

Rodolphe VIDAL (ITAB) & Marie-Hélène ROBIN (EIPurpan)

Les fusarioses des céréales

Cycle de la fusariose



Fusarium de type *graminearum* sur maïs

Symptômes (apparaissent entre fin août et mi-octobre) :

- Présence d'un mycélium de **coloration blanche ou rose**
- Localisation au **sommet de l'épi**
- Soies et spathes collées
- **Tous les grains** d'une **même couronne** sont colonisés
- Rafles pourries, les grains s'enfoncent

Principalement liées aux conditions météo favorables et si présence inoculum lors de la floraison femelle (pénétration par soies)

Provoque les Mycotoxines de type **DON** (désoxynivalénol) et **Zéaralenone**

Aspect extérieur des spathes d'un épi touché par *Fusarium graminearum*.



En début d'infection, *Fusarium graminearum* est principalement localisé au sommet de l'épi.



Souvent les soies et les spathes au sommet de l'épi sont collées par le mycélium de *Fusarium graminearum*.

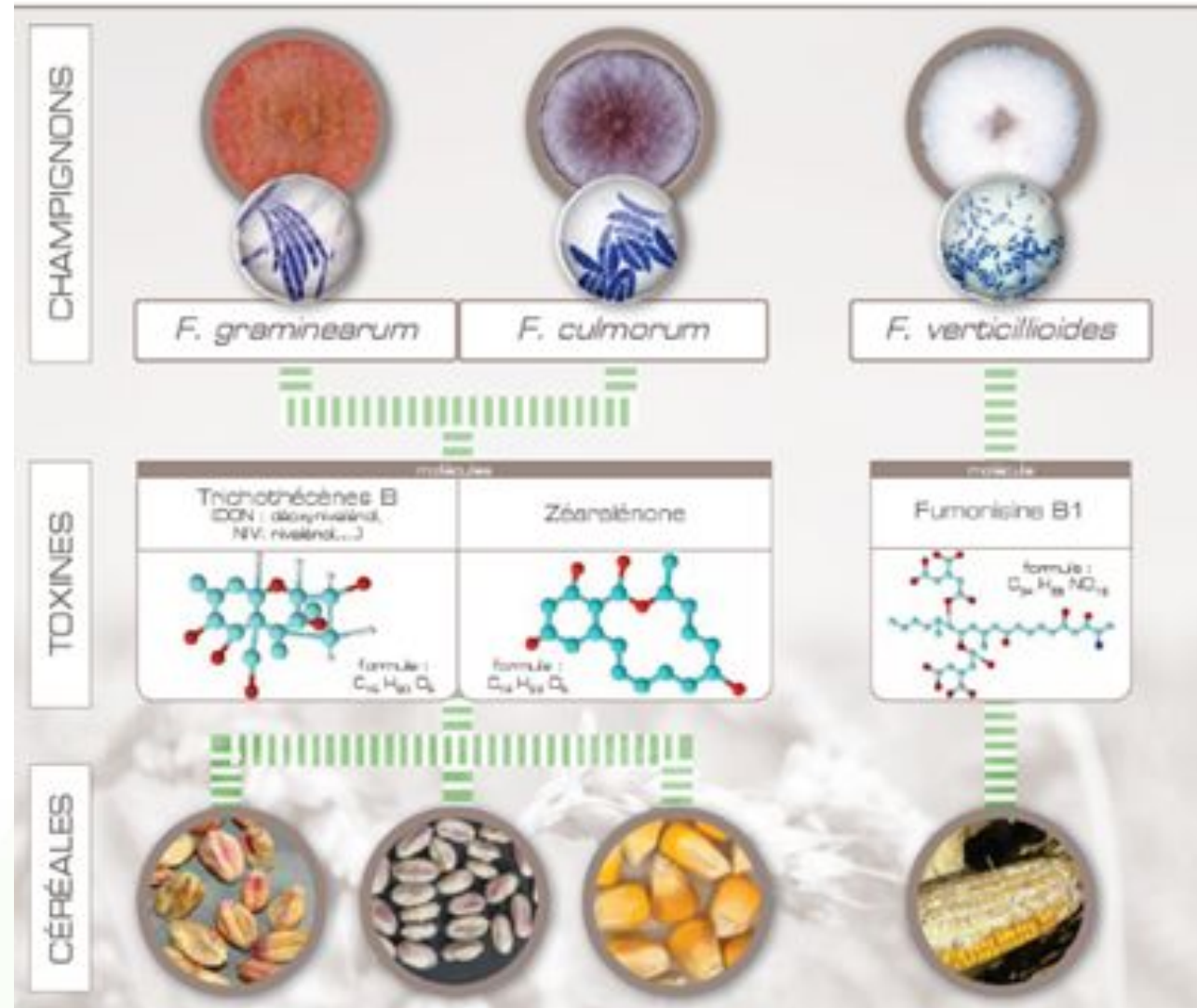


Les mycotoxines

Les mycotoxines sont des **contaminants naturels toxiques**, issus du métabolisme secondaire, non indispensables aux champignons produits par des champignons en réponse à un stress. Plus de 1000 mycotoxines décrites, qui **contaminent de nombreuses denrées** telles que les céréales, fruits, café, noix, amande... Elles sont également présentes dans les aliments destinés aux animaux (grain, ensilage...). Elles sont considérées comme d'importance mondiale du fait des **effets sur la santé humaine et animale** et des pertes économiques considérables en quantité et qualité.

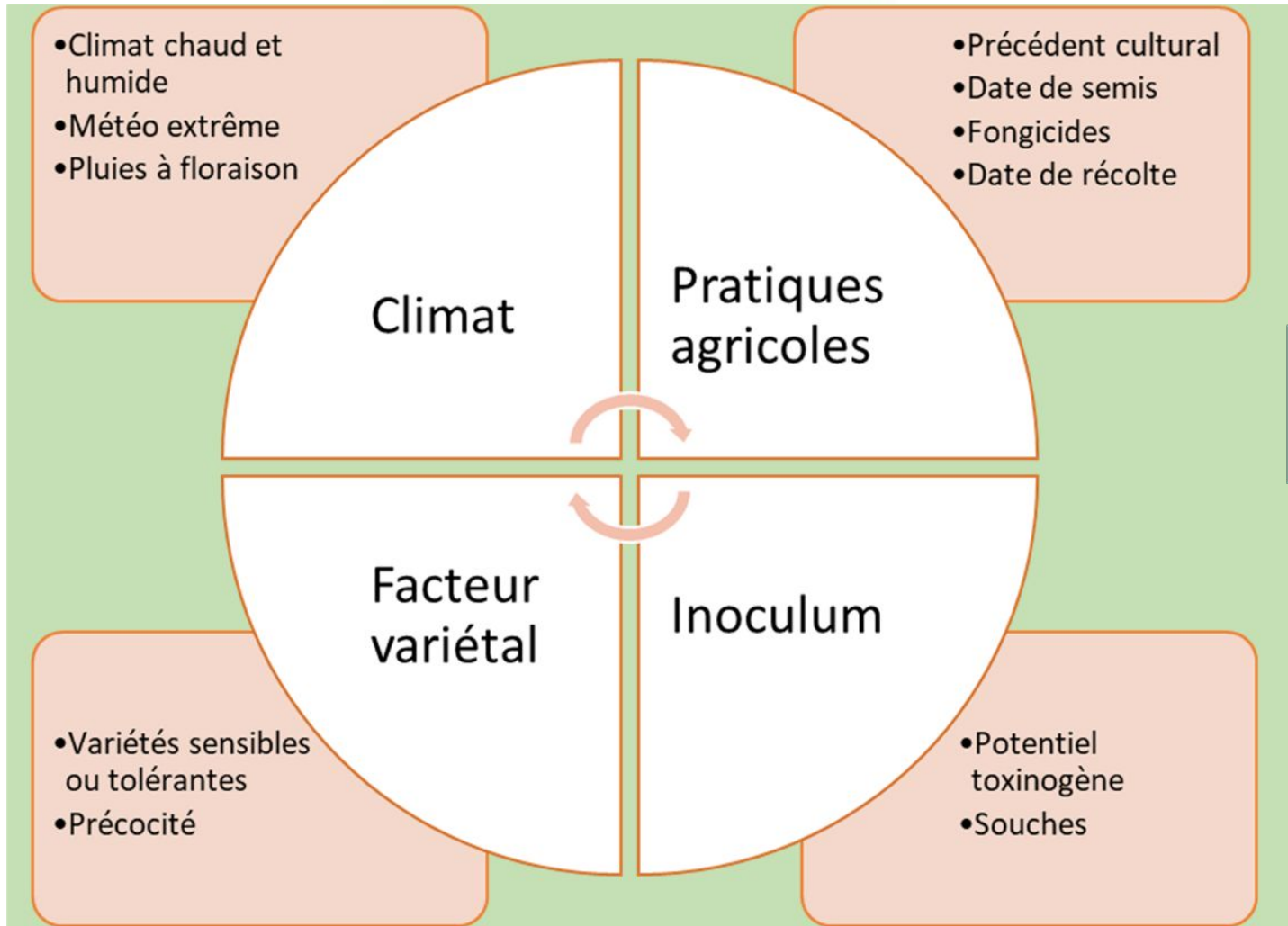


Champignons du genre *Fusarium* et leurs toxines

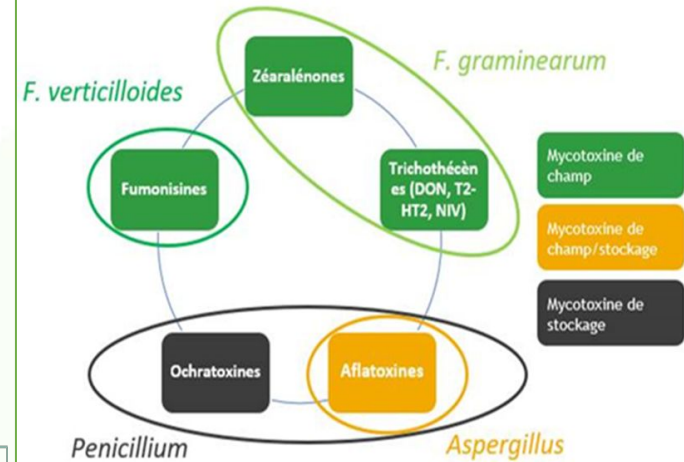


Fusarium/mycotoxines et voies de développement :

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

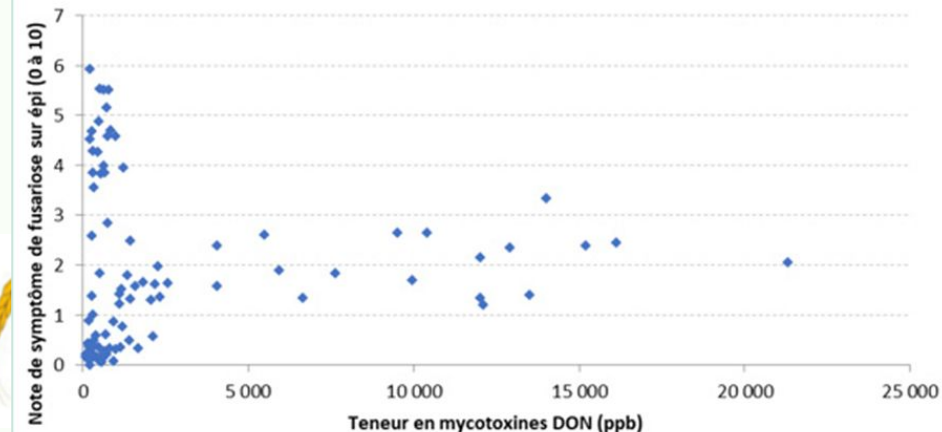


Fusarioses sur maïs :



Pas de relation entre symptômes de fusarioses et teneur en mycotoxines (DON)

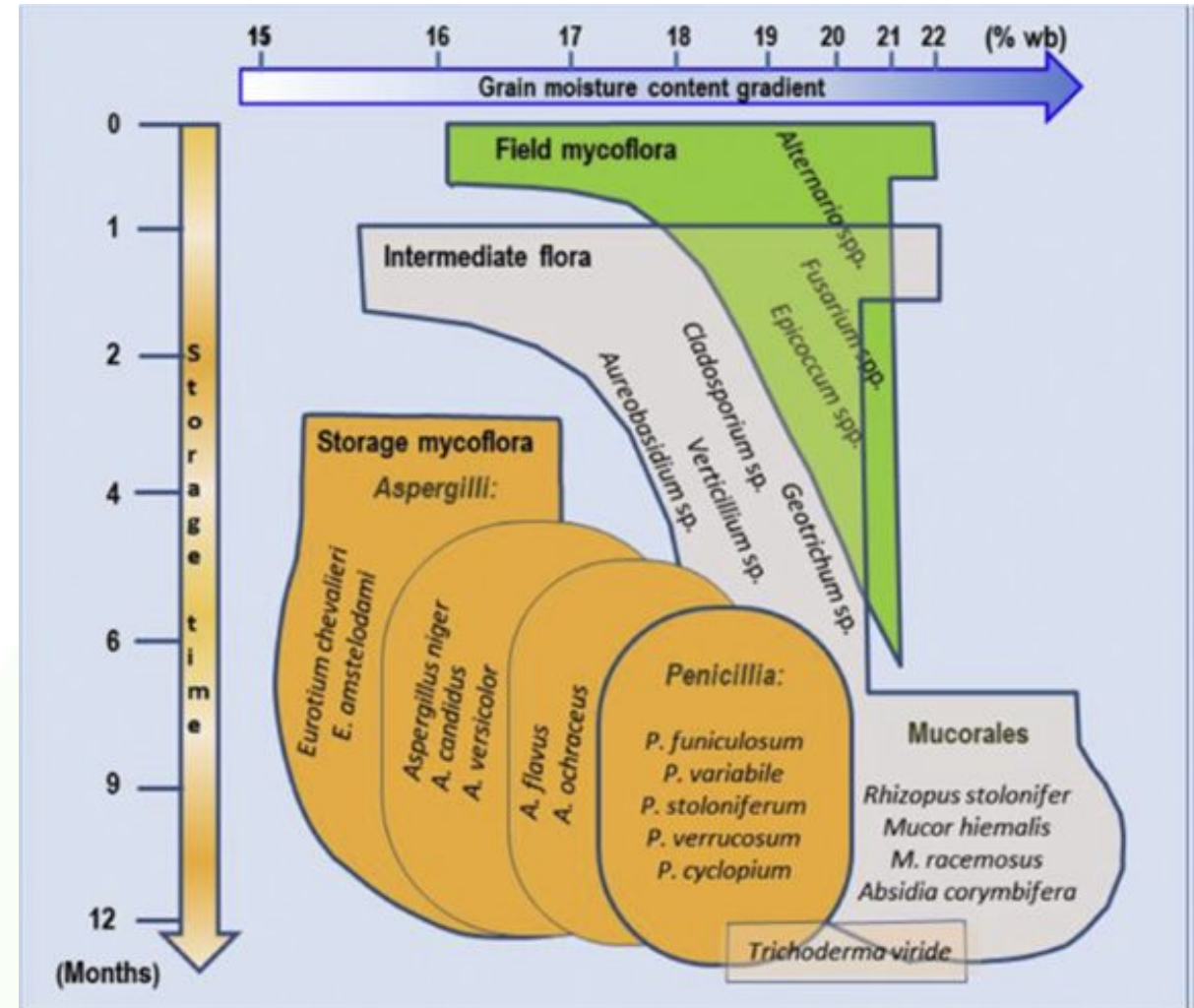
Blé dur - En Crambade (31) - 2013 à 2019
en essais contaminés et brumisés



Le risque mycotoxines au stockage

Les moisissures 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

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,...)



Facteurs favorisant les fusarioses et leviers possibles

Grille d'évaluation du risque d'accumulation du déoxynivalénol (DON) dans le grain de blé tendre et d'aide au traitement contre la fusariose sur épi (*Fusarium graminearum*) (Arvalis, 2022)

Gestion des résidus*			Sensibilité variétale	Risque	Pluie (mm) autour de la floraison (+/- 7 jours)		
					<10	10-40	>40
	Céréales à paille, colza, lin, pois, féverole, tournesol	Labour ou résidus enfouis	Peu sensibles	1			
			Moyennement sensibles	2			
			Sensibles	3			T
	Céréales à paille, colza, lin, pois, féverole, tournesol	Techniques sans labour ou résidus en surface	Peu sensibles	2			
			Moyennement sensibles	3			T
			Sensibles	3			T
	Betteraves, pomme de terre, soja, autres	Labour ou résidus enfouis	Peu sensibles	2			
			Moyennement sensibles	3			T
			Sensibles	3			T
	Betteraves, pomme de terre, soja, autres	Techniques sans labour ou résidus en surface	Peu sensibles	2			
			Moyennement sensibles	3			T
			Sensibles	4		T	T
	Maïs et sorgho fourrages	Labour ou résidus enfouis	Peu sensibles	2			
			Moyennement sensibles	3			
			Sensibles	4		T	T
	Maïs et sorgho fourrages	Techniques sans labour ou résidus en surface	Peu sensibles	4		T	T
			Moyennement sensibles	5		T	T
			Sensibles	6	T	T	T
	Maïs et sorgho grains	Labour ou résidus enfouis	Peu sensibles	2			
			Moyennement sensibles	3			T
			Sensibles	4		T	T
	Maïs et sorgho grains	Techniques sans labour ou résidus en surface	Peu sensibles	5		T	T
			Moyennement sensibles	6	T	T	T
			Sensibles	7	T	T	T

ARVALIS-Institut du végétal 2011



Des blés anciens moins à risque DON/blés modernes ?

Des variétés populations de céréales sont aujourd'hui de nouveau 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 à 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.



Le projet casdar IP Myco3c



Origine du projet :

Evaluer et suivre le risque mycotoxine sur les céréales produites en circuits courts en fonction des pratiques

Controverse : Est-ce que le risque mycotoxine est plus important en AB ?

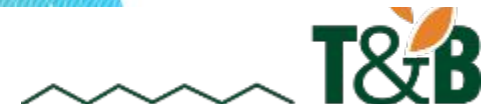
Brodal et al. 2016 : revue de littérature

“Despite no use of fungicides, an organic system appears generally able to maintain mycotoxin contamination at low levels”

**Il existe une diversité des pratiques de la fourche à la fourchette.
Lesquelles sont le plus impactantes ?**



Brodal, G., Hofgaard, I. S., Eriksen, G. S., Bernhoft, A., & Sundheim, L. (2016). Mycotoxins in organically versus conventionally produced cereal grains and some other crops in temperate regions. World Mycotoxin Journal, 9(5), 755-770. <https://doi.org/10.3920/wmj2016.2040>



Objectifs du projet

- Disposer de **données fiables sur les contaminations** en mycotoxines, en tenant compte de la diversité des pratiques dans cette filière
- Identifier des **leviers techniques d'action** adaptés, permettant de minimiser le risque de contamination en mycotoxines
- Sensibiliser les acteurs et faire évoluer **les pratiques pour minimiser le risque** de contamination en moisissures et mycotoxines



Le partenariat



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



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



• AGROBIO PÉRIGORD •



- 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

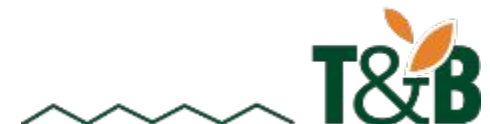


Campus de l'alimentation
ENILIA • ENSMIC | Surgères



ineopole
formation

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



Les actions techniques

Action 1 : Niveaux de contamination en lien avec les pratiques et les conditions climatiques en situation réelle

Échantillonnages chez agriculteurs participants (ex. paysans boulangers) + plateformes évaluations variétés

Analyses des mycotoxines, de la mycoflore associée, des Communautés microbiennes

Intégration des données pour la recherche de relations mycotoxines / pratiques de culture-stockage-transformation

Action 2 : Potentiel d'évolution des mycotoxines au cours des procédés post-récolte

Suivi lors de stockage expérimental avec contrôles T° et RH à niveaux défavorables

Transformation à échelle pilote :
Evolution dans grains proches limites réglementaires.

Comparaison de pratiques :

- de mouture
- d'ateliers pastiers
- de fermentations boulangères



Le reseau de suivi



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)



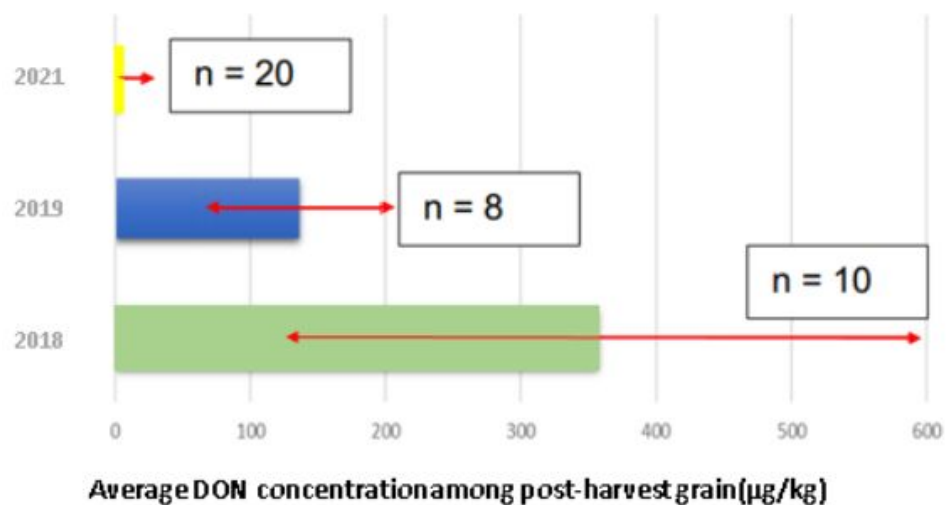
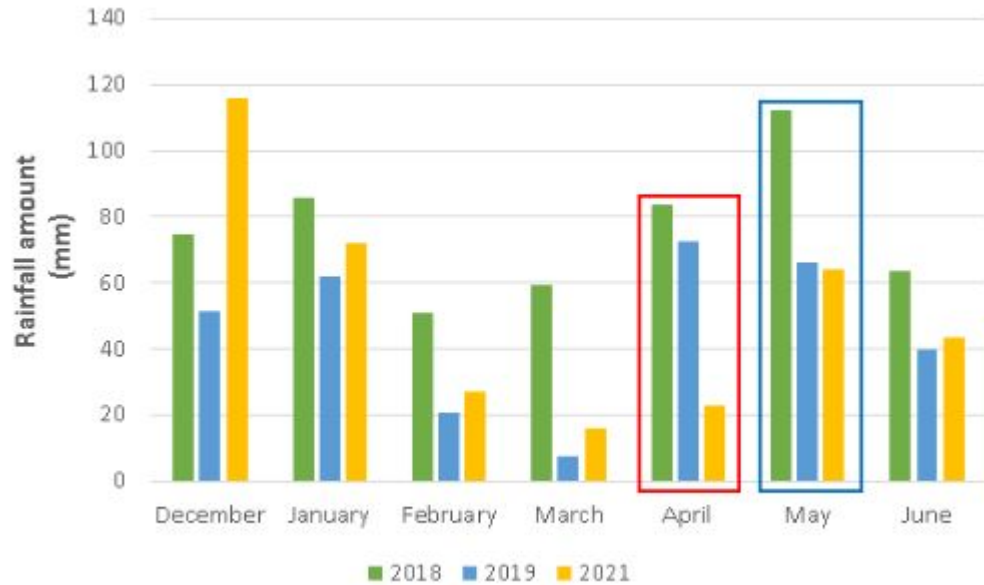
Populations de Blés semées	Nombre de parcelles semées
Rouge de bordeaux (RB)	8
Barbu du Roussillon (BR)	1
Touzelle de nîmes (TN)	1
Mélange blé tendre (MT)	12
Fuchweisen (F)	1
Chiddam (C)	1
Florence Aurore (FA)	3
Sarragnet (SA)	4
Bihouent (BI)	6
Trezier (TR)	1
Rouge de roc (RR)	1
Poulard d'Auvergne (PA)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

* Espèces : *Triticum sativum* (blé tendre), *Triticum turgidum* (blé Poulard), *Triticum amyleum* (amidonier)

données du suivi 2019 et 2020

Résultats

Rôle du climat et impact des précipitations



40 mm de pluie à la floraison augmente le risque mycotoxine

Correlation DON avec somme precipitation en avril ($r=0.45$)

Les parcelles en climat océanique sont donc plus exposées

Correlation en concentration en DON et NIV, HT-2 et ZEA

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



Résultats

Les leviers d'actions au champ

Farming practice	Criterion	DON not detected	DON detected
Species	Rivet wheat	1	12
	Soft wheat	20	23
Weeding	No	13	29
	Yes	8	5
Seeding period	Early	4	10
	Normal	5	14
	Late	1	8
	Very late	11	3
Tillage	No	1	12
	Yes	20	23

Practice correlated to DON's presence
 Practice not correlated to any of them
 Practice not correlated to DON's presence

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 (une analyse sanitaire est plus sécurisante), des variétés ou population à paille longue, rotation longue sans blé ou maïs en précédent, broyage des résidus, variétés barbues)

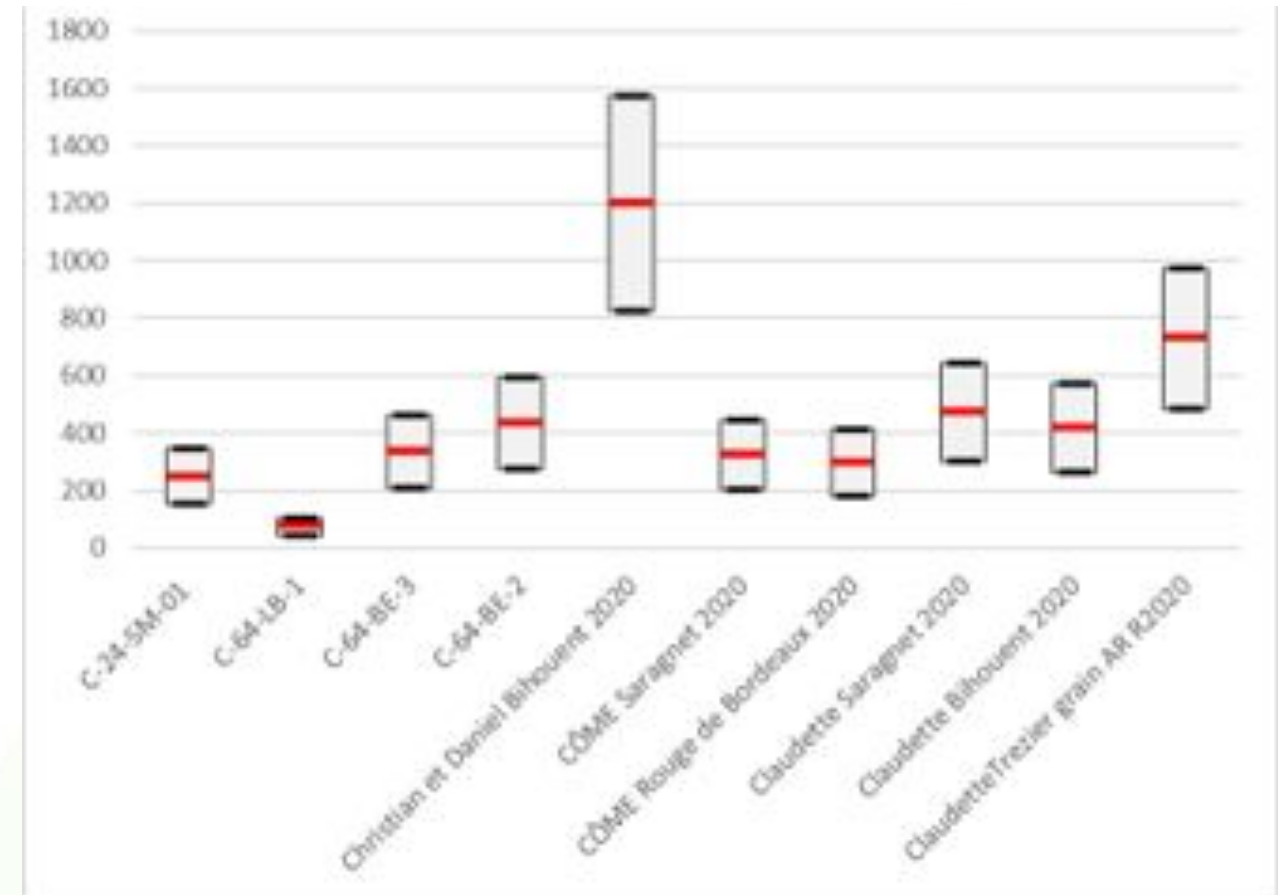
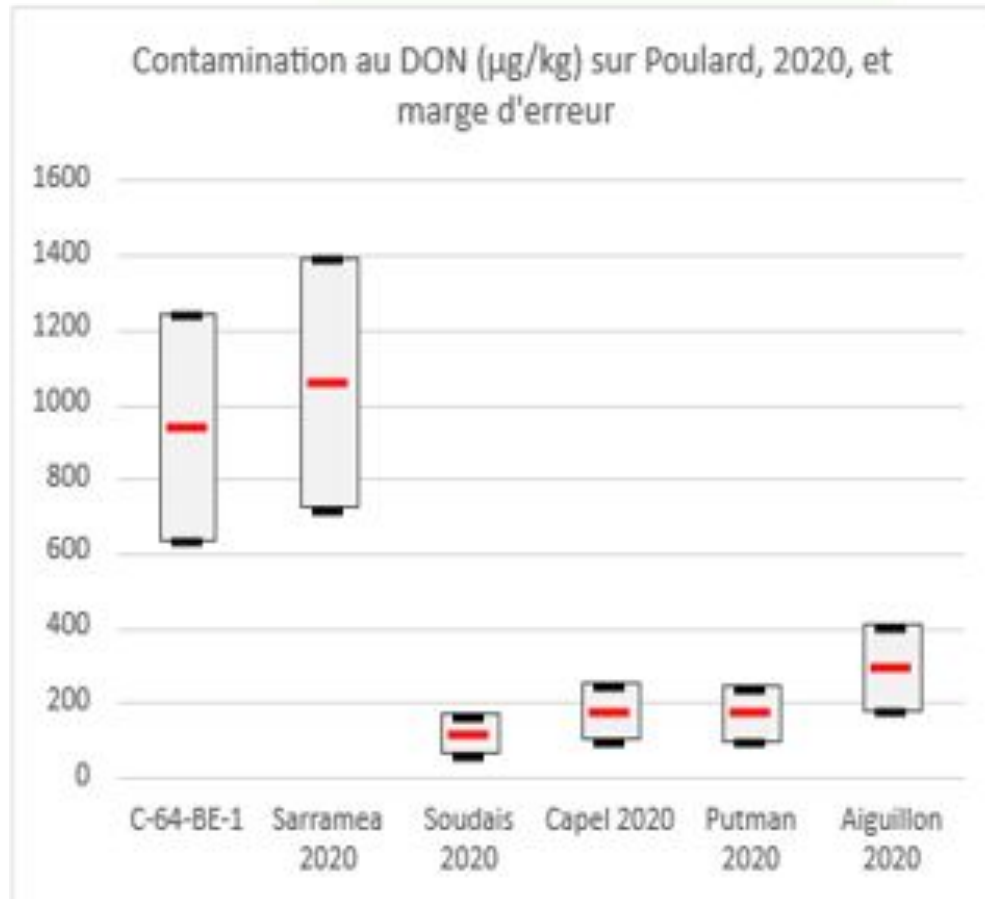
Attention ! le faible nombre d'échantillons analysés ne permet pas de conclure avec un niveau de robustesse statistique satisfaisant



Résultats

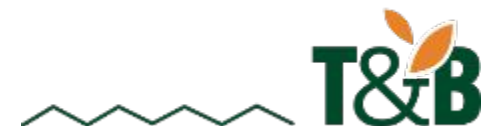
Concentrations relevées

Des résultats très hétérogènes



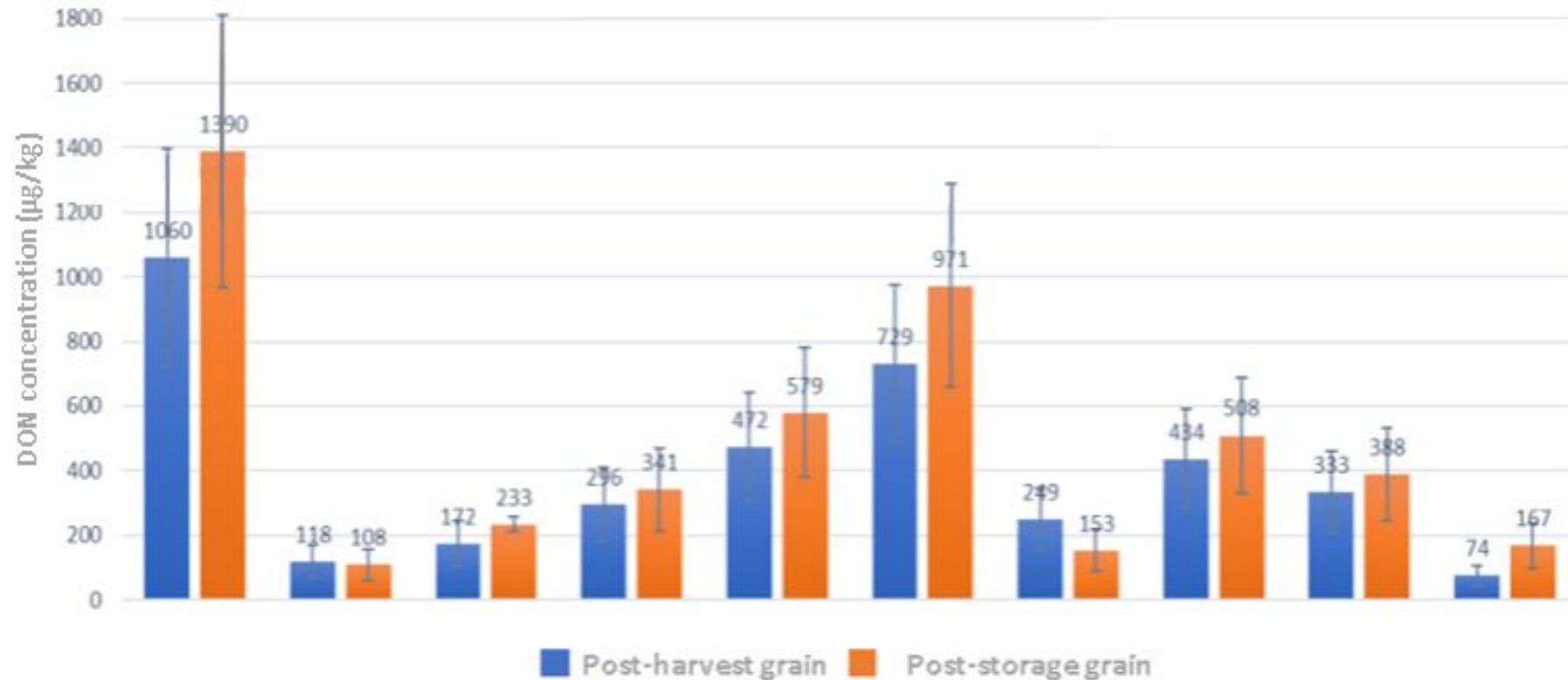
Poulard
limite réglementaire 1750 $\mu\text{g/kg}$
(base blé dur)

Blé tendre
limite réglementaire 1250 $\mu\text{g/kg}$



Résultats

Impact du stockage

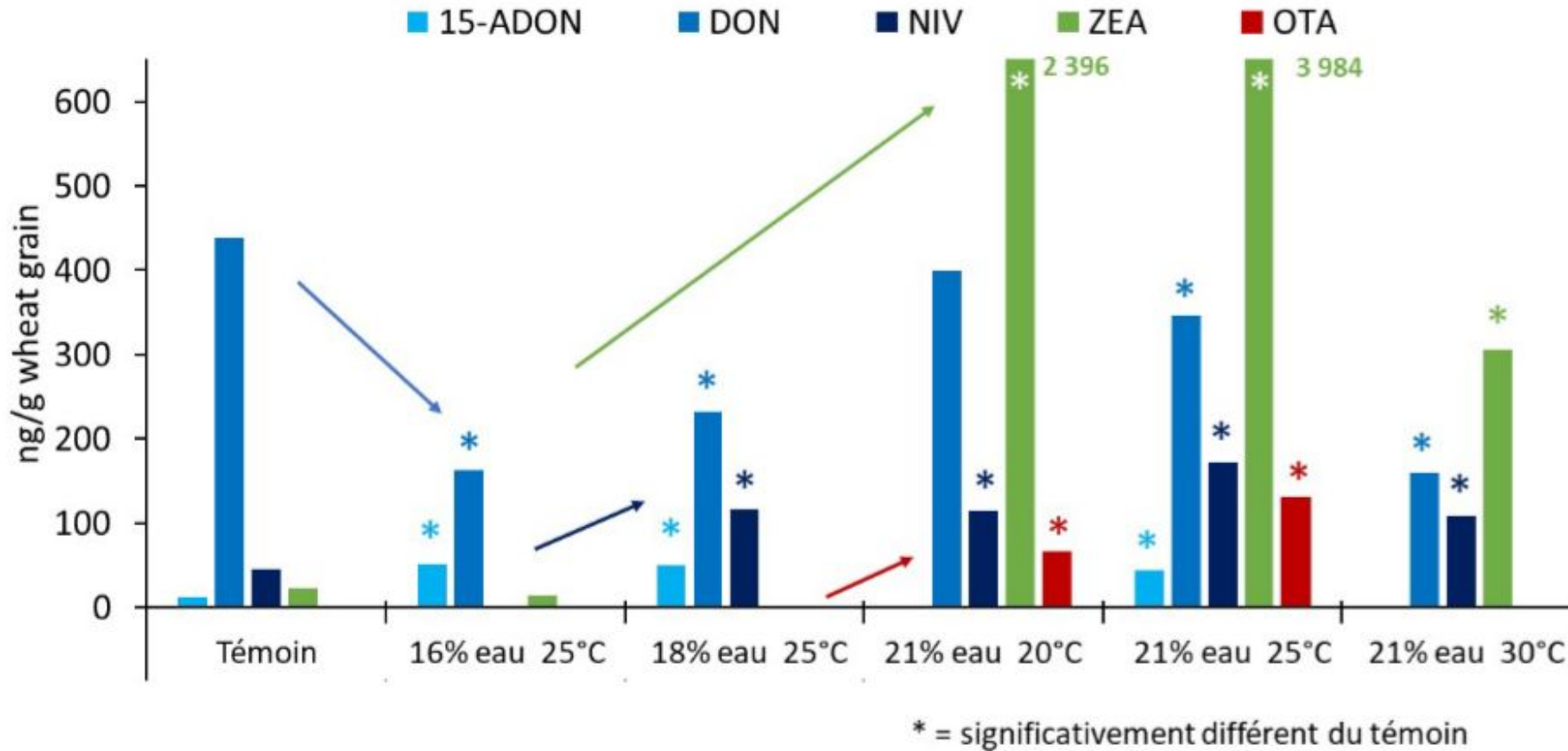


Pas de de différence significative entre les échantillons avant et après stockage. Une tendance à l'augmentation est néanmoins observée après stockage sur la majorité des échantillons pour DON, NIV et ZEA.
Attention cependant au risque de contamination direct au stockage.
stockage 5 mois en BB ou benne



Résultats

Impact du stockage



Ces résultats d'expérimentations contrôlées (stockage 4 semaines) montrent les possibilités de diminution des concentrations de mycotoxines du champ qui peuvent être métabolisées (ici la DON) mais aussi le risque de nouvelles-contaminations en mycotoxines produites majoritairement au champ par des champignons du genre *Fusarium*, comme c'est le cas de la Zéaralénone (ZEA). Enfin de l'Ochratoxine A a été produite par des *Penicillium* sp.



Résultats

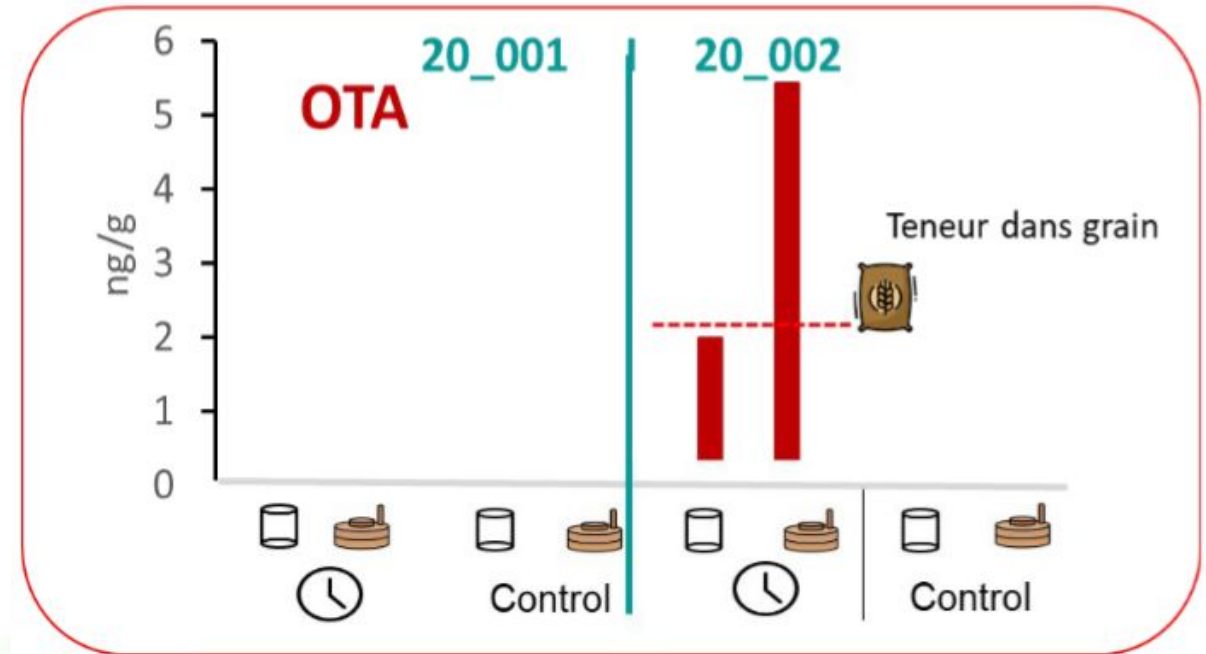
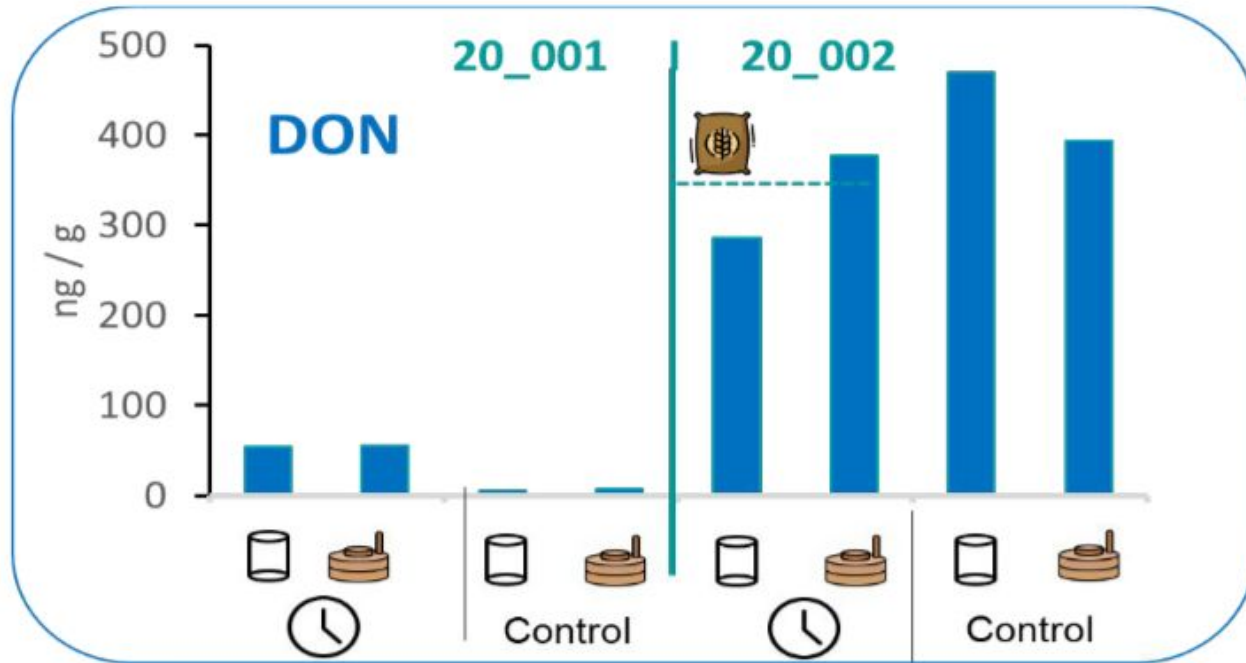
Impact du stockage

- **Tri** pour éliminer les grains contaminés par leur apparence ou leur densité : La DON est répartie lors de la mouture entre 51% dans les enveloppes, 40% dans les farines, 9% dans les freintes
- **Dépelliculage** (élimination du son de blé) entraîne 30% de réduction du DON pour une élimination de 35% des tissus du grain
- Contrôle des conditions de **stockage** (séchage dans cellules, contrôle de la **température, humidité**, aération des silos, ventilation séchante...)



Résultats

Evolution des concentration après transformation



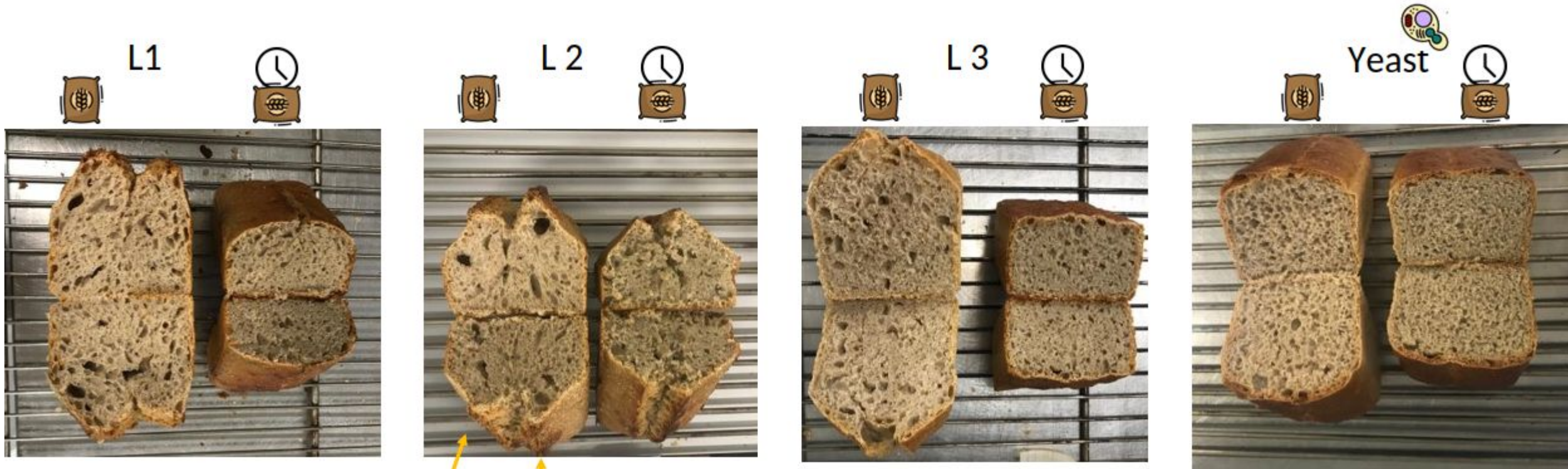
Au cours de la **mouture** du blé tendre, les résultats sur deux lots de grains bien conservés ou altérés montrent que les **concentrations en DON évoluent peu**, que ce soit sur meule de pierre ou sur cylindre.

Par contre une **forte augmentation de la teneur en OTA** a été observée en passant le grain sur **meule** de pierre.



Résultats

Evolution des concentration après transformation



Pains obtenus avec 3 levains (L1, L2, L3) et une levure à partir des farines de meule de pierre issues du lot de grain 2 bien stocké (à gauche) ou altéré (à droite).

=> impact sur l'alveolage et la levée



Des outils et ressources



soutien 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 methode 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 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



Cardar Myco3C

RMT Al-Chimie : Synthèse des methodes d'analyse rapides des mycotoxine

Informations préalables : l'ensemble des analyses présentées sont destructives et nécessitent de travailler sur produits broyés le cas échéant. Les mesures quantitatives sont données directement via un lecteur. La mise en oeuvre des techniques nécessite l'utilisation de micropipettes. Pour les analyses bandelette 12 euros HT selon le mode d'utilisation (nombre d'échantillons réalisés lors d'une même série)

Fichier mis à jour le 25 juin 2023 par Rodolphe VIDAL (ITAB)

Filtre : Contaminants

Tous

Tous

Aflatoxine B1

Aflatoxine M1

Aflatoxines totales

Alcaloïdes de l'ergot

Déoxynivalénol

Fumonisin

Filtre : Analyse ponctuelle ou en série

Tous

Filtre : Type de produits à analyser

Tous

Analyses validées
fournisseur /
liste non
autistique se
proches de

Produit ou
méthode
plutôt
destiné à
l'analyse au
laboratoire

Domaine
de mesure
(direct) en
milieu

Type de
technique

Conditionnement

Nécessité
de travailler
sous hotte
à solvants

Temps estimé pour
un protocole complet
hors broyage (de la
pesée jusqu'au
résultat) (pour un
test bandelette

Nom du
produit /
de la
méthode

Fou



Participez à notre enquête

lien enquêtes

