

The logo for ARVALIS features a stylized graphic on the left composed of three overlapping, curved shapes in yellow, teal, and blue. To the right of this graphic, the word "ARVALIS" is written in a bold, teal, sans-serif typeface. A thin, teal horizontal line is positioned directly beneath the text.

ARVALIS



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	systematique	reguliere	occasionnelle		systematique		reguliere	reguliere				
Blé dur	systematique	reguliere	reguliere		systematique		reguliere	reguliere				
Orge de printemps	reguliere	occasionnelle	reguliere		reguliere		reguliere	occasionnelle				
Orge d'hiver	reguliere	occasionnelle	occasionnelle		reguliere		reguliere	occasionnelle				
Maïs	systematique	systematique	reguliere	systematique		reguliere	reguliere					systematique
Seigle	reguliere	reguliere	occasionnelle		systematique		reguliere	?	?	?	?	
Sorgho	reguliere	systematique	occasionnelle				reguliere					systematique
Avoine	systematique	occasionnelle	reguliere		occasionnelle		reguliere	?	?	?	?	
Triticale	systematique	systematique	occasionnelle		systematique		reguliere	occasionnelle				
Enjeu toxicologique												

Surveillance préconisée

besoin non démontré

occasionnelle

régulière

systematique



Certains champignons produisent des mycotoxines au champ ou au silo

Mycotoxines au champ

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>Byssochlamys nivea</i>	Traumatisme, défaut d'aérobiose
Trichothécènes	Vomitoxine, DON, Nivalenol, Fusarenone X (Trichothécènes B) T2 toxine, HT2 toxine, Diacetoxyscirpenol DAS (Tricho A)	<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



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



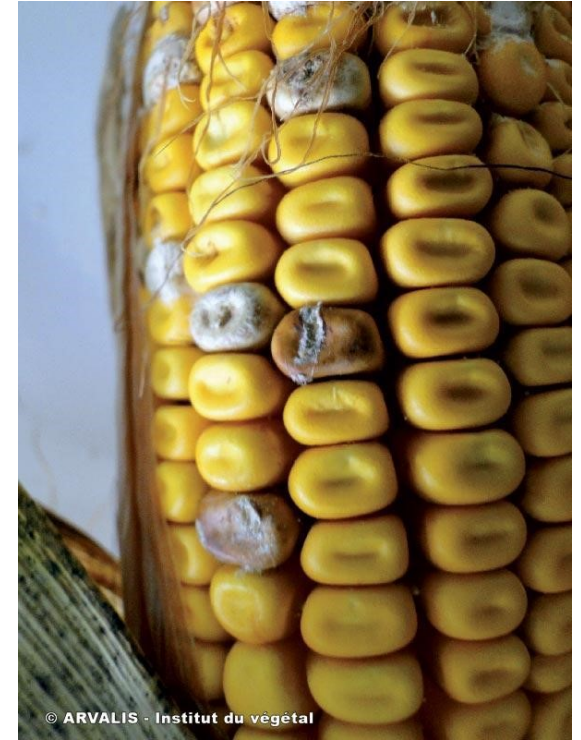
Quizz



Fusarium graminearum



Fusarium section liseola



Aspergillus flavus



Quizz

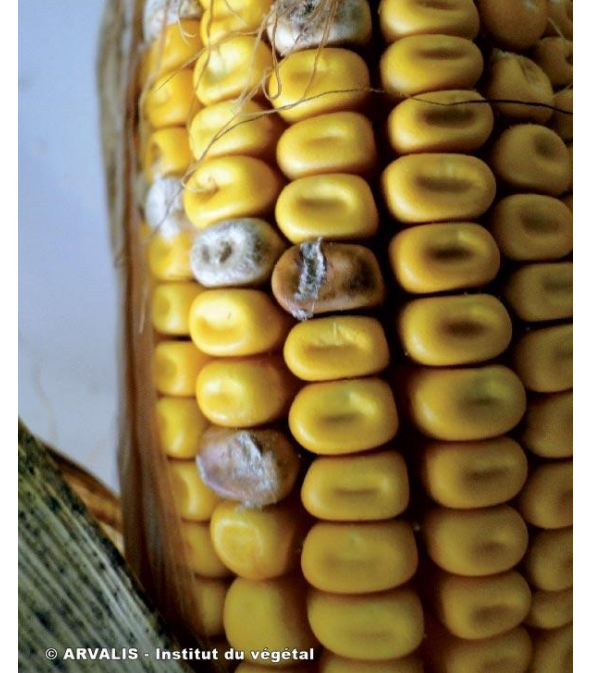
Aspergillus flavus



Fusarium graminearum



Fusarium section liseola



 *DON / ZEA*

 *Aflatoxines*

 *Fumonisines*



Quizz

Aspergillus flavus



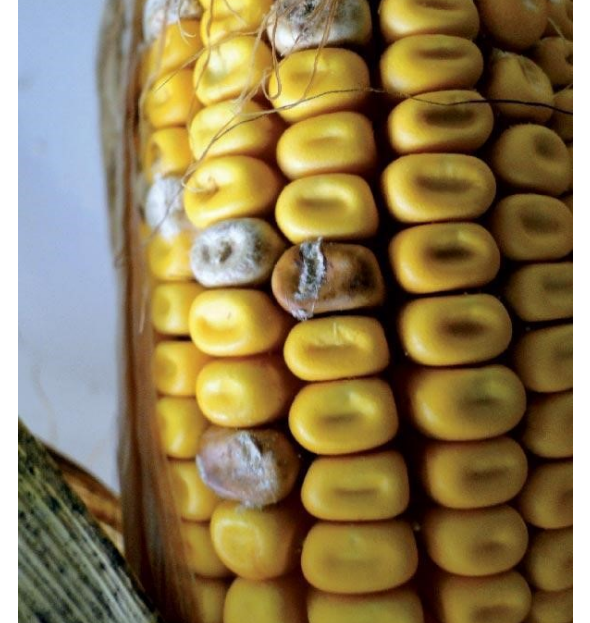
Aflatoxines

Fusarium graminearum



DON / ZEA

Fusarium section liseola



Fumonisin



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 :

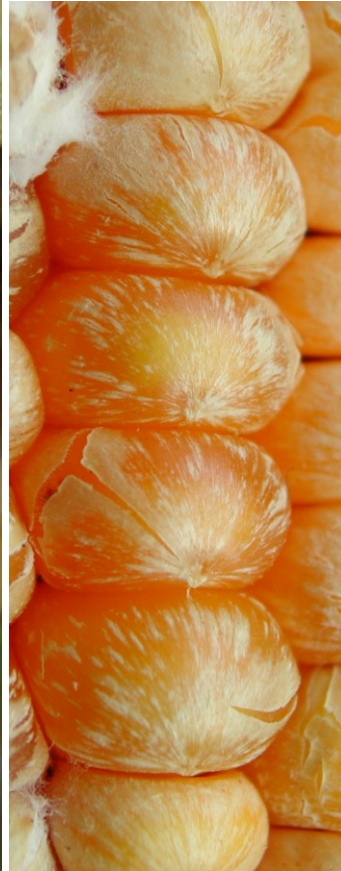
- ❖ Répartition aléatoire sur l'épi

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 (µg/kg) des mycotoxines susceptibles d'être présents sur maïs grain et fourrage

Réglementation et abaissement
du seuil à 100µg/kg



abaissement du seuil
réglementaire à 1500µg/kg



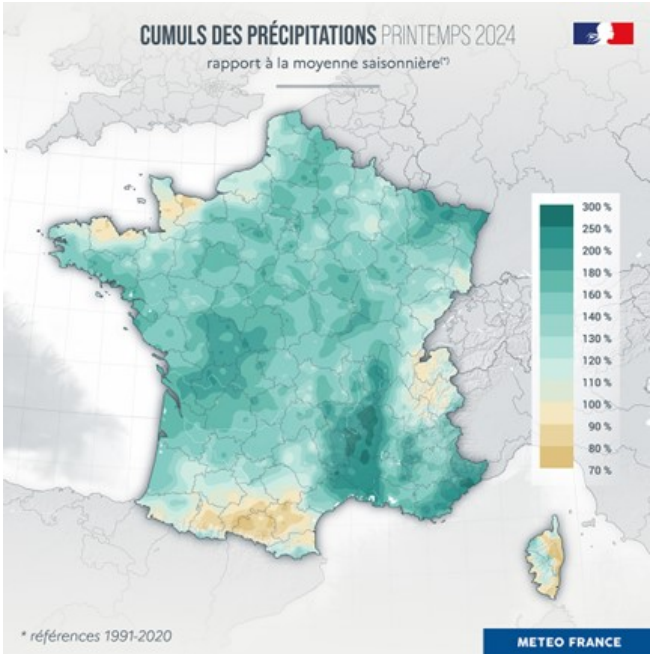
Seuils publiés, applicables
au 1^{er} juillet 2024

	Abréviation	Famille de mycotoxines	Réglementation*/ recommandation** a. humaine (µg/kg)		Réglementation*/ recommandation** a. animale (µg/kg)
HT2 Toxine	HT-2	Trichothécènes B (TCT B)	100*		500**
T2 Toxine	T-2		(somme T2+HT2)		(somme T2+HT2)
Deoxynivalenol	DON		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*	10* (somme B1, B2, G1, G2)	20*
Aflatoxine B2	AFB2				
Aflatoxine G1	AFG1				
Aflatoxine G2	AFG2				



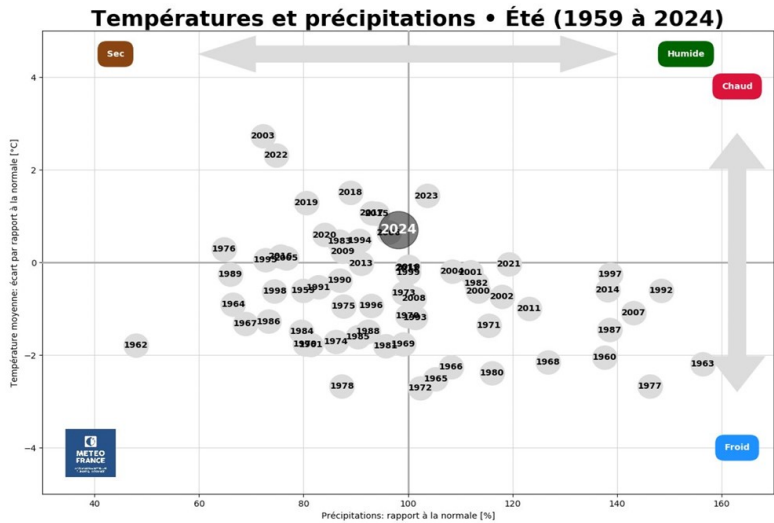
2024, une année atypique ?

Printemps pluvieux



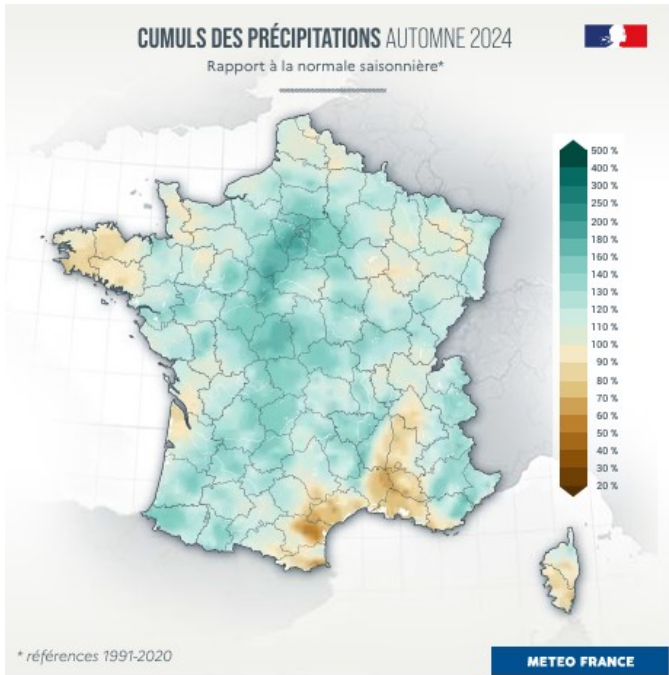
Semis tardifs

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



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

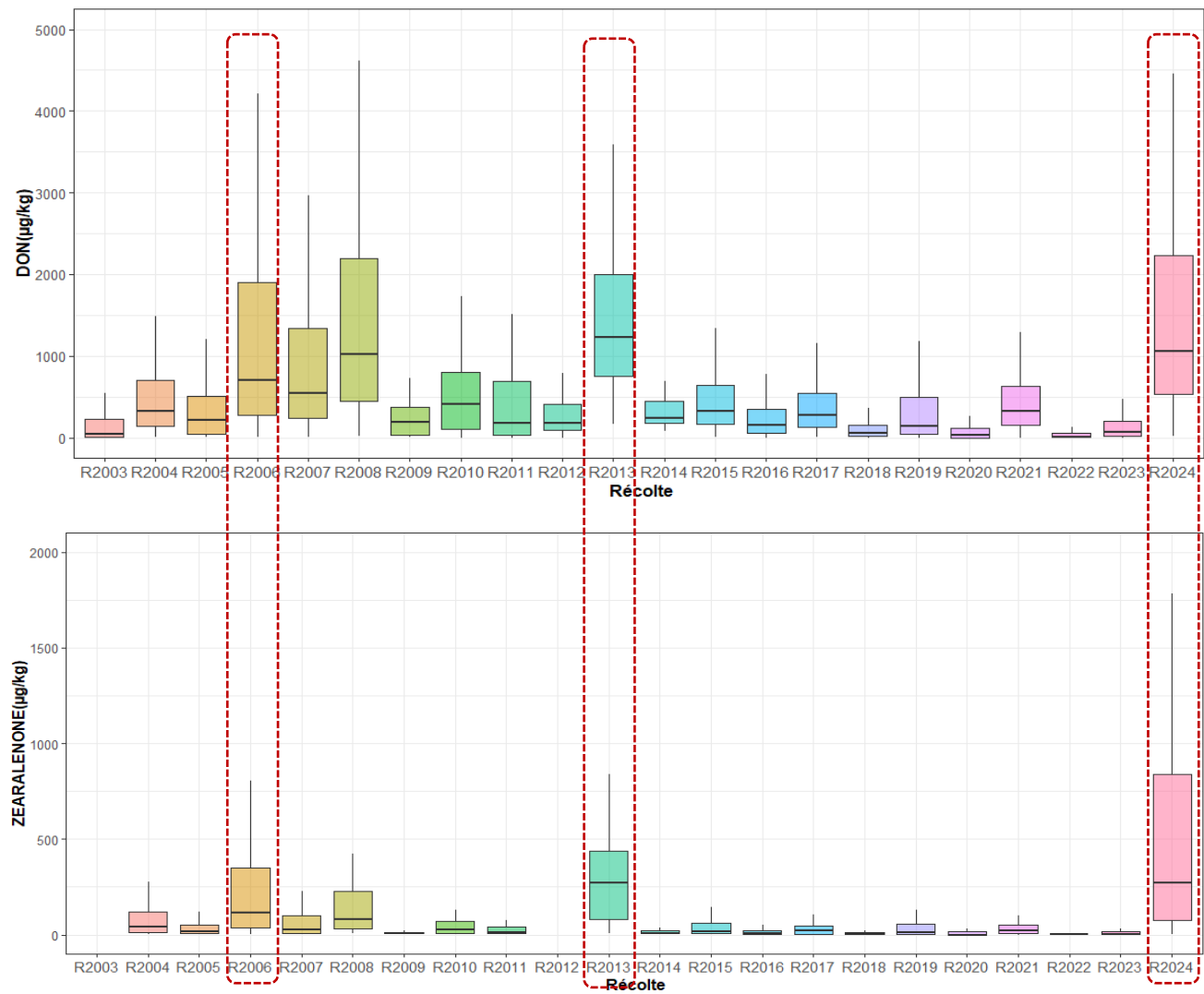
Un automne doux mais pluvieux



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**

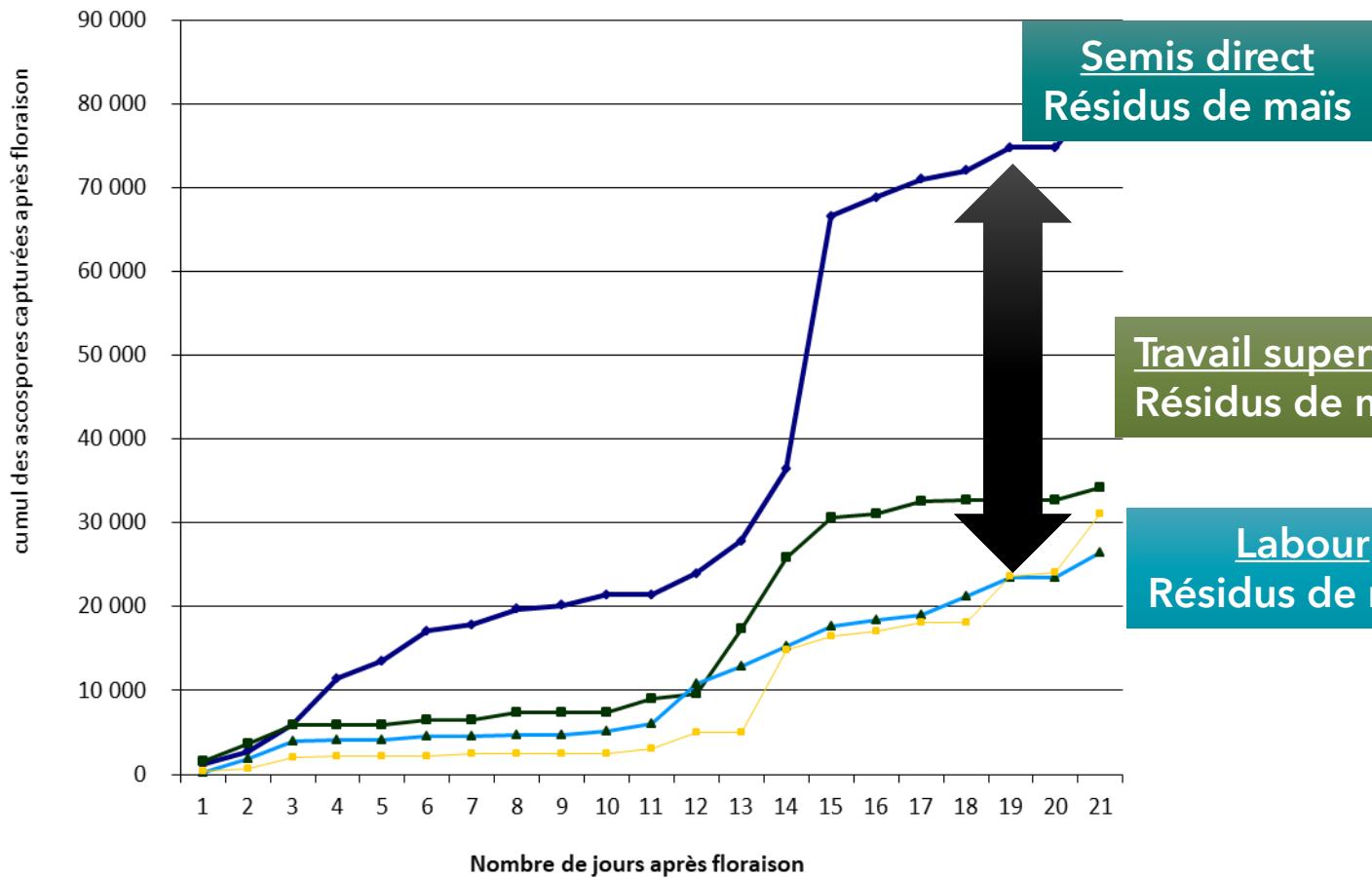
EMPECHER LE DEVELOPPEMENT
DE MYCOTOXINES

TOLERANCE VARIETALE



Gestion des résidus

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

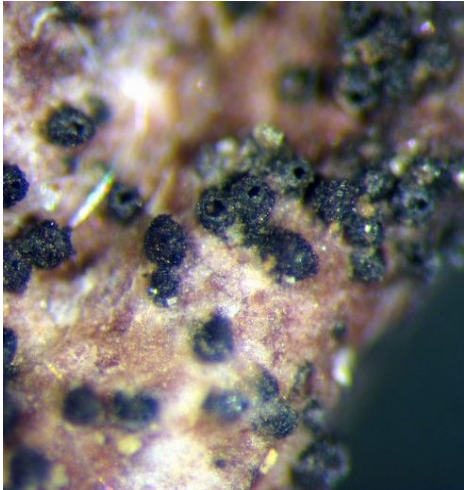


Source : ARVALIS, institut du végétal - Essai Blé tendre, 2003

Périthèces noirs très fréquents sur résidus



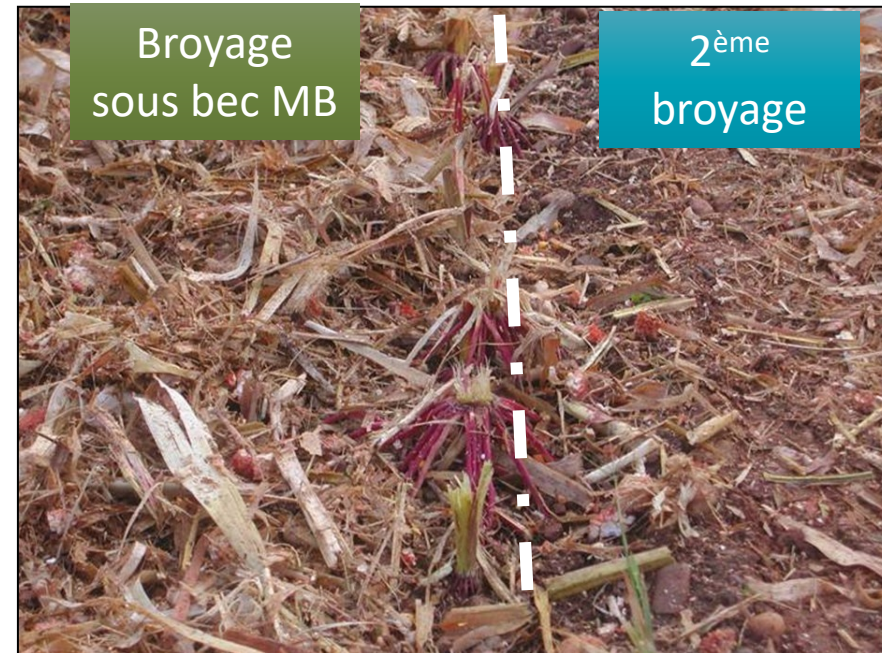
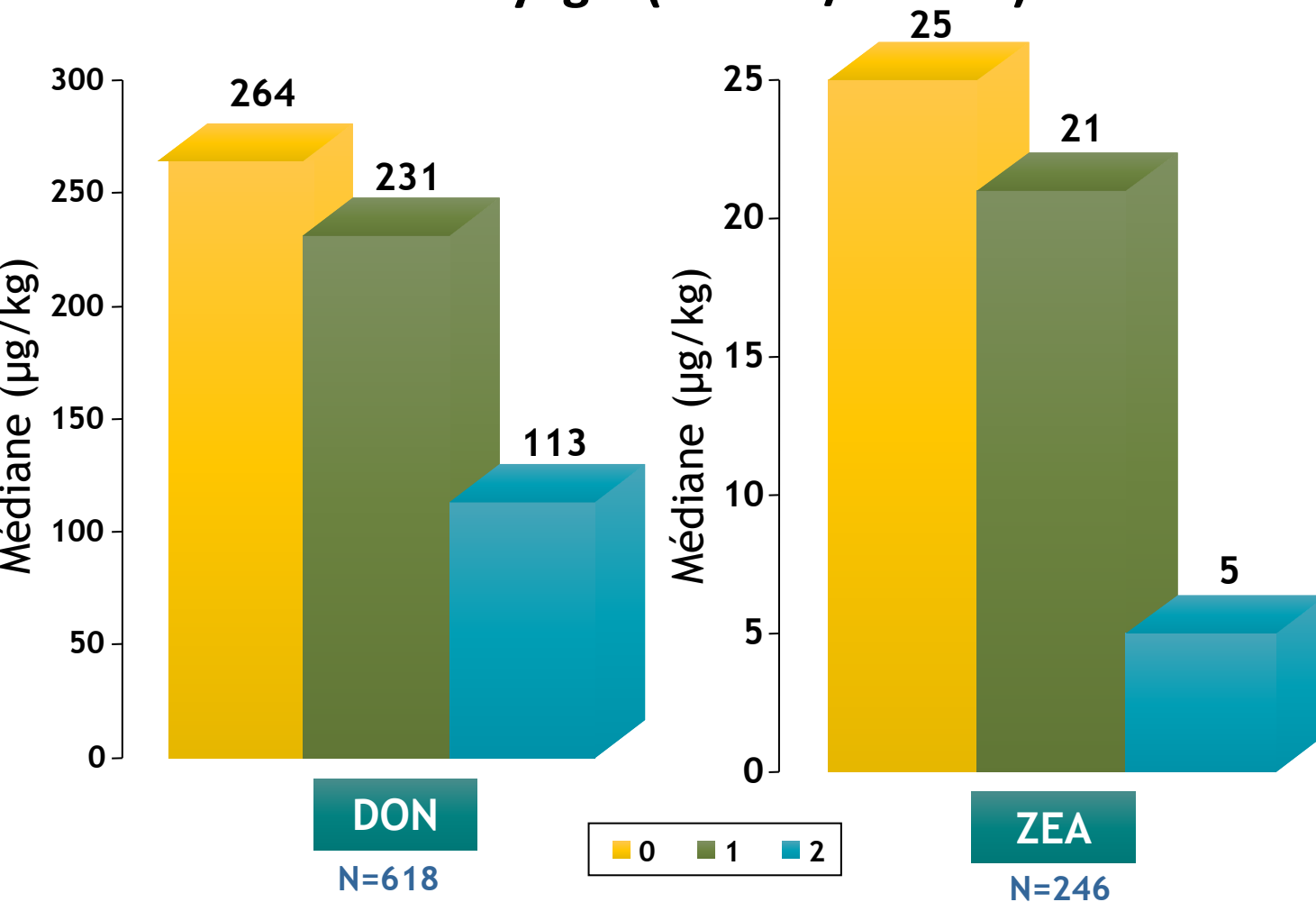
Après maturation les périthèces déchargent les ascospores et se vident :



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)



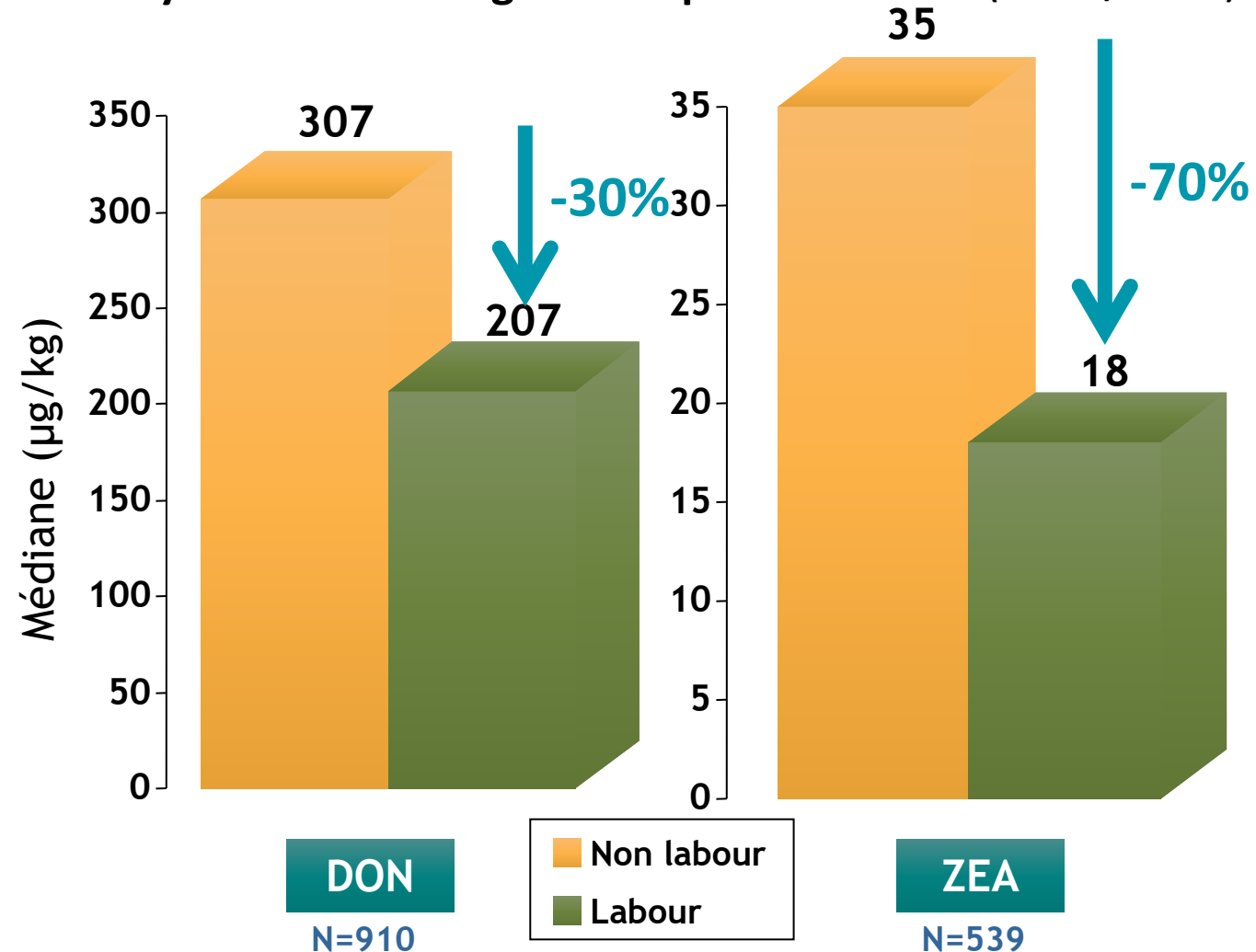
En système sans labour :

- 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%**

Source : Enquêtes parcellaires 2003-2005

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

Source : Enquêtes parcellaires 2003-2005

Limiter les portes d'entrée par les foreurs

Les insectes

Pyrale



Sésamie



Héliothis

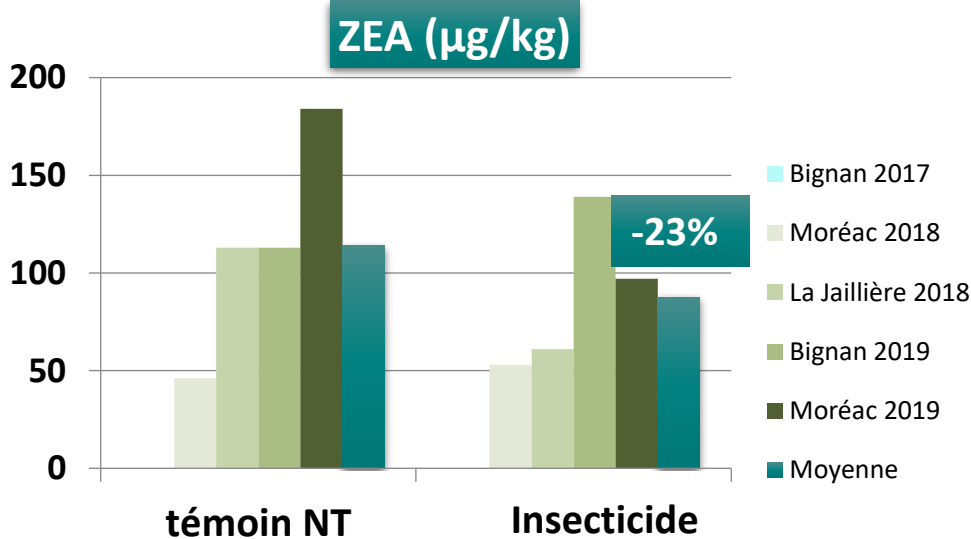
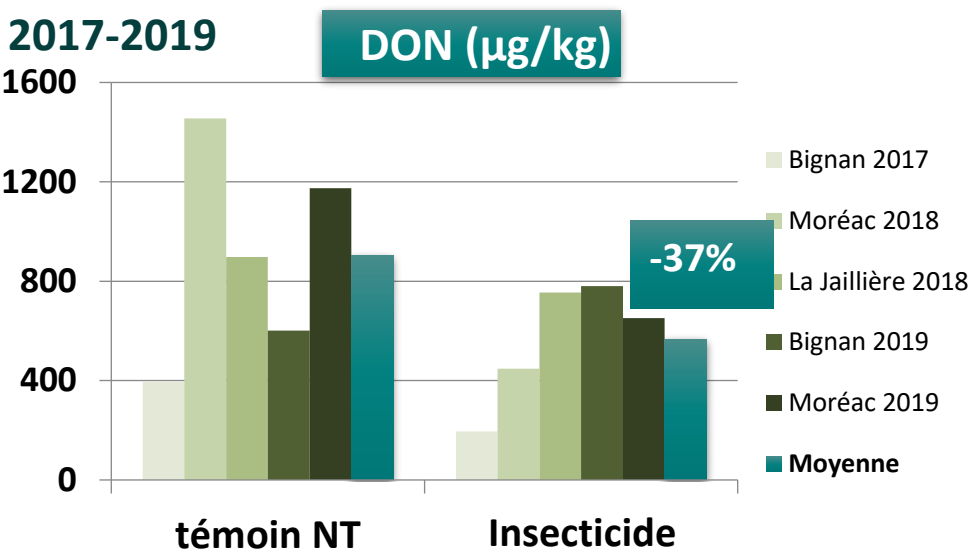


Portes
d'entrée
pour les
Fusarium



5 essais Arvalis

2017-2019



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

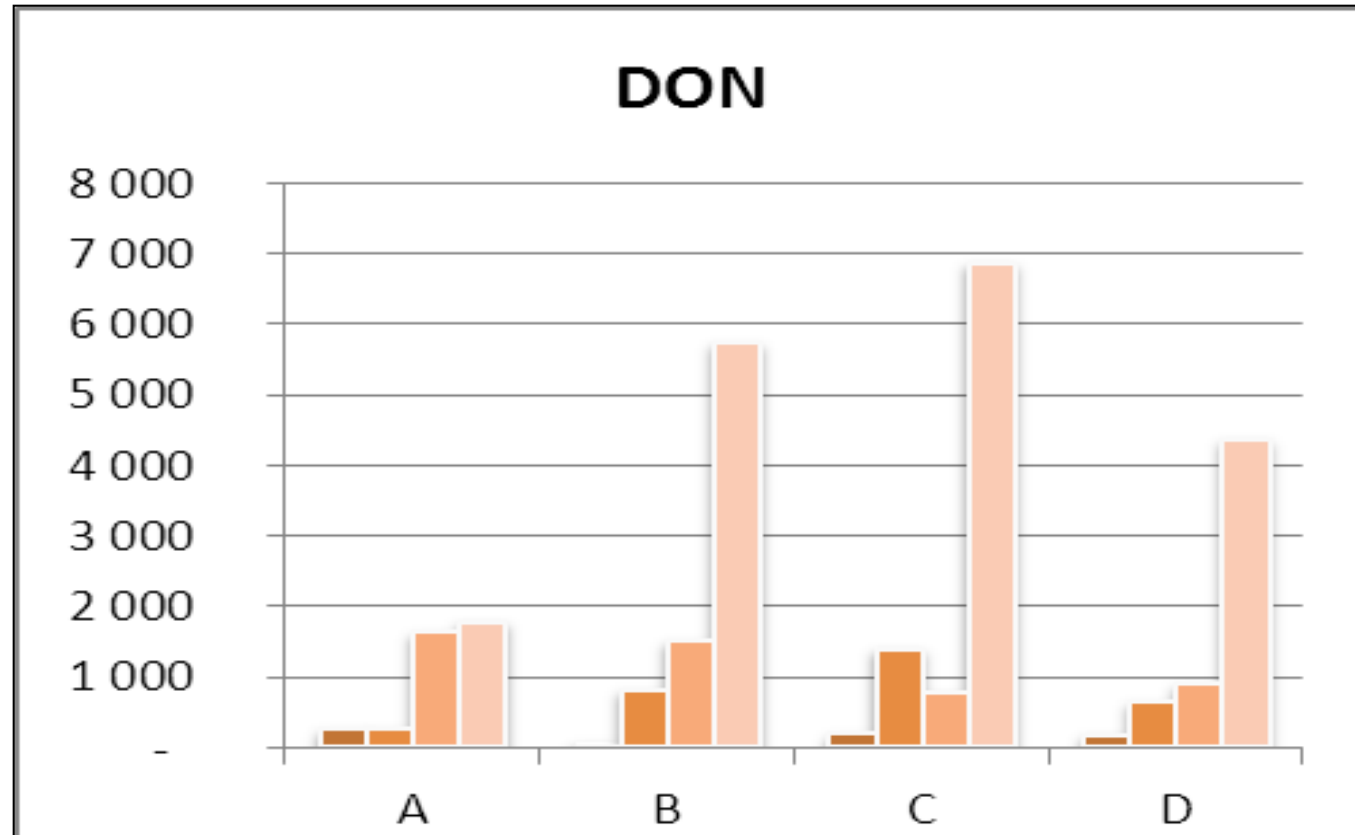
EMPECHER LE DEVELOPPEMENT
DE MYCOTOXINES

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)

Date de semis	Date d'arrivée à 32% de matière sèche						
	20-août	30-août	1-sept.	10-sept.	20-sept.	30-sept.	1-oct.
1-avr.	1306	1432	1453	1550	1648	1742	1751
10-avr.	1276	1394	1417	1507	1625	1710	1719
20-avr.	1232	1344	1369	1475	1566	1654	1667
1-mai	1179	1290	1316	1415	1494	1569	1575
10-mai	1120	1231	1257	1338	1429	1503	1509
20-mai	1050	1161	1188	1267	1358	1432	1438
1-juin	943	1054	1081	1172	1263	1338	1344

Données historiques Arvalis Météo France 2004 - 2024

AUVERGNE

SAINT GERVAIS D'Auvergne (63)

Date de semis	Date d'arrivée à 32% de matière sèche						
	20-août	30-août	1-sept.	10-sept.	20-sept.	30-sept.	1-oct.
1-avr.	1113	1223	1245	1365	1464	1540	1545
10-avr.	1093	1207	1229	1344	1443	1519	1524
20-avr.	1076	1188	1210	1329	1431	1505	1511
1-mai	1036	1148	1170	1290	1392	1466	1472
10-mai	996	1109	1131	1250	1353	1429	1436
20-mai	960	1072	1094	1214	1309	1383	1387
1-juin	895	1015	1035	1131	1228	1304	1310

Données historiques Arvalis Météo France 2004 - 2024

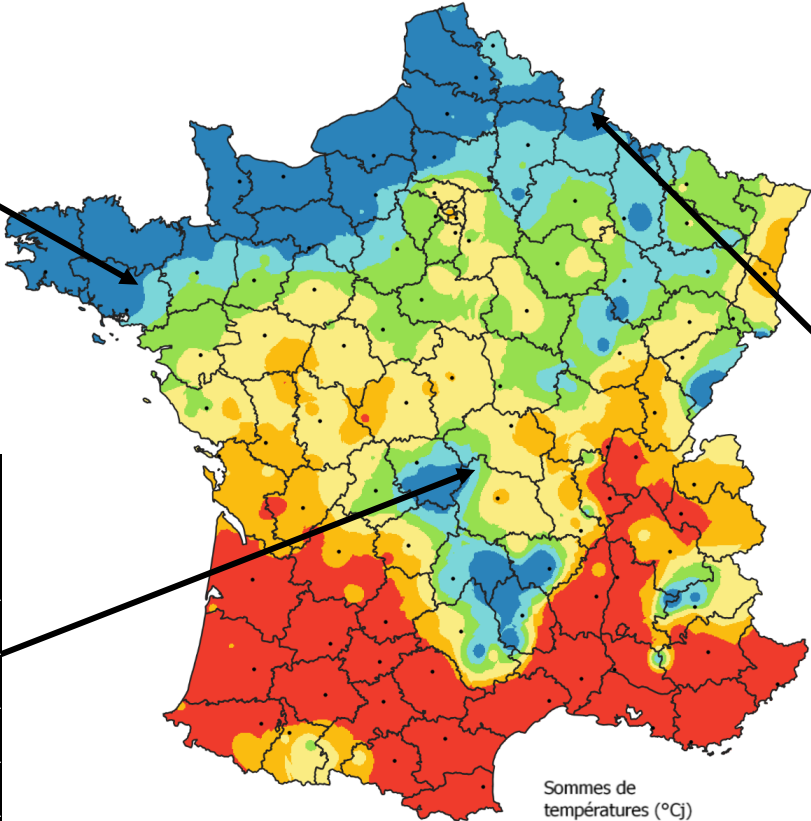
Code groupe	Dénomination	Besoins en degrés-jours jusqu'à 32% MS
S0	Très Précoce	< 1425
S1	Précoce	1415 à 1500
S2	Demi-Précoce	1490 à 1570
S3	Demi-Précoce- à Demi-Tardif	1560 à 1700

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

CHARLEVILLE-MEZIERES (8)

Date de semis	Date d'arrivée à 32% de matière sèche						
	20-août	30-août	1-sept.	10-sept.	20-sept.	30-sept.	1-oct.
1-avr.	1191	1292	1311	1402	1475	1551	1556
10-avr.	1184	1290	1311	1399	1465	1540	1545
20-avr.	1139	1239	1262	1369	1444	1504	1508
1-mai	1095	1202	1221	1315	1386	1463	1467
10-mai	1049	1155	1173	1261	1325	1404	1408
20-mai	991	1096	1111	1202	1271	1346	1357
1-juin	890	993	1011	1104	1190	1258	1264

Données historiques Arvalis Météo France 2004 - 2024



ARDENNES

Sommes de températures (base 6-30°C) entre le 25/04 et le 10/09
Médiane 20 ans (2003-2022)

- Sommes de températures (°Cj)
- <= 1415
 - 1415 - 1485
 - 1485 - 1555
 - 1555 - 1650
 - 1650 - 1745
 - > 1745

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

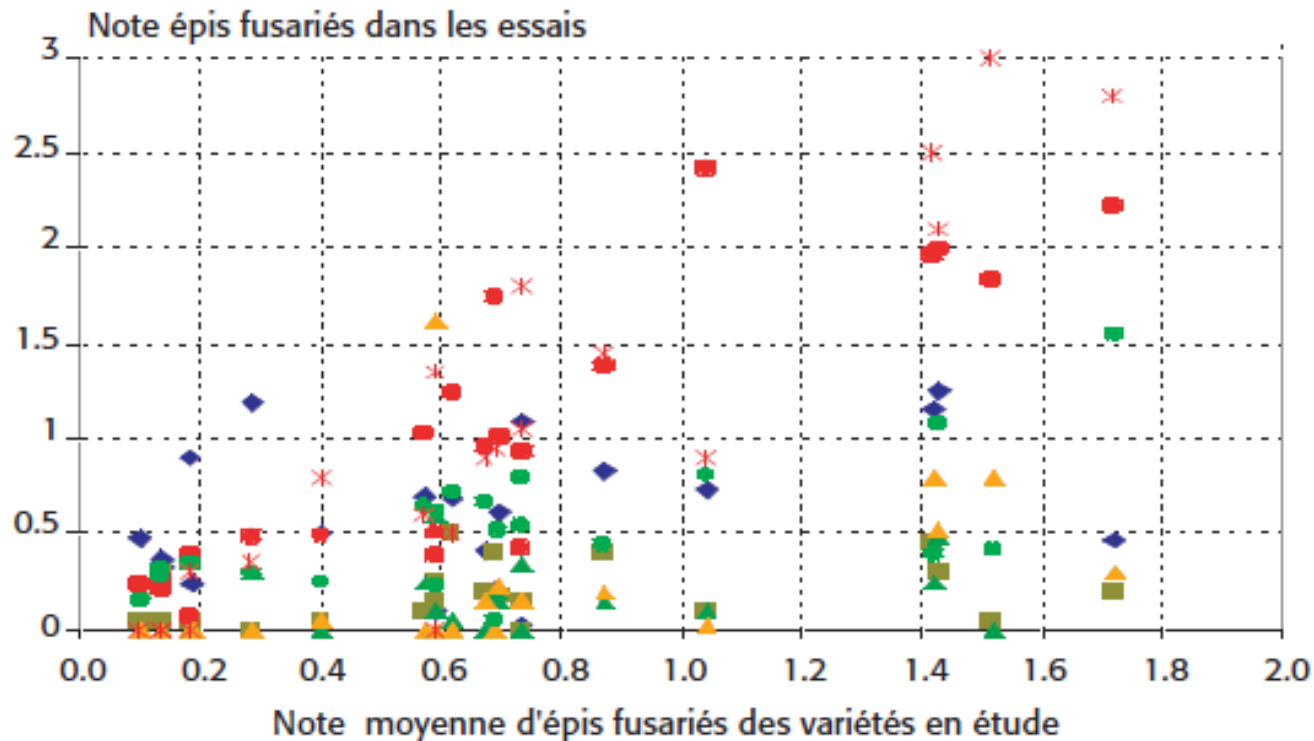
TOLERANCE VARIETALE



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.



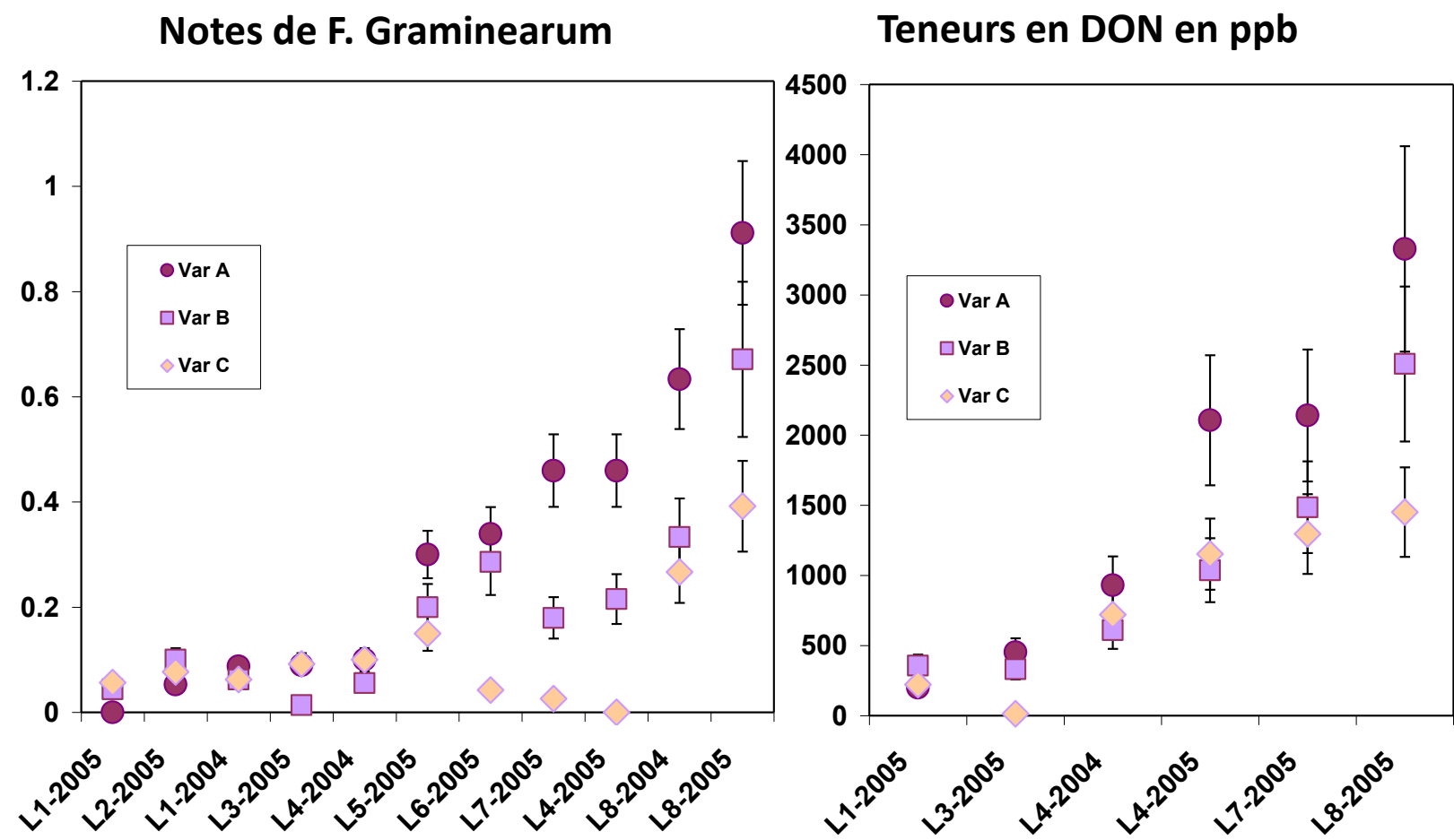
En abscisse : notes des variétés en étude, obtenues en moyenne sur 7 essais

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



Lorgeou, colloque fusa, 2006

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 Toxinogènèse
<i>F. langsethiae</i>	T2, HT2	25°C	20 °C
<i>F. graminearum</i>	DON, Zearalenone	25°C	25°C
<i>F. Poae</i>	Niv, T2, HT2, BEA, ENN	25°C	27.5°C
<i>F. sporotrichoïdes</i>	T2, HT2, BEA	25-30°C	20-25°C
<i>F. verticillioïdes</i>	Fumonisines	25-30°C	20-25°C
<i>A. flavus</i>	Aflatoxines	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 →						D
		Tardive	A	B	B	C	A	B	C	D
	Oui	Normale	A	B	B	C	A	B	C	D
		Tardive	A	B	C	D	B	C	D	E
INSUFFISANTE	Non	Normale	A	B	C	C	B	B	C	D
		Tardive	A	B	C	D	B	B	D	E
	Oui	Normale	A	B	C	C	B	C	D	D
		Tardive	B	B	C	D	B	C	D	E

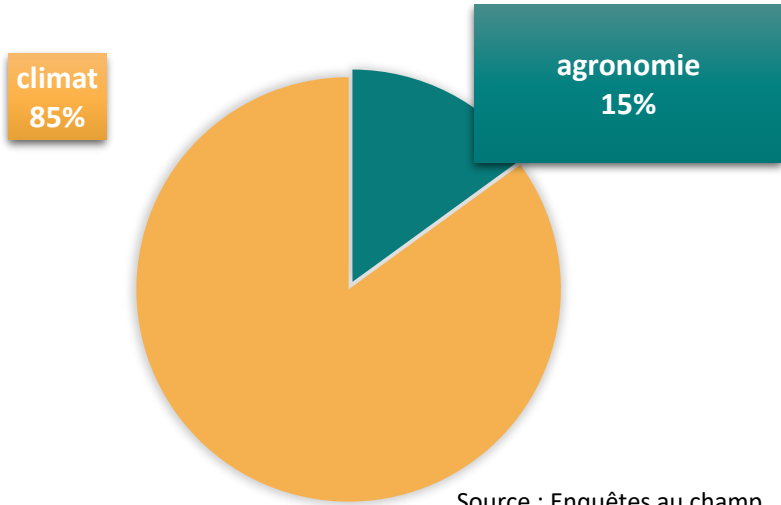
Facteur réduisant le risque DON

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



Source : Enquêtes au champ 2003-2020 - 2032 parcelles

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

Malgré la maitrise 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)

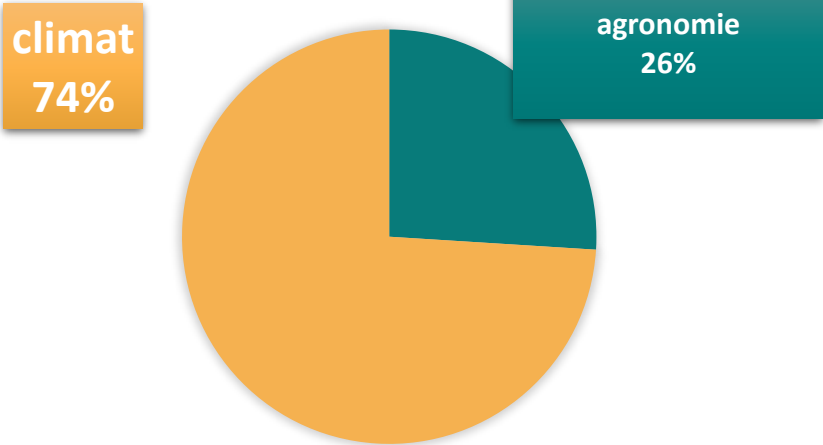
RISQUE « FUMONISINES » : les températures moyennes de juillet et octobre sont décisives

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	A	A	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.*

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

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

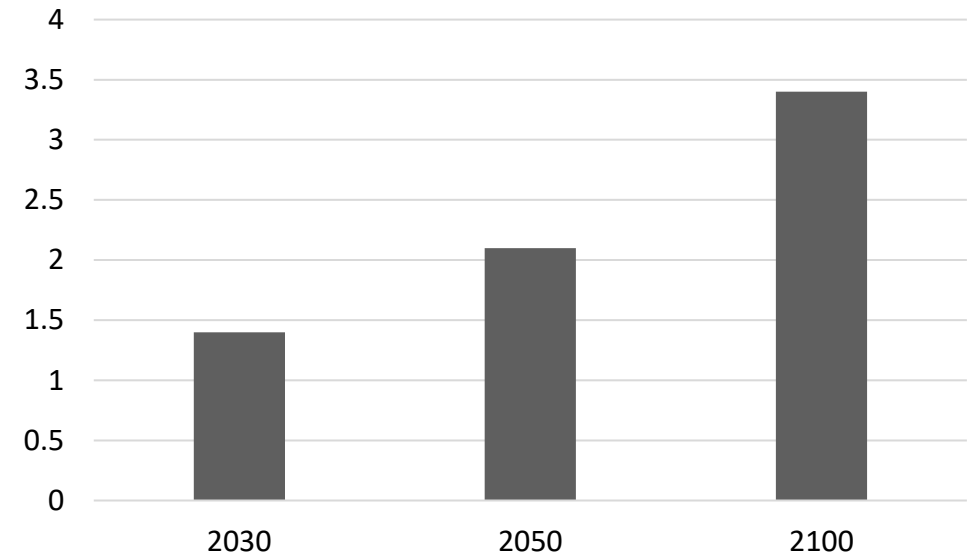
Le climat est moins prépondérant sur le risque FUMO que le risque DON, mais reste le 1^{er} facteur explicatif du risque

Quelle évolution prévoir des mycotoxines avec le changement climatique ?

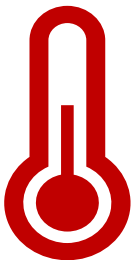
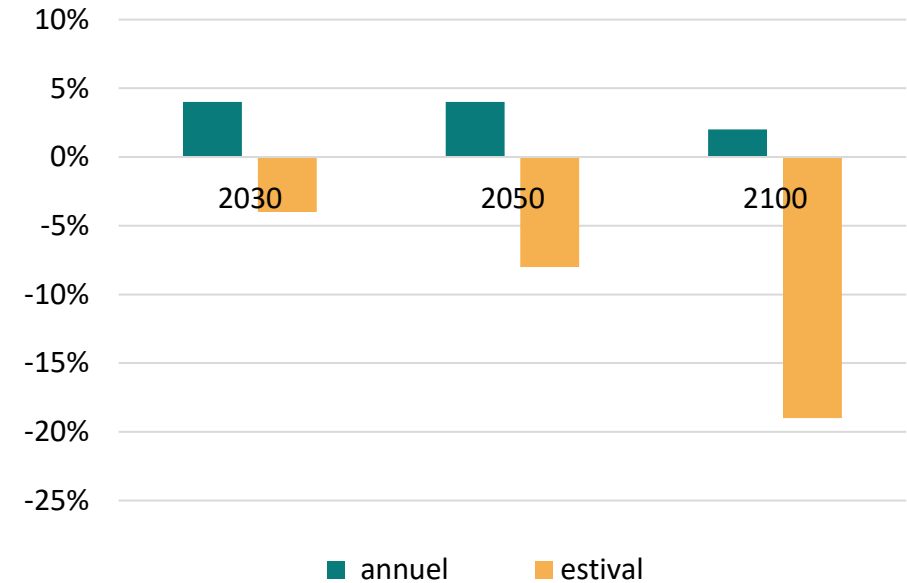


Changement climatique France

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



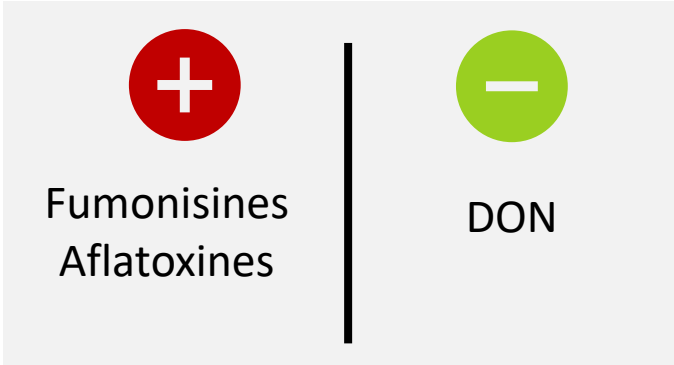
Maïs : projections climatiques

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 scénarii 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	↗	↗

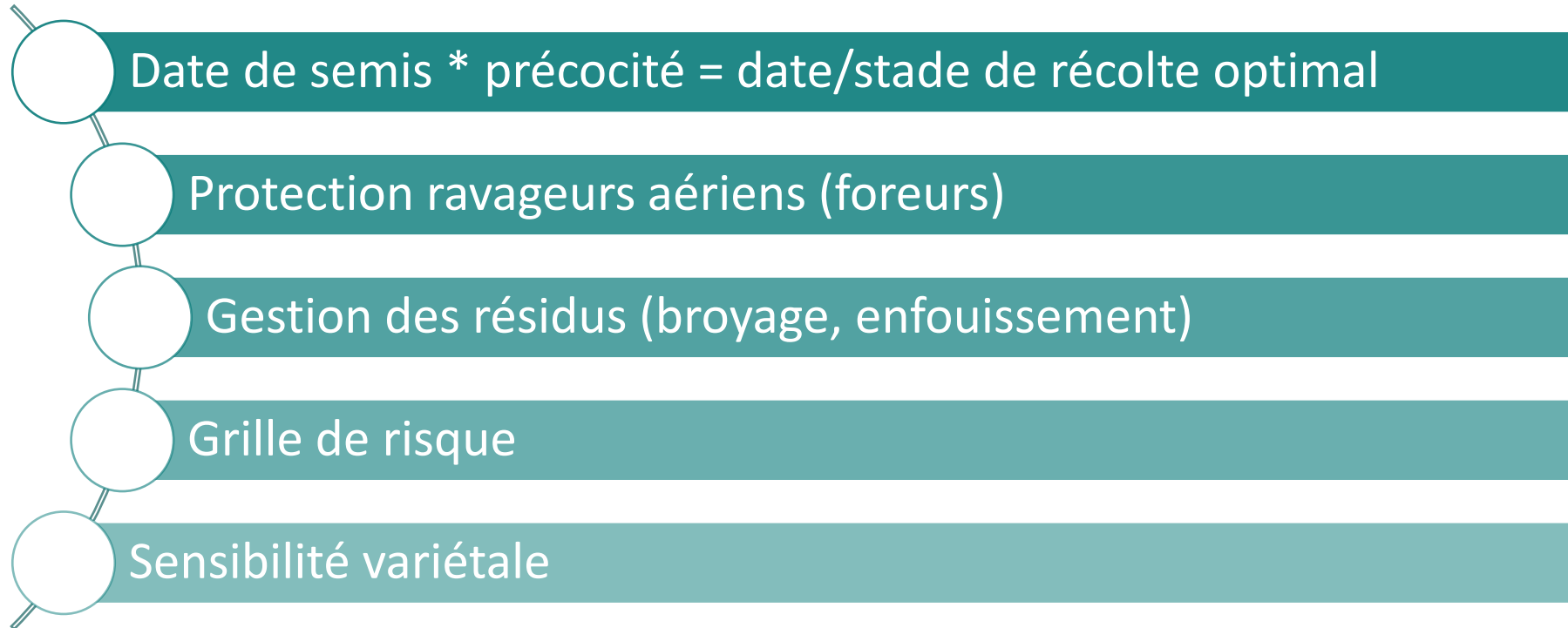
AFLA	projections	Effet sur les Aflatoxines
Avril - T°C moyennes	↗	↗
Mai – rayonnement moyen	↗	↗
Juillet – rayonnement moyen	↗	↗



- 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



ARVALIS | Infos

Bonjour Audrey,

26 SEPTEMBRE 2025

À la une



Résultats d'essais

JNO : zoom sur le comportement des variétés de blé et d'orge

Le choix de la variété semée est important dans la réflexion de la stratégie de protection...

