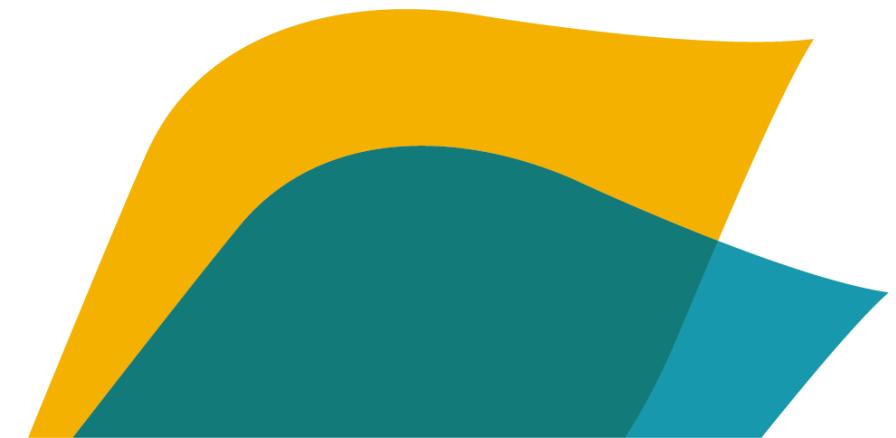




CARVALIS

The logo for CARVALIS features the word "CARVALIS" in a bold, teal, sans-serif font. The letter "C" is stylized with a graphic element: its top curve is yellow, and its bottom curve is teal, which also serves as a horizontal line under the rest of the letters. The letter "I" has a small yellow triangle at the top. The "S" has a small yellow triangle at the top right.

Mycotoxines sur maïs

Quels leviers agronomiques pour réduire le risque

Anne-Sophie COLART as.colart@arvalis.fr

Audrey PEGUES a.pegues@arvalis.fr

Avec l'appui de Béatrice ORLANDO et Benjamin COLLIN

Le maïs est potentiellement concerné par de multiples contaminations

Niveau de préconisation pour la surveillance en fonction des couples grains de céréales/mycotoxines

	DON	ZEA	T2-HT2	FUMO	ERGOT / Alcaloïdes de l'ergot	AFLA	OTA	Cd	Pb	Hg	As	DATURA / Alcaloïdes tropaniques
Blé tendre	Red	Orange	Grey		Red		Orange	Orange				
Blé dur	Red	Orange	Orange		Red		Orange	Orange				
Orge de printemps	Orange		Orange		Orange		Orange					
Orge d'hiver	Orange		Grey		Orange		Orange	Grey				
Maïs	Red	Red	Orange	Red		Orange	Orange				Red	
Seigle	Orange	Orange	Grey		Red		Orange		?	?	?	?
Sorgho	Orange	Red	Grey				Orange				Red	
Avoine	Red		Orange		Grey		Orange		?	?	?	?
Triticale	Red	Red	Grey		Red		Orange	Grey				
Enjeu toxicologique												

Surveillance préconisée
besoin non démontré
occasionnelle
régulière
systématique

Certains champignons produisent des mycotoxines au champ ou au silo

Mycotoxines au champ



Photo J. Molines - ARVALIS

Mycotoxines de champ et stockage



Groupe de mycotoxines	Mycotoxines	Champignons	Conditions d'apparition
Aflatoxines	Aflatoxines B1, B2, G1 et G2	<i>Aspergillus flavus</i> <i>A. parasiticus</i> <i>A. nomius</i>	Climats tropicaux et subtropicaux
Ochratoxines	Ochratoxines A, B, C et D	<i>Penicillium verrucosum</i> <i>Aspergillus clavatus</i>	Climats frais et tempérés En cours de stockage
Zéaralénone	Zéaralénone	<i>Fusarium graminearum</i> <i>F. culmorum</i> <i>F. crookwellense</i>	Moisissures ubiquistes
Fumonisines	Fumonisines B1, B2, B3	<i>Fusarium moniliforme</i> <i>F. proliferatum</i>	Climats tempérés et climats chauds
Patuline	Patuline	<i>Penicillium expansum</i> <i>P. urticae</i> <i>Aspergillus clavatus</i> <i>Aspergillus flavus</i>	Traumatisme, défaut d'aérobiose
Trichothécènes	Vomitoxine ^{DON} , Nivalenol, Fusarenone X (Trichothécènes B)	<i>Fusarium sporotrichioides</i> <i>F. graminearum</i> <i>F. culmorum</i> <i>F. Poae</i> <i>F. roseum</i> <i>F. tricinctum</i> <i>F. acuminatum</i>	Moisissures ubiquistes
	T2 toxine, HT2 toxine, Diacetoxyscirpenol DAS (Tricho A)		

DON, NIV, T2, HT2, ZEA, FUMONISINES des mycotoxines à gérer au champ

Qui et qui ? Qui fait quoi ? A vous de jouer !



- 1 Allez sur wooclap.com
- 2 Entrez le code d'événement dans le bandeau supérieur

Code d'événement
UNMBGK



Quizz



? *Fusarium graminearum*



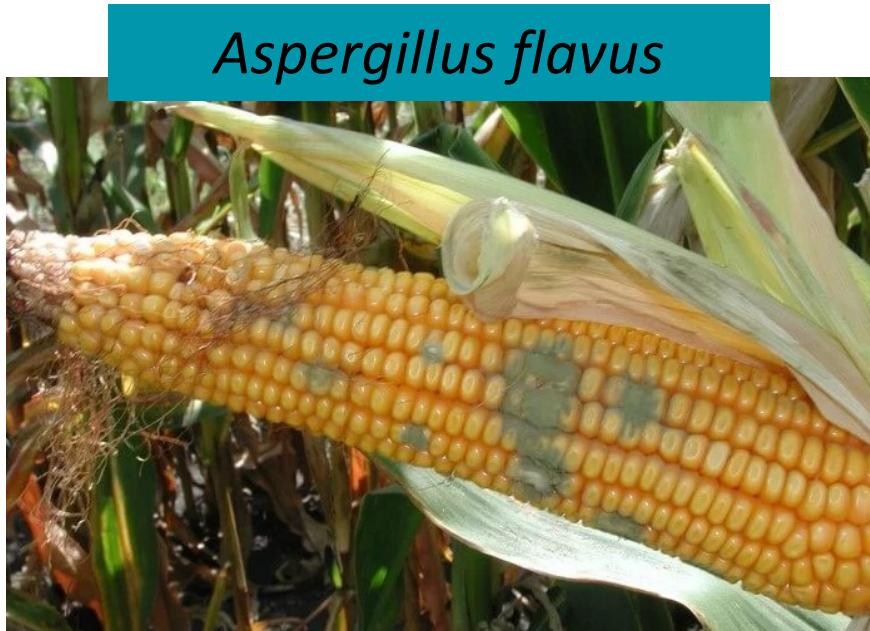
? *Fusarium section liseola*



© ARVALIS - Institut du végétal

? *Aspergillus flavus*

Quizz



Fusarium graminearum



Fusarium section liseola



© ARVALIS - Institut du végétal



DON / ZEA



Aflatoxines



Fumonisines

Quizz

Aspergillus flavus



Aflatoxines

Fusarium graminearum



DON / ZEA

Fusarium section liseola



Fumonisines

Les symptômes sur épis au champ : *Fusarium graminearum* (DON, ZEA)

Répartition :

- ❖ Attaque à partir du sommet de l'épi
- ❖ Colonisation par couronnes successives



Couleur :

- ❖ Coloration blanc rose vineux



Autres :

- ❖ Rafle pourrie avec des grains qui s'enfoncent
- ❖ Soies et spathes collées



Les symptômes sur épis au champ : Fusarium de la section *liseola* (Fumonisines)

Répartition :

- ❖ Répartition aléatoire sur l'épi



Couleur :

- ❖ Coloration blanche à violacée ou rose saumon



Autres :

- ❖ Favorisé par les blessures- altérations de l'épi
- ❖ Têtes étoilées ou blanches (tardive)



Cadre réglementaire UE ($\mu\text{g}/\text{kg}$) des mycotoxines susceptibles d'être présents sur maïs grain et fourrage

Réglementation et abaissement du seuil à 100 $\mu\text{g}/\text{kg}$

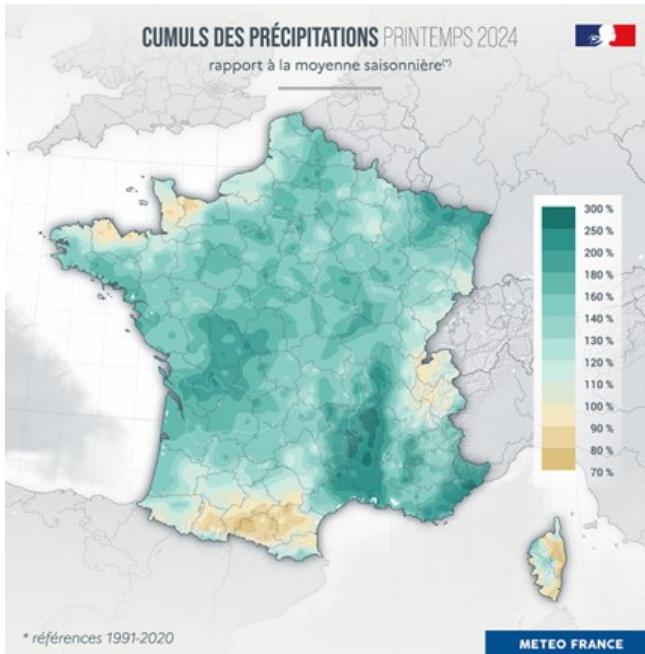
abaissement du seuil réglementaire à 1500 $\mu\text{g}/\text{kg}$

Seuils publiés, applicables au 1^{er} juillet 2024

	Abréviation	Famille de mycotoxines	Réglementation*/ recommandation** a. humaine ($\mu\text{g}/\text{kg}$)	Réglementation*/ recommandation** a. animale ($\mu\text{g}/\text{kg}$)
HT2 Toxine	HT-2		100*	500**
T2 Toxine	T-2		(somme T2+HT2)	(somme T2+HT2)
Deoxynivalenol	DON	Trichothécènes B (TCT B)	1 500*	8 000**
Zearalenone	ZEA		350*	2 000**
Fumonisine B1	FB1	Fumonisines (FUM)	4 000*	60 000**
Fumonisine B2	FB2		(somme B1+B2)	(somme B1+B2)
Aflatoxine B1	AFB1	Aflatoxines (AF)	5*	20*
Aflatoxine B2	AFB2		10*	
Aflatoxine G1	AFG1		(somme B1, B2, G1, G2)	
Aflatoxine G2	AFG2			

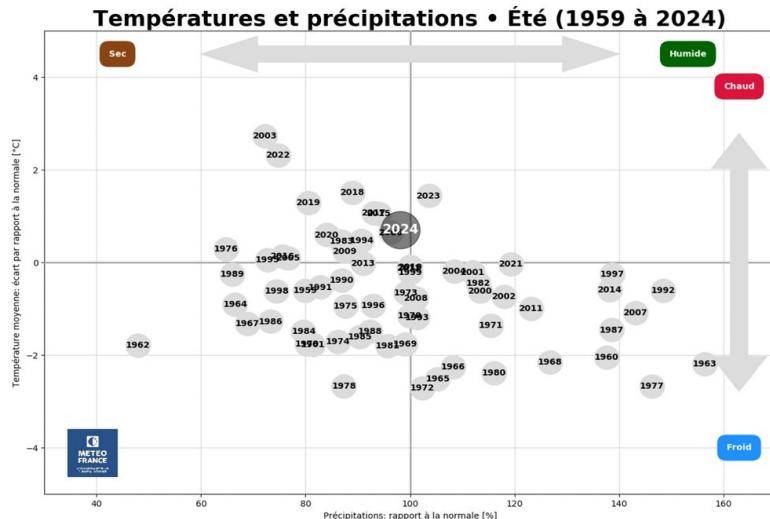
2024, une année atypique ?

Printemps pluvieux



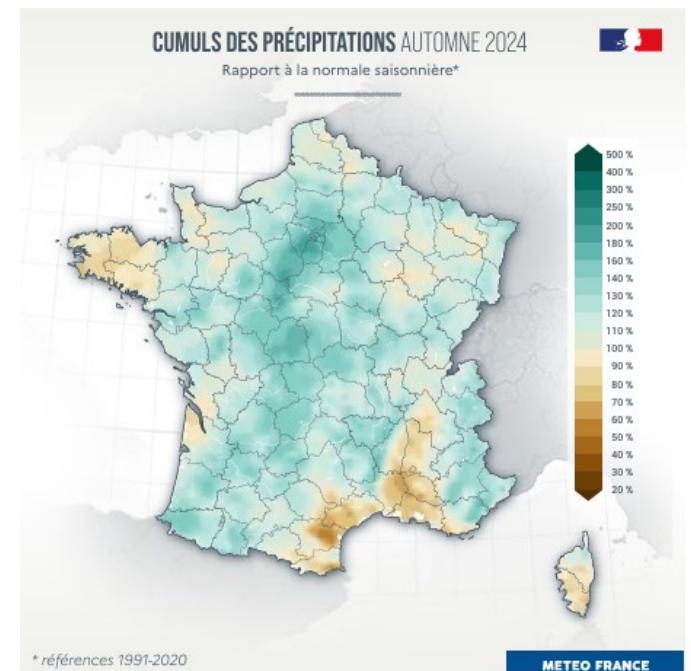
Semis tardifs

Des conditions estivales (T°C, pluie) proches de 2006



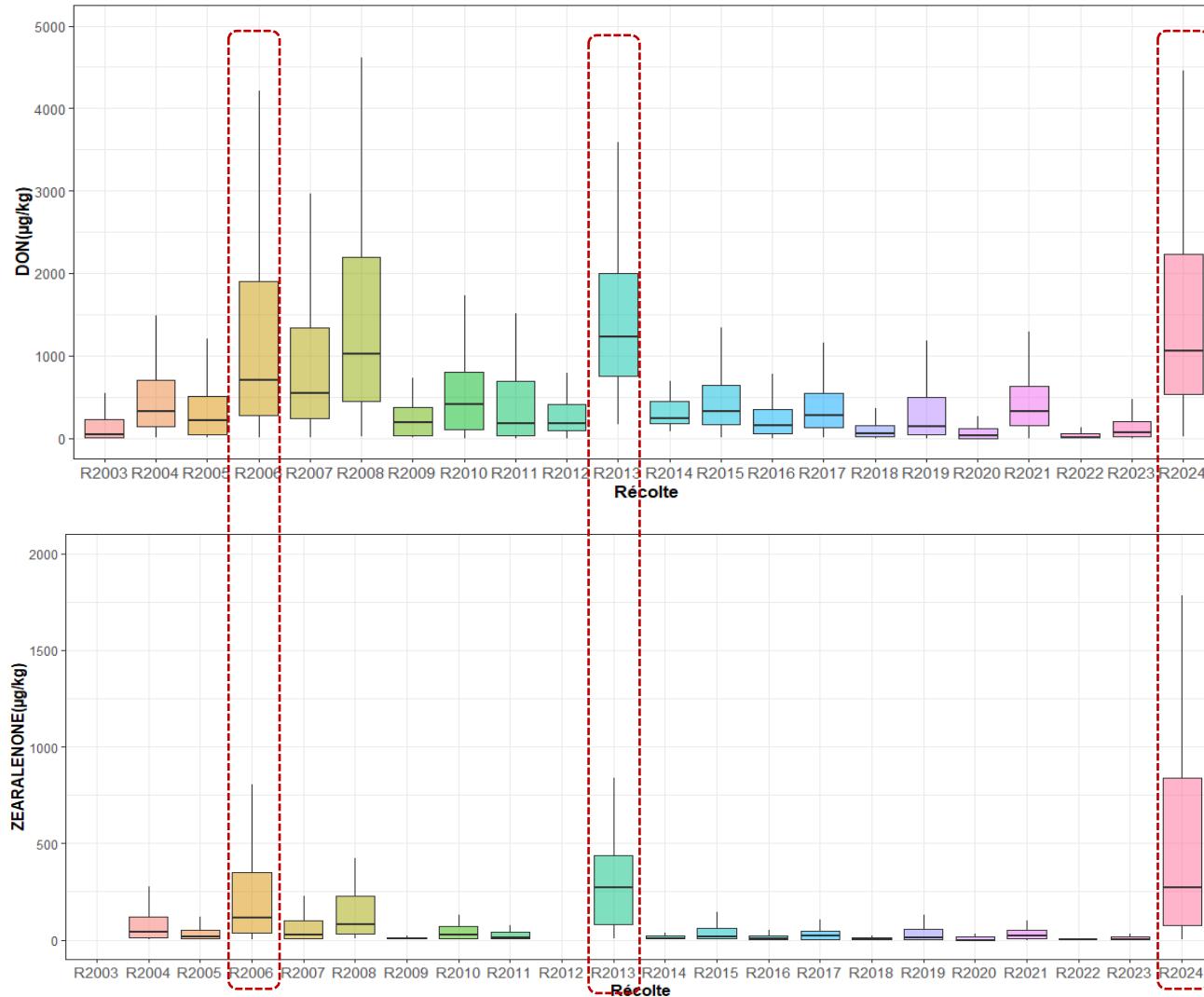
Installation possible de différents pathogènes selon les séquences climatiques
→ Interaction climat X pathogènes X foreurs

Un automne doux mais pluvieux



Des récoltes retardées

2024, une année pas si exceptionnelle



Source : Enquêtes au champ maïs grain 2003- 2024, France

Les leviers de gestion agronomique

DIMINUER LE POTENTIEL
INFECTIEUX ET VOIES D'ENTREE

GESTION DES RESIDUS

GESTION DES FOREURS

LIMITER LA PRODUCTION DE
MYCOTOXINES AU CHAMP

PRECOCITE VARIETALE
DATE SEMIS-RECOLTE

EMPECHER LE DEVELOPPEMENT
DE MYCOTOXINES

TOLERANCE VARIETALE



Les leviers de gestion agronomique

DIMINUER LE POTENTIEL
INFECTIEUX ET VOIES D'ENTREE

GESTION DES RESIDUS

GESTION DES FOREURS

LIMITER LA PRODUCTION DE
MYCOTOXINES AU CHAMP

**PRECOCITE VARIETALE
DATE SEMIS-RECOLTE**

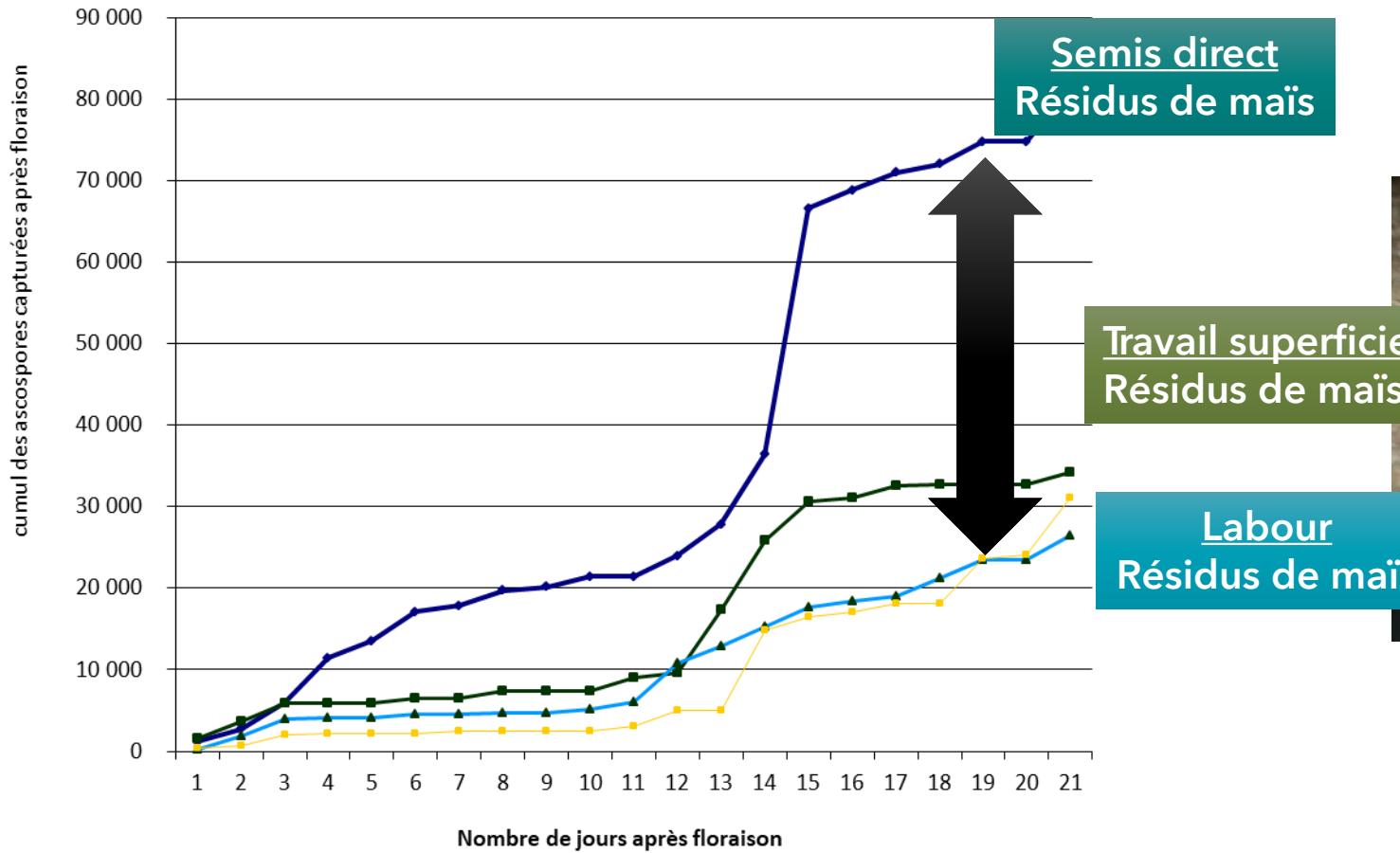
EMPECHER LE DEVELOPPEMENT
DE MYCOTOXINES

TOLERANCE VARIETALE

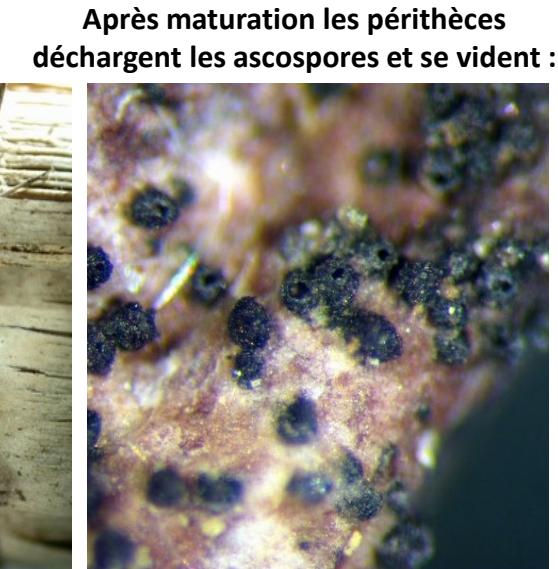
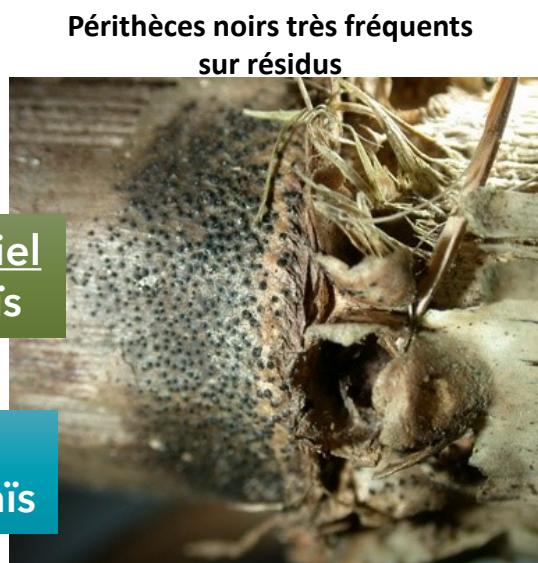


Gestion des résidus

Effet de la gestion des résidus du précédent sur la contamination d'un blé



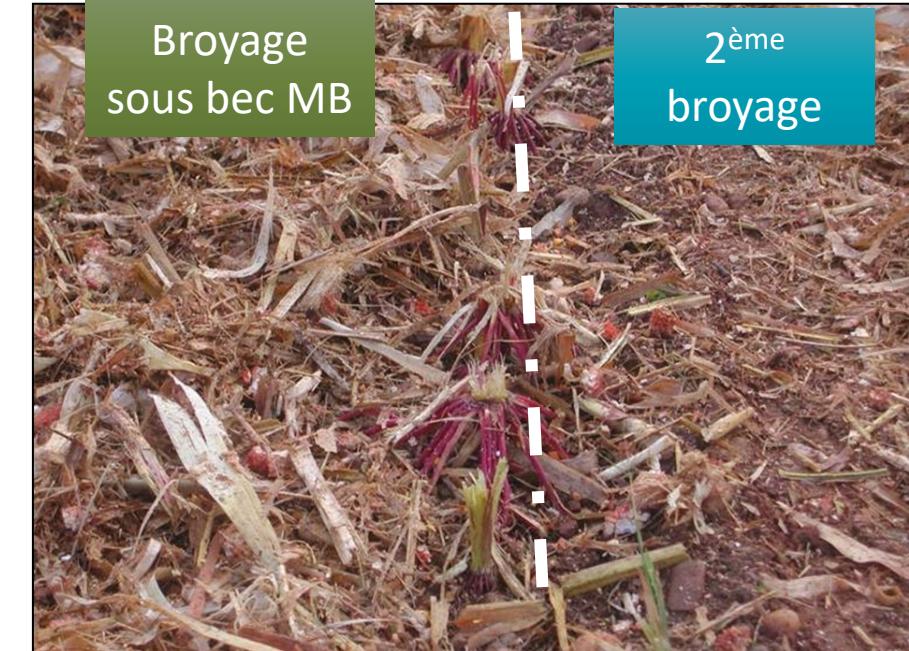
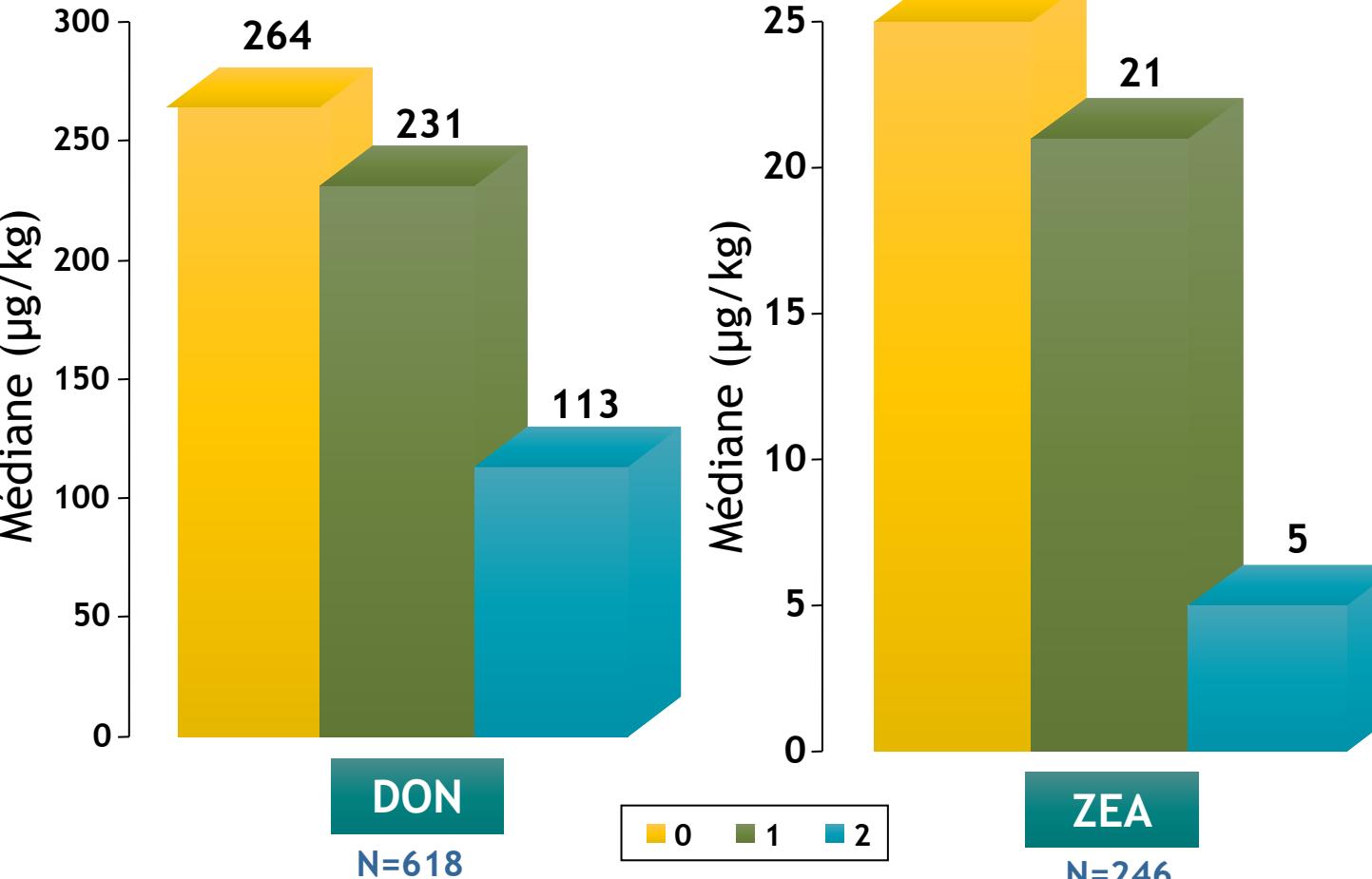
Source : ARVALIS, institut du végétal - Essai Blé tendre, 2003



Broyer finement les résidus

Le broyage des résidus accélère leur dégradation et diminue leur présence en surface

Effet du nb de broyage (maïs G/maïs G)

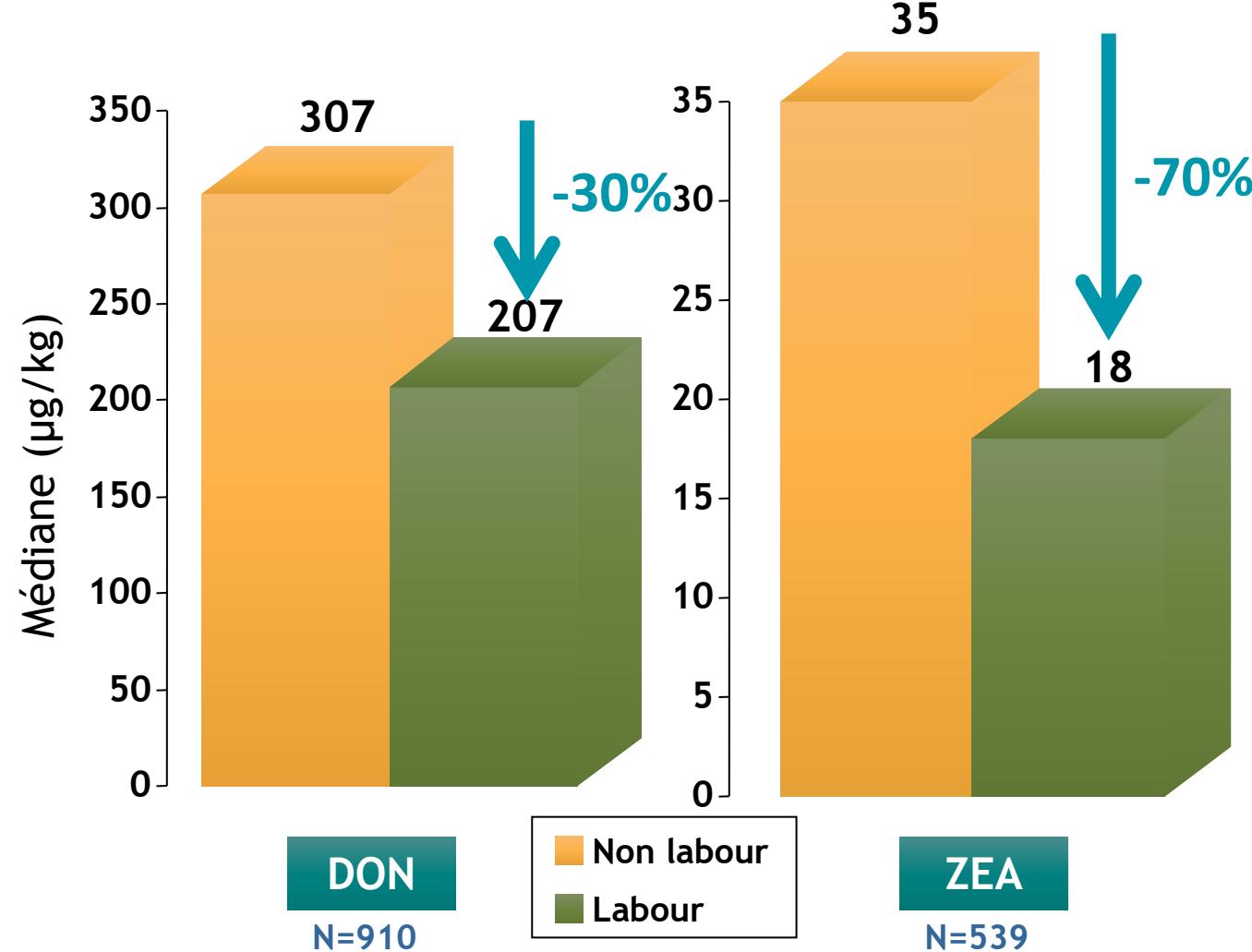


En système sans labour :

- Le broyage sous bec est insuffisant
- **Un rebroyage réduit la contamination de 60 à 80%**
- **Une pression foreur également réduite après broyage de 50 à 95%**

Enfouir les résidus : labour

Mycotoxines maïs grain : impact du labour (maïs G./maïs G.)



- Les fusarium peuvent survivre 20 mois
- Enfouir les résidus à 15-30 cm facilite leur dégradation et la perte de viabilité des spores de fusariums

Enfouir les résidus contaminés réduit le potentiel infectieux de la parcelle

Limiter les portes d'entrée par les foreurs

Les insectes

Pyrale



Sésamie



Héliothis



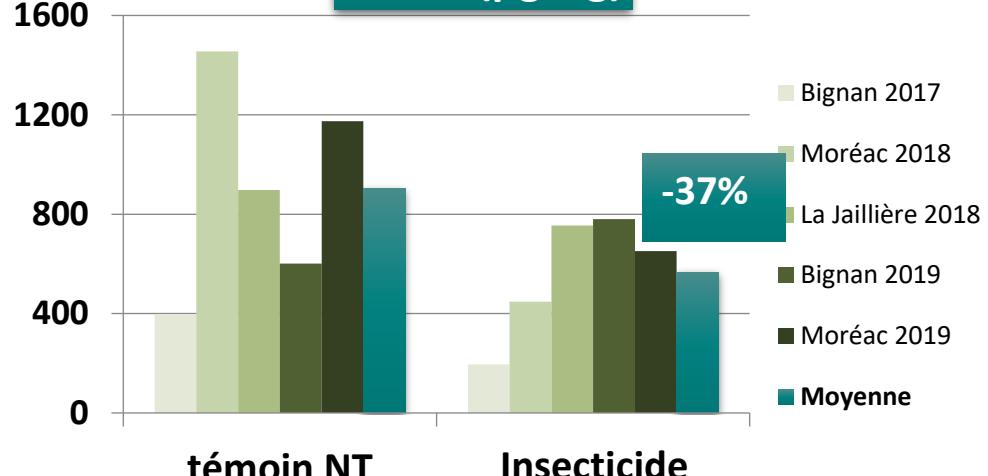
Portes
d'entrée
pour les
Fusarium



5 essais Arvalis

2017-2019

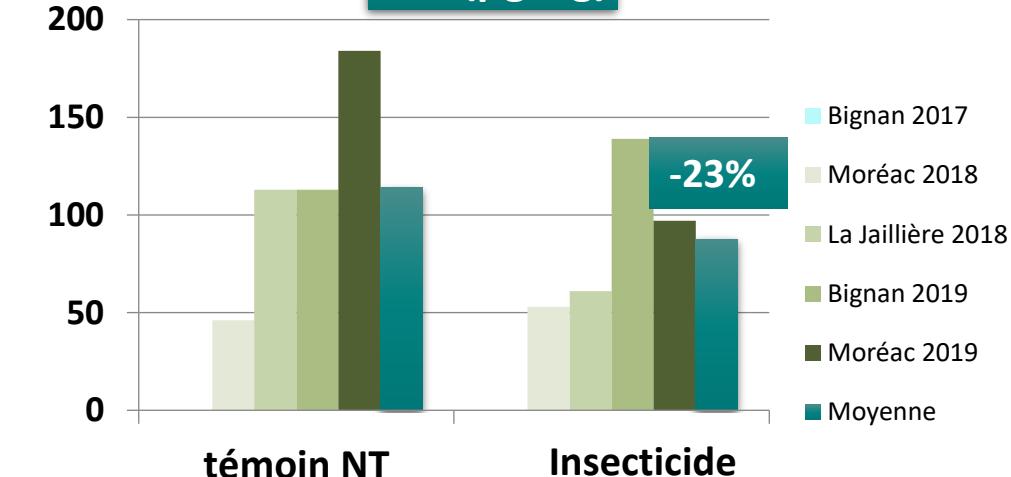
DON ($\mu\text{g/kg}$)



témoin NT

Insecticide

ZEA ($\mu\text{g/kg}$)



témoin NT

Insecticide

Les leviers de gestion agronomique

DIMINUER LE POTENTIEL
INFECTIEUX ET VOIES D'ENTREE

GESTION DES RESIDUS

GESTION DES FOREURS

LIMITER LA PRODUCTION DE
MYCOTOXINES AU CHAMP

**PRECOCITE VARIETALE
DATE SEMIS-RECOLTE**

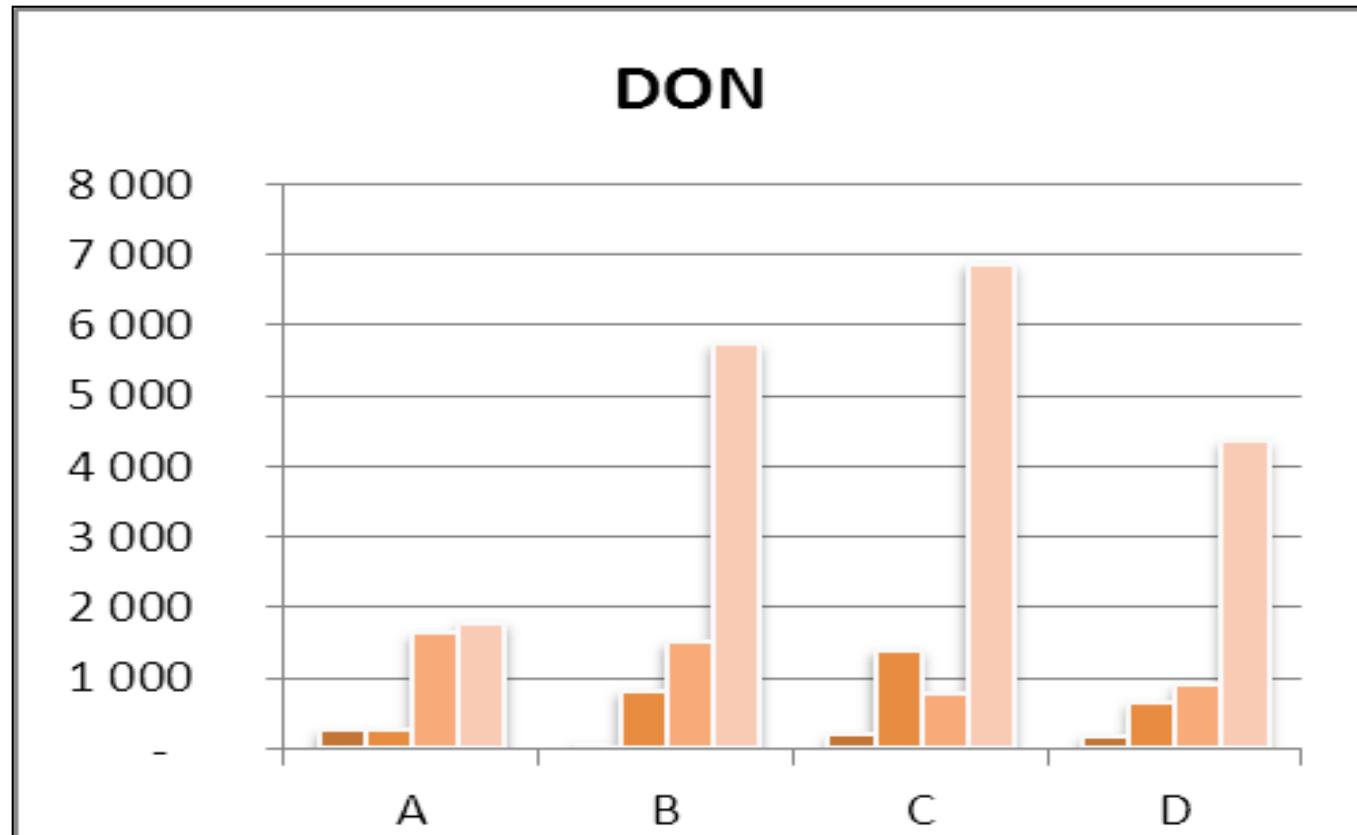
EMPECHER LE DEVELOPPEMENT
DE MYCOTOXINES

TOLERANCE VARIETALE



La date de récolte influence la qualité

2012 : Evolution des teneurs en mycotoxines dans la plante entière fraîche selon la date de récolte sur 4 variétés (A, B, C, D)



Date de récolte :

- 24/10/2012
- 26/09/2012
- 20/09/2012
- 11/09/2012

Plus la récolte est tardive plus les teneurs sont élevées.

Viser une récolte maïs fourrage avant fin septembre

Semer des précocités adaptées

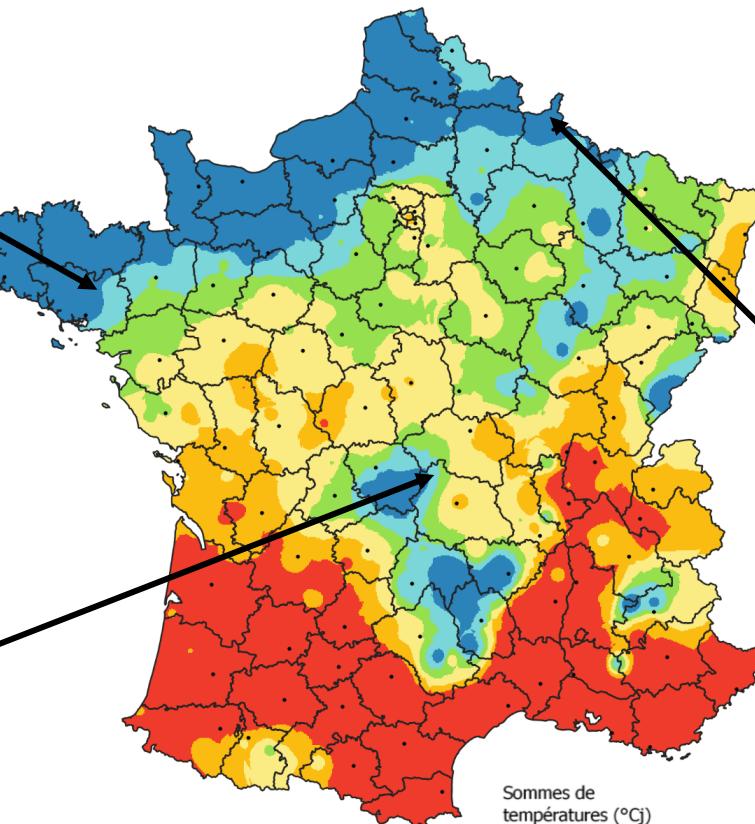
BRETAGNE

PLOERMEL (56)

ARVALIS Date d'arrivée à 32% de matière sèche

	20-août	30-août	1-sept.	10-sept.	20-sept.	30-sept.	1-oct.
Date de semis	1306	1432	1453	1550	1648	1742	1751
1-avr.	1276	1394	1417	1507	1625	1710	1719
10-avr.	1232	1344	1369	1475	1566	1654	1667
20-avr.	1179	1290	1316	1415	1494	1569	1575
1-mai	1120	1231	1257	1338	1429	1503	1509
10-mai	1050	1161	1188	1267	1358	1432	1438
20-mai	943	1054	1081	1172	1263	1338	1344
1-juin							

Données historiques Arvalis Météo France 2004 - 2024



AUVERGNE

SAINT GERVAIS D'AUVERGNE (63)

ARVALIS Date d'arrivée à 32% de matière sèche

	20-août	30-août	1-sept.	10-sept.	20-sept.	30-sept.	1-oct.
Date de semis	1113	1223	1245	1365	1464	1540	1545
1-avr.	1093	1207	1229	1344	1443	1519	1524
10-avr.	1076	1188	1210	1329	1431	1505	1511
20-avr.	1036	1148	1170	1290	1392	1466	1472
1-mai	996	1109	1131	1250	1353	1429	1436
10-mai	960	1072	1094	1214	1309	1383	1387
20-mai	893	1015	1035	1131	1228	1304	1310
1-juin							

Données historiques Arvalis Météo France 2004 - 2024

Code groupe	Dénomination	Besoins en degrés-jours jusqu'à 32% MS
S0	Très Précoce	< 1425
S1	Précoce	1415 à 1500
S2	Demi-Précoce	1490 à 1570
S3	Demi-Précoce- à Demi-Tardif	1560 à 1700

Cumul de température (base 6-30) entre semis et récolte ensilage (32%MS) décile 2

CHARLEVILLE-MEZIERES (08)

ARVALIS Date d'arrivée à 32% de matière sèche

	20-août	30-août	1-sept.	10-sept.	20-sept.	30-sept.	1-oct.
Date de semis	1191	1292	1311	1402	1475	1551	1556
1-avr.	1184	1290	1311	1399	1465	1540	1545
10-avr.	1139	1239	1262	1369	1444	1504	1508
20-avr.	1095	1202	1221	1315	1386	1463	1467
1-mai	1049	1155	1173	1261	1325	1404	1408
10-mai	991	1096	1111	1202	1271	1346	1357
20-mai	890	993	1011	1104	1190	1258	1264
1-juin							

Données historiques Arvalis Météo France 2004 - 2024

Décile 2: 20% des données sont inférieures à cette valeur. Les 2 années sur 10 les plus froides on obtient cette somme de température.

Les leviers de gestion agronomique

DIMINUER LE POTENTIEL
INFECTIEUX ET VOIES D'ENTREE

GESTION DES RESIDUS

GESTION DES FOREURS

LIMITER LA PRODUCTION DE
MYCOTOXINES AU CHAMP

**PRECOCITE VARIETALE
DATE SEMIS-RECOLTE**

**EMPECHER LE DEVELOPPEMENT
DE MYCOTOXINES**

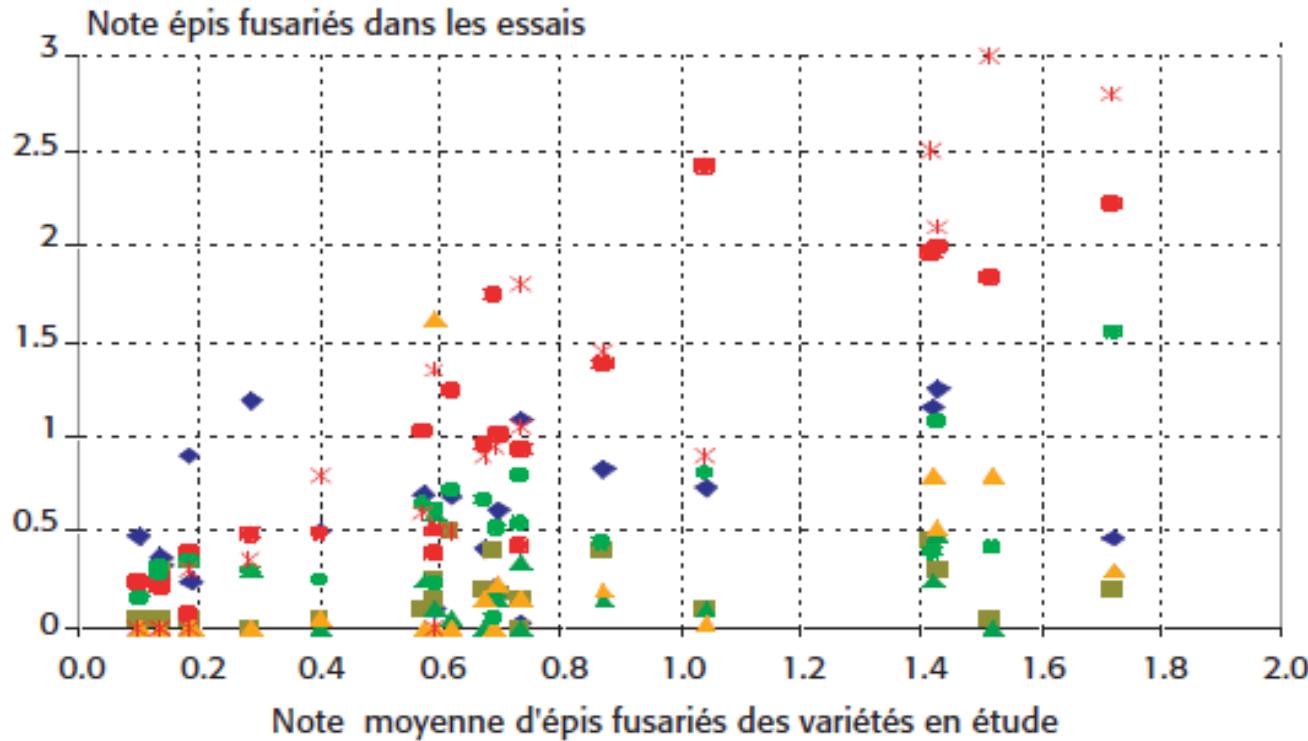
TOLERANCE VARIETALE



Une sensibilité variétale existe

Etude de la variabilité génétique et des effets des conditions de culture sur la note de fusariose sur épi en 2002.

Réseau post-inscription, 7 essais de la série des variétés de mi-tardives.

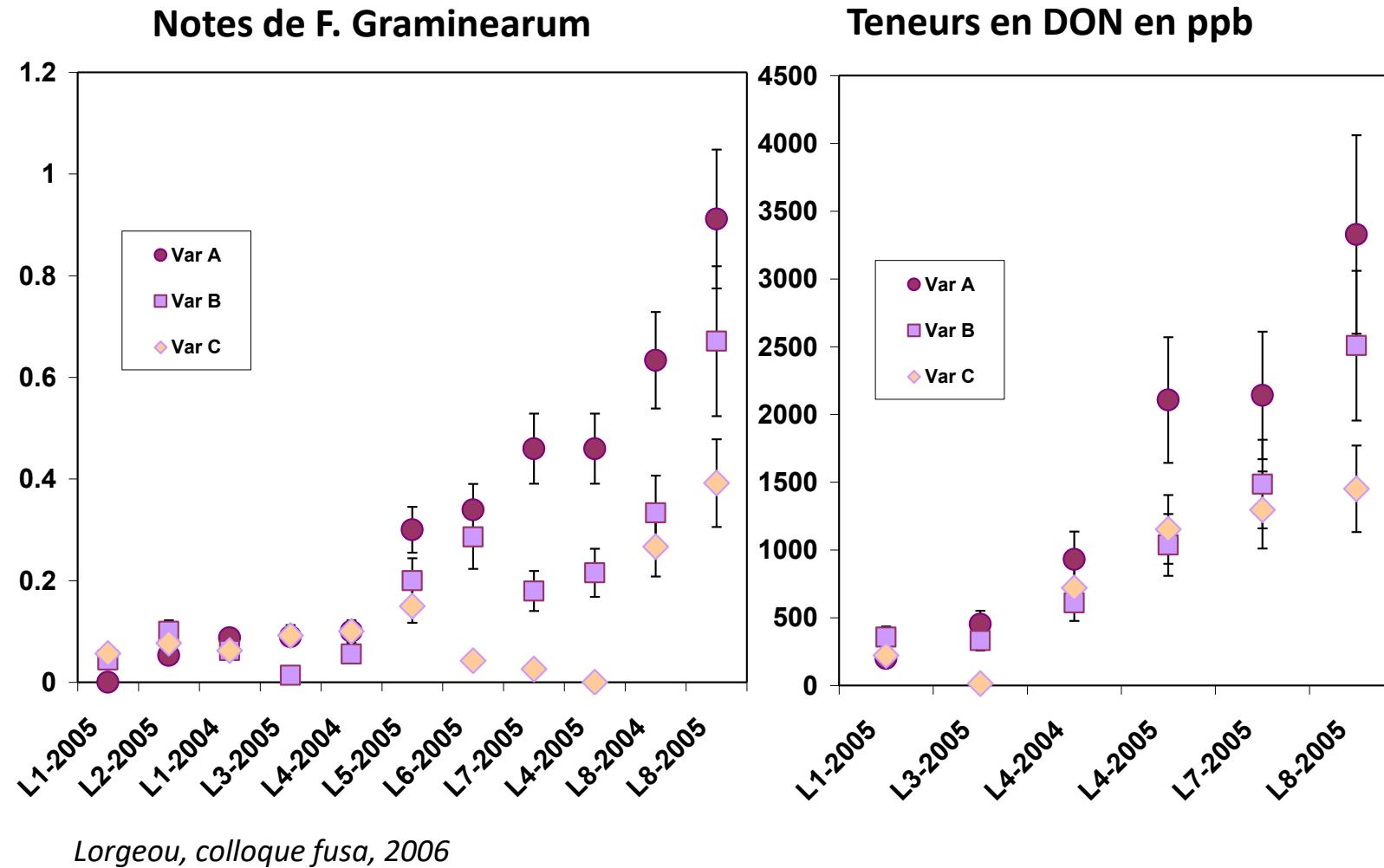


En abscisse : notes des variétés en étude, obtenues en moyenne sur 7 essais

En ordonnée : notes obtenues par ces variétés dans chacun des essais représentés par les différents symboles

2002 : une année avec une forte pression fusariose qui a permis de montrer une **variabilité génétique** sur la maladie qui se répète assez bien entre essais

Une sensibilité variétale existe



Une teneur en DON en lien avec la présence de symptôme mais pas systématiquement



Difficultés à caractériser cette sensibilité

Acquisition et valorisation des données existantes :

- Notations dans les essais Variétés de Post Inscription et CTPS
- Un minimum de 3 essais valables pour qualifier une variété
- Caractérisation possible uniquement les années à forte pression
- Synthèses pluriannuelles des notations Fusariose si suffisamment de données
- Informations disponibles sur varmaïs



Peu de données disponibles sur les variétés récentes et uniquement en
maïs grain

On ne peut pas pleinement l'utiliser comme un levier aujourd'hui



Impact du climat sur les maladies fongiques



Principales espèces fongiques toxinogènes sur maïs



Pathogènes	Mycotoxines	Optimum Croissance champignon	Optimum Toxinogenèse
<i>F. langsethiae</i>	<i>T2, HT2</i>	25°C	20 °C
<i>F. graminearum</i>	<i>DON, Zearalenone</i>	25°C	25°C
<i>F. Poae</i>	<i>Niv, T2, HT2, BEA, ENN</i>	25°C	27.5°C
<i>F. sporotrichoïdes</i>	<i>T2, HT2, BEA</i>	25-30°C	20-25°C
<i>F. verticillioïdes</i>	<i>Fumonisines</i>	25-30°C	20-25°C
<i>A. flavus</i>	<i>Aflatoxines</i>	30-35°C	25-35°C



Quel poids du climat et de l'agronomie ? DON

Grille d'évaluation du risque DON (maïs grain)

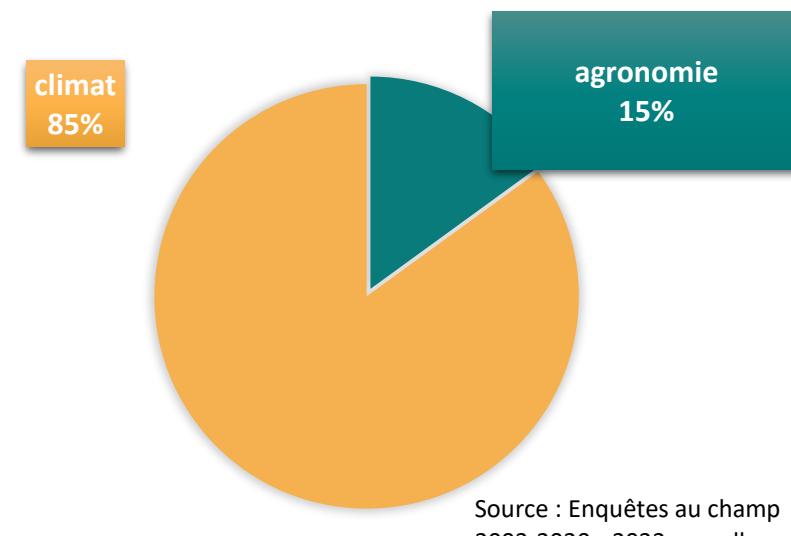
TENEUR EN DÉOXYNIVALÉNOL À LA RÉCOLTE : une nouvelle grille d'évaluation du risque										
GESTION DES RÉSIDUS	FOREURS	DATE DE RÉCOLTE	MARS - Températures maximales							
			Chaud			Normal à froid				
			AOÛT - Humidité environnement parcelle							
			Sec	Normal	Humide	Sec	Normal	Humide		
FIN DE CYCLE - Températures maximales										
Chaud			Normal à froid	Indifférent		Chaud	Normal à froid	Indifférent		
SUFFISANTE	Non	Normale	A	Effet du climat						
		Tardive	A	B	B	C	A	B		
	Oui	Normale	A	B	B	C	A	B		
		Tardive	A	B	C	D	B	C		
INSUFFISANTE	Non	Normale	A	B	C	C	B	B		
		Tardive	A	B	C	D	B	B		
	Oui	Normale	A	B	C	C	B	C		
		Tardive	B	B	C	D	B	C		

Facteur réduisant le risque DON Facteur favorisant le risque DON

Tableau 1 Grille d'évaluation du risque d'accumulation de DON dans le grain de maïs à la récolte selon les contextes parcellaire et climatique. Le risque DON varie de A (risque le plus faible) à E (risque critique). Source : 2032 parcelles de maïs grain réparties sur l'ensemble du territoire national entre 2003 à 2020.

Classe de risque	Teneur moyenne en DON (ug/kg)
A	84
B	204
C	694
D	1540
E	1742

Source : Enquêtes au champ 2003-2020 - 2032 parcelles



Année publication : 2022/ Années source : 2003-2020 /Nombre de parcelles: 2032

Malgré la maîtrise des leviers agronomiques, le climat peut faire passer une parcelle d'un risque très faible à élevé

Quel poids du climat et de l'agronomie ? FUMO

Grille d'évaluation du risque Fumonisines (maïs grain)

RISQUE « FUMONISINES » : les températures moyennes de juillet et octobre sont décisives

INDICE DE PRÉCOCITÉ DE LA VARIÉTÉ	FOREURS	DÉFICIT HYDRIQUE	TEMPÉRATURES MOYENNES			
			Juillet			
			Normal à froid	Normal à froid	Chaud	Chaud
			Octobre			
			Normal à froid	Chaud	Normal à froid	Chaud
PRÉCOCE	NON	NON	A	A	A	A
	NON	OUI	A	Effet du climat		B
TARDIVE	NON	NON	A	A	A	B
	NON	OUI	B	B	C	C
PRÉCOCE	OUI	NON	B	B	C	C
	OUI	OUI	B	C	D	D
TARDIVE	OUI	NON	C	C	C	D
	OUI	OUI	D	D	E	E

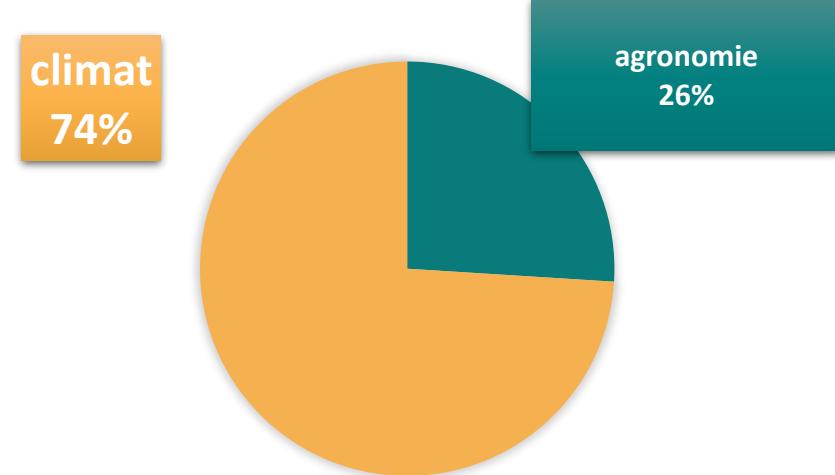
Tableau 1

Évaluation du risque d'accumulation de fumonisines dans les parcelles de maïs à la récolte. Le risque « Fumonisines » varie de A (risque le plus faible) à E (risque critique). Les mois de juillet et d'octobre sont qualifiés de « Normal à froid » si leurs températures moyennes ont été inférieures à 23 °C et 15,7 °C respectivement ; ils sont qualifiés de « Chaud » si leurs températures moyennes ont été supérieures à ces valeurs. Source : enquêtes conduites de 2003 à 2020 sur 859 parcelles de maïs grain.

Année publication : 2021 / Années source : 2003-2020 / Nombre de parcelles: 2707

Classe de risque	Teneur moyenne en DON (ug/kg)
A	334
B	783
C	1387
D	1457
E	2856

Source : Enquêtes au champ 2003-2020 / 2032 parcelles



Source : Enquêtes au champ 2003-2020 / 2032 parcelles

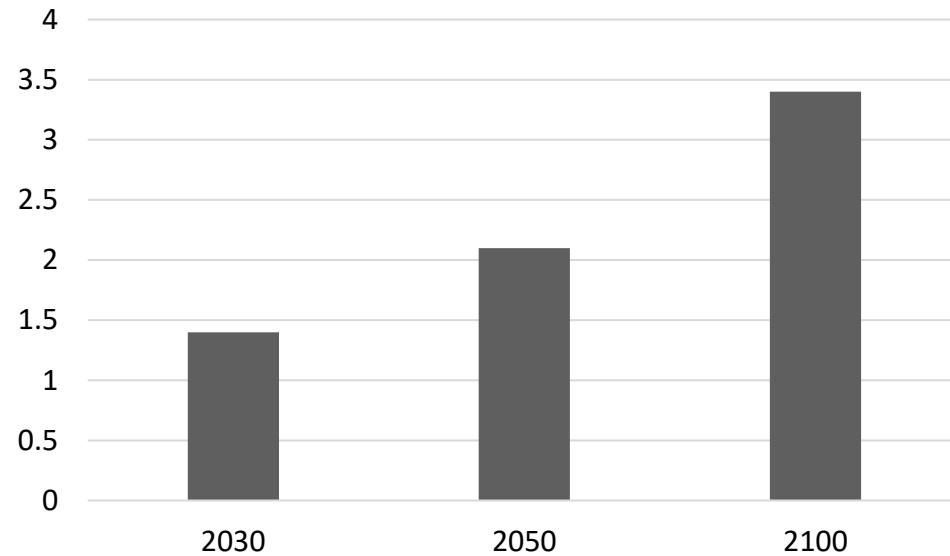
Le climat est moins prépondérant sur le risque FUMO que le risque DON, mais reste le 1^{er} facteur explicatif du risque

Quelle évolution prévoir des mycotoxines avec le changement climatique ?

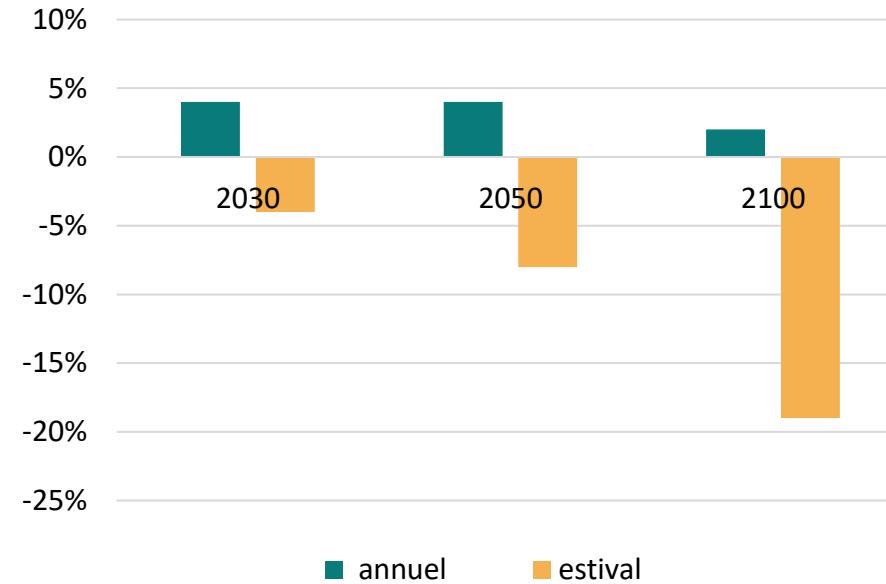


Changement climatique France

Réchauffement France (°C)



Cumul pluie France (%)



Plus chaud

Période de référence : 1976-2005

Source : *Le climat du futur de la France selon la TRACC, Drias, Météo-France, avril 2025*

variable



Maïs : projections climatiques

Évolution du climat observé : comparaison de la médiane des périodes 1980-2005 et 2006-2023

Projections climatiques ALADIN65 RCP 4.5 et 8.5 : comparaison de la médiane pour la période de référence 1980-2005 et les projections 2025-2050 pour les scénarios RCP4.5 et 8.5

DON	projections	Effet sur le DON
Mars - T°C maximales	↗	↘
Août - Humidité	=↘	=↘
Septembre - T°C maximales	↗	↘

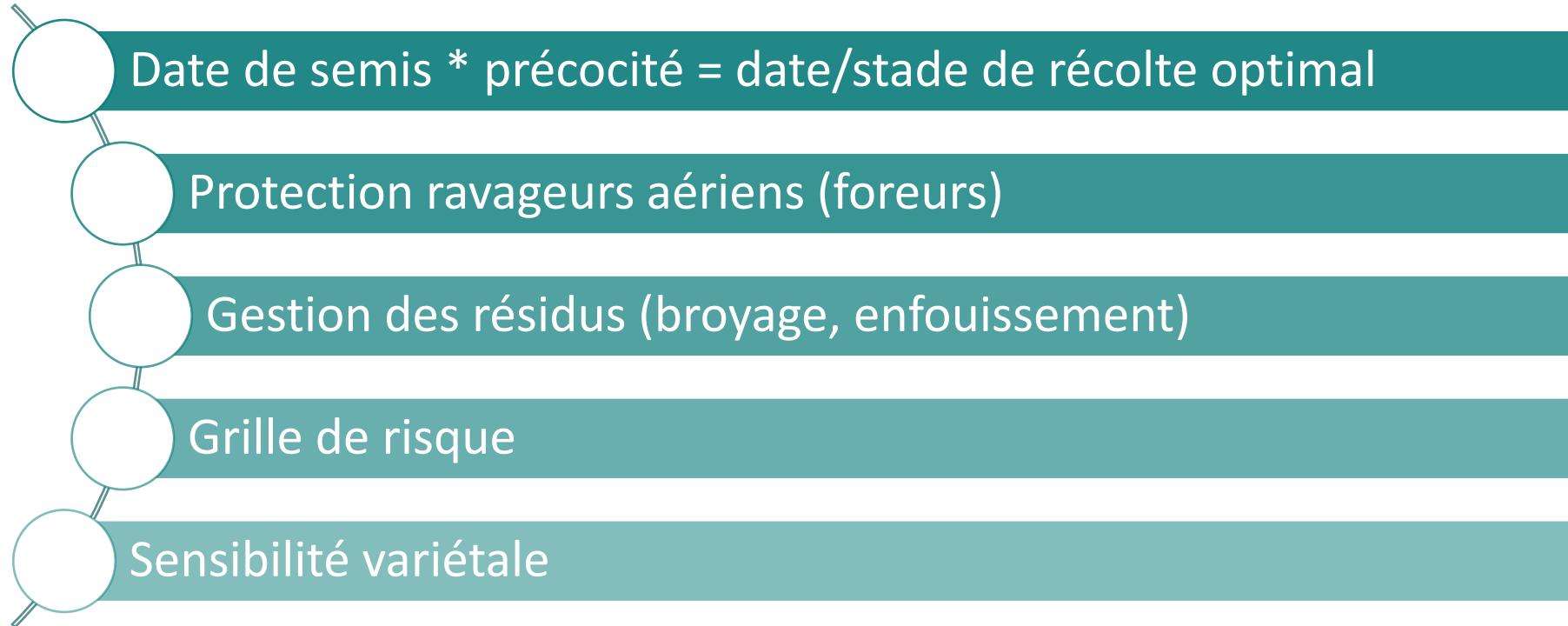
FUMO	projections	Effet sur les Fumonisines
Juillet - T°C moyennes	↗	↗
Octobre - T°C moyennes	↗	↗

AFLA	projections	Effet sur les Aflatoxines
Avril - T°C moyennes	↗	↗
Mai - rayonnement moyen	↗	↗
Juillet - rayonnement moyen	↗	↗



- Evolution globalement homogène sur l'ensemble du territoire
- Interaction avec l'évolution des ravageurs
- Interaction avec l'évolution des pratiques agricoles
- Interaction avec les conditions d'implantation (décalages de cycle)

Conclusion : leviers et outils disponibles en culture



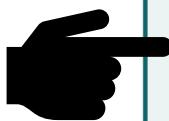
Ne pas oublier les bonnes pratiques de récolte et de stockage :

- Propreté du silo
- Tassement
- Bâchage rapide
- Herméticité du silo
- Désilage

Vous pouvez retrouver toutes ces infos et nos actualités sur ARVALIS - Infos

Newsletters ARVALIS

Choisissez et personnalisez les newsletters que vous souhaitez recevoir : infos techniques de votre région, actualités, formations proposées par ARVALIS...



Le meilleur d'ARVALIS directement dans votre boîte mail

[Créer un compte pour s'inscrire](#)

Déjà inscrit ? [Connectez-vous ici.](#)



Abonnez-vous à la newsletter ARVALIS | Infos pour :

- recevoir **chaque vendredi** l'info technique de votre région
- être alerté de la sortie des résultats d'essais et des **préconisations ARVALIS**
- découvrir la **vidéo** de la semaine
- accéder facilement aux **outils gratuits** utiles au bon moment
- connaître les prochains événements **ARVALIS** près de chez vous