

# Incidence de la fusariose en blé tendre dans les conduites agriculture biologique et faibles intrants : un exemple en France basé sur un suivi multilocal de 13 ans en essais rendement

Rémi Perronne, Bernard Rolland  
(INRAE, UMR IGEPP Rennes, équipe MVI)

**sur la base d'un travail collectif :**

**Rolland, B., Deffains, D., Delarue, P., Gilles, S., Le Campion, A., Monnier, A., Morlais, J-Y., Navier, H., Pichard, A., Walczak, P., Perronne, R.** submitted. Incidence of *Fusarium graminearum* in organic and low-input farming systems on bread wheat grains over a 13-year period in France.

# Introduction générale

- Objectifs réglementaires et demande sociétale de réduction des pesticides et d'autres intrants de synthèse.
- Augmentation de la demande par les consommateurs de productions certifiées agriculture biologique (AB).
- En blé tendre, les grains peuvent être contaminés par différents genres fongiques, notamment *Fusarium* head blight (FHB), cette maladie provenant d'un complexe d'espèces des genres *Microdochium* et *Fusarium*, pouvant produire différentes mycotoxines.
- Certaines mycotoxines (parmi lesquelles le deoxynivalenol et le zearalenone), produites notamment par *Fusarium graminearum*, sont soumises à régulation et ne doivent pas dépasser une limite définie pour la consommation humaine (Commission Regulation (EC) No 1881/2006).

**Des spéculations ont porté (et portent toujours) sur le niveau de contamination potentiellement plus élevé en mycotoxines produites par les espèces de *Fusarium*, en l'absence de traitement fongicide en végétation, dans le mode de production en agriculture biologique (AB) par rapport au modèle de production « conventionnel » (CONV)**

## Importance des bioagresseurs du blé tendre d'hiver et positionnement des méthodes de lutte (tiers nord-ouest France 2010-2016)

	principaux bioagresseurs	dommages	lutte chimiqu	résistance variétale	lutte agronomique	stimulateurs défense	lutte biologique	
1	rouille jaune	+++	+++	+++	+	-	-	
1	septoriose ( <i>M. graminicola</i> )	+++	++	++ / +	++	-	-	
3	rouille brune	++	+++	+++	+	-	-	
3	piétin-verse	++	++	+++	++	-	-	
5	piétin-échaudage	++	+	-	+++	-	-	
6	fusariose (épis)	+	+	++	+++	-	-	
7	cécidomyies	++	+	++	+	-	-	
8	pucerons (VJNO)	+	+++	-	++	-	-	
8	pucerons (épis)	+	++	-	+	-	-	
10	mosaïque	++	-	++	++	-		
11	helminstosporiose	+	++	+	++	-	-	
12	oïdium	+	++	+	++	-	-	
13	carie	+	+++	+	+++	-	+	
		importance : +++ forte, ++moyenne, + faible, - sans effet						

d'après le livre « Agriculture et alimentation durables, Trois enjeux dans la filière céréales », Gilles Charmet et al., 2017, Éditions Quæ)

# Questionnement

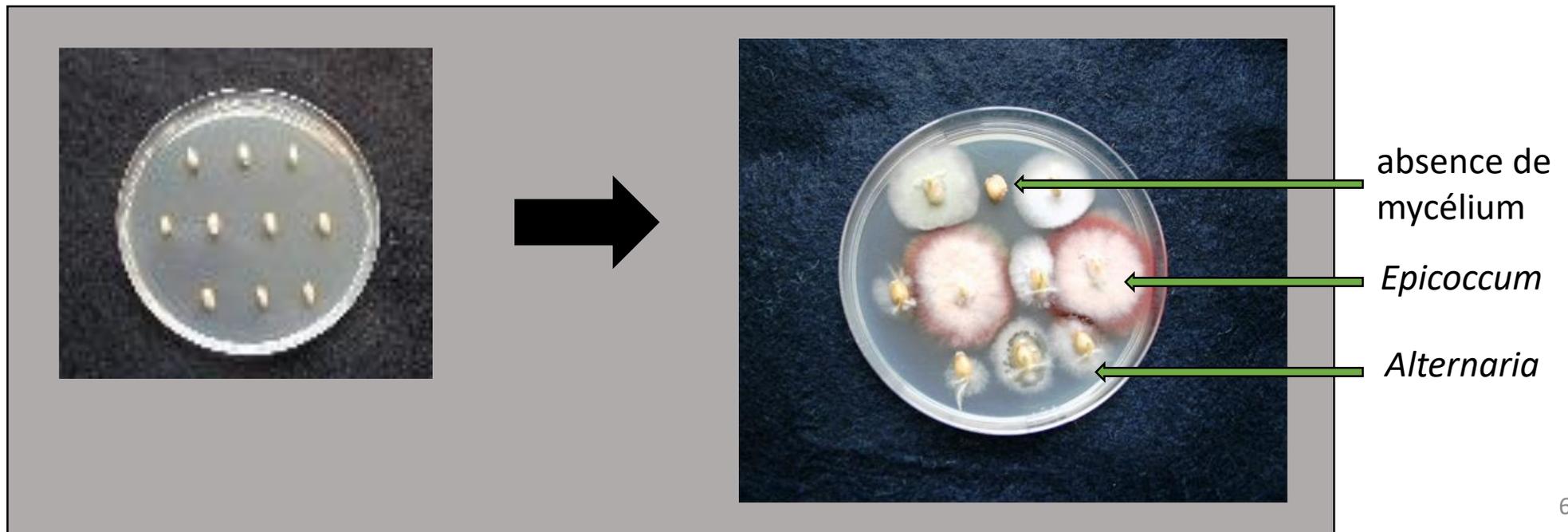
- En l'état des connaissances, le modèle de production AB permet de maintenir un faible niveau de contamination en mycotoxines des grains, comparable ou plus faible qu'en modèle « CONVENTIONNEL ».
- Cependant, la plupart des études ont porté sur le niveau de différentes mycotoxines en fonction du modèle de production, mais très peu d'études ont porté sur l'incidence du genre *Fusarium* et d'autres genres fongiques présents sur les grains, et ces dernières études (Lazzaro et al. 2015; Lenc 2015) ne portaient alors que sur un petit nombre d'années et de génotypes étudiés.
- Dans notre cas, nous avons étudié, durant 13 ans, sur plusieurs sites d'essais rendement INRAE et Agri-Obtentions, et pour une gamme de génotypes de blé tendre d'hiver, à la fois en conduite CONV-FI (faibles intrants) et AB, l'incidence de 4 genres fongiques présents sur les grains de blé post-récolte afin de répondre aux questions :
  - (1) **L'incidence du genre *Fusarium* était-elle fréquemment élevée sur les grains de blé tendre au cours de la période et entre les sites dans les systèmes en agriculture conventionnelle (FI) et biologique (AB) ? D'autres genres fongiques ont-ils été plus fréquemment observés sur les grains de blé ?**
  - (2) **Dans quelle mesure l'année, le site, le génotype et leurs interactions expliquent-ils les différences d'incidence fongique du genre *Fusarium* ainsi que des autres genres sur les grains de blé tendre dans les systèmes CONV-FI et AB ?**

# Matériel et méthodes – démarche au champ

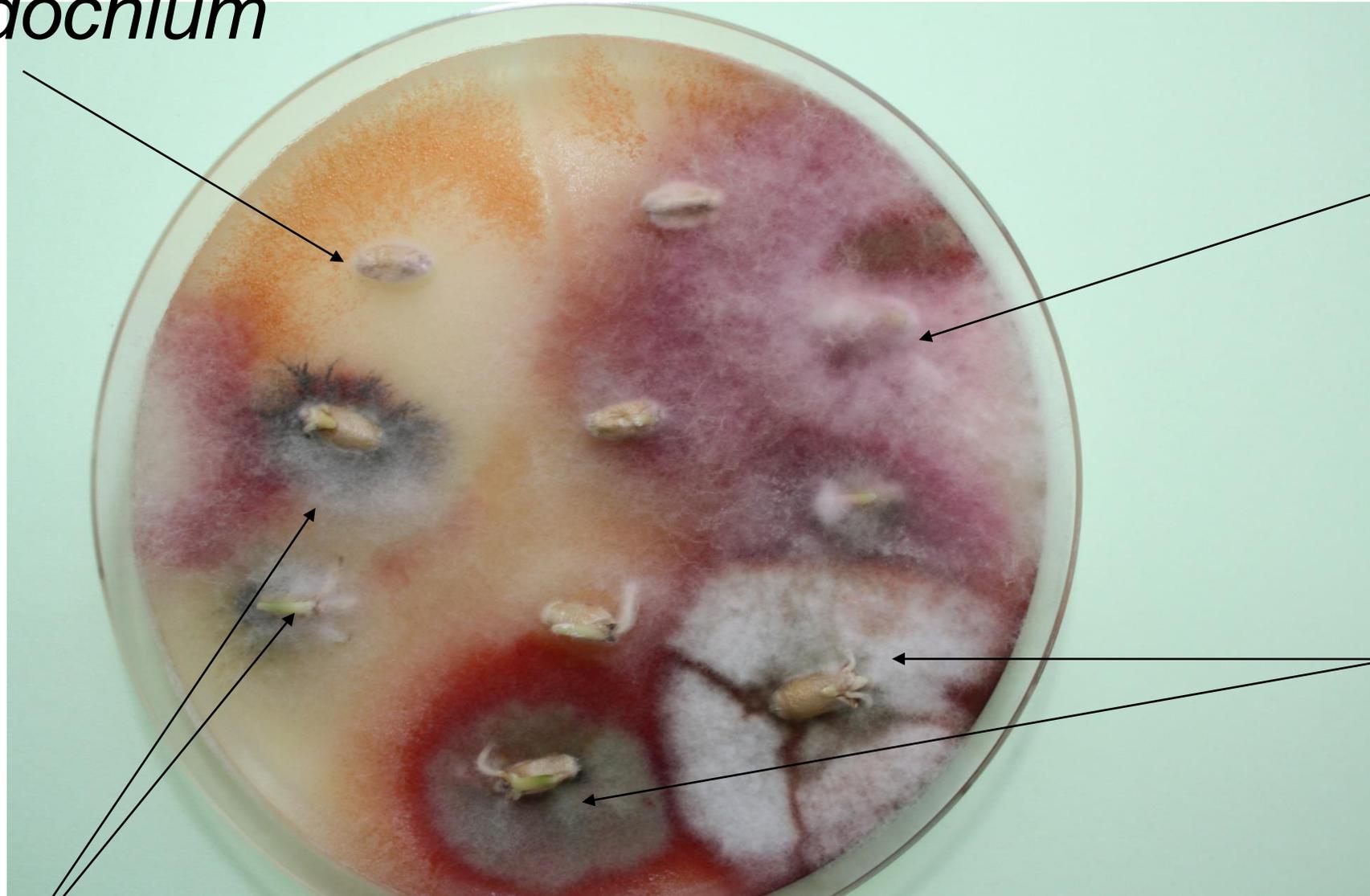
- Période : 2007-2019
- Régions : Bretagne, Ile-de-France, Poitou-Charentes
- Conduites des **essais rendement INRA et Agri-Obtentions** : CONV-FI (Faibles Intrants) du programme de sélection et AB du programme de sélection et réseau ITAB (les sites AB sont à proximité des sites CONV-FI, site AB en Poitou-Charentes non utilisé car seulement deux campagnes)
- Méthodologie échantillonnage : en conditions de champ, sur une liste représentative de génotypes de blé tendre d'hiver des conduites FI et AB, la liste de génotypes a évolué dans le temps compte- tenu de la durée du suivi, et seuls les génotypes présents au moins 2 ans ont été conservés
  - 34 génotypes en FI (289 échantillons au total)
    - > 7 années x 3 sites x 26 génotypes retenus pour l'analyse statistique
  - 14 génotypes en AB (155 échantillons au total)
    - > 11 années x 2 sites x 13 génotypes retenus pour l'analyse statistique
- Grains récoltés à maturité, sous-échantillon de la récolte des **essais rendement** conservé dans sacs en papier à température ambiante avec 13-15 % d'humidité et caractérisés 6 mois plus tard

# Matériel et méthodes – caractérisation d'après Laurent Saur et Maxime Trottet (Inra Rennes)

- 100 grains choisis par génotype, désinfectés en surface, répartis sur du potato dextrose agar dans 10 boîtes de Pétri distinctes et incubés durant 5 jours à température ambiante et lumière continue
- Chaque colonie fongique est identifiée sur la base de critères de culture et morphologiques afin de distinguer 4 genres : *Alternaria*, *Epicoccum*, *Fusarium* et *Microdochium*, suivant les descriptions de Pitt & Hocking (1997)



*Microdochium  
nivale*



*Fusarium  
graminearum*

*Epicoccum*

*Alternaria*

# Résultats - représentation graphique en Faibles intrants

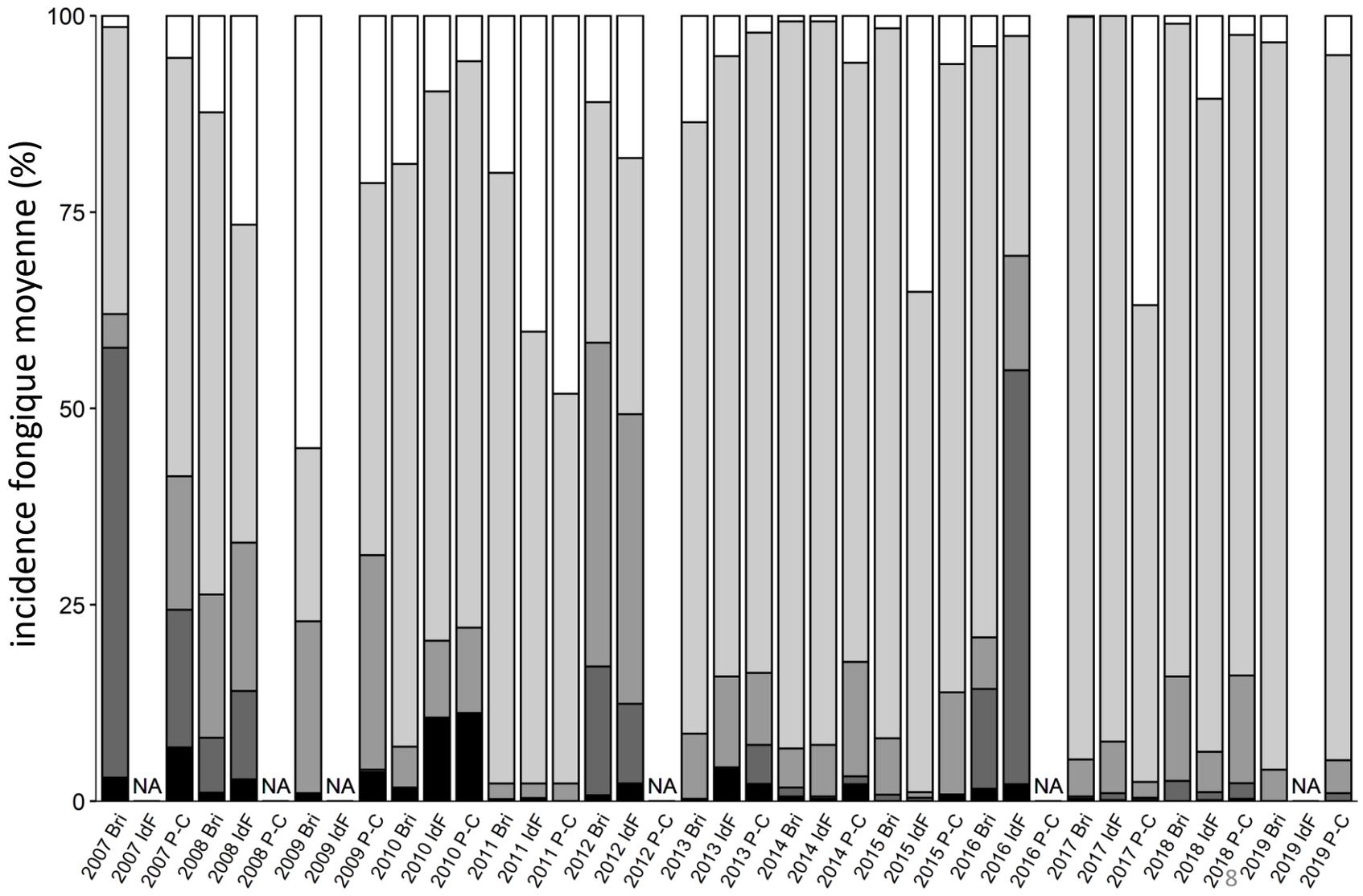
**Incidence moyenne des 4 genres fongiques présents sur les grains de blé tendre d'hiver dans la conduite FI entre 2007 et 2019 sur 3 sites**

*Fusarium* en noir,  
*Microdochium* en gris foncé,  
*Epicoccum* en gris,  
*Alternaria* en gris clair,  
 absence de mycélium observé en blanc

Entre 5 et 16 génotypes ont été utilisés pour calculer l'incidence moyenne, dépendant de l'année considérée

NA: absence de données

Bri = Bretagne,  
 IdF = Ile-de-France,  
 P-C = Poitou-Charentes



# Résultats – représentation graphique en AB

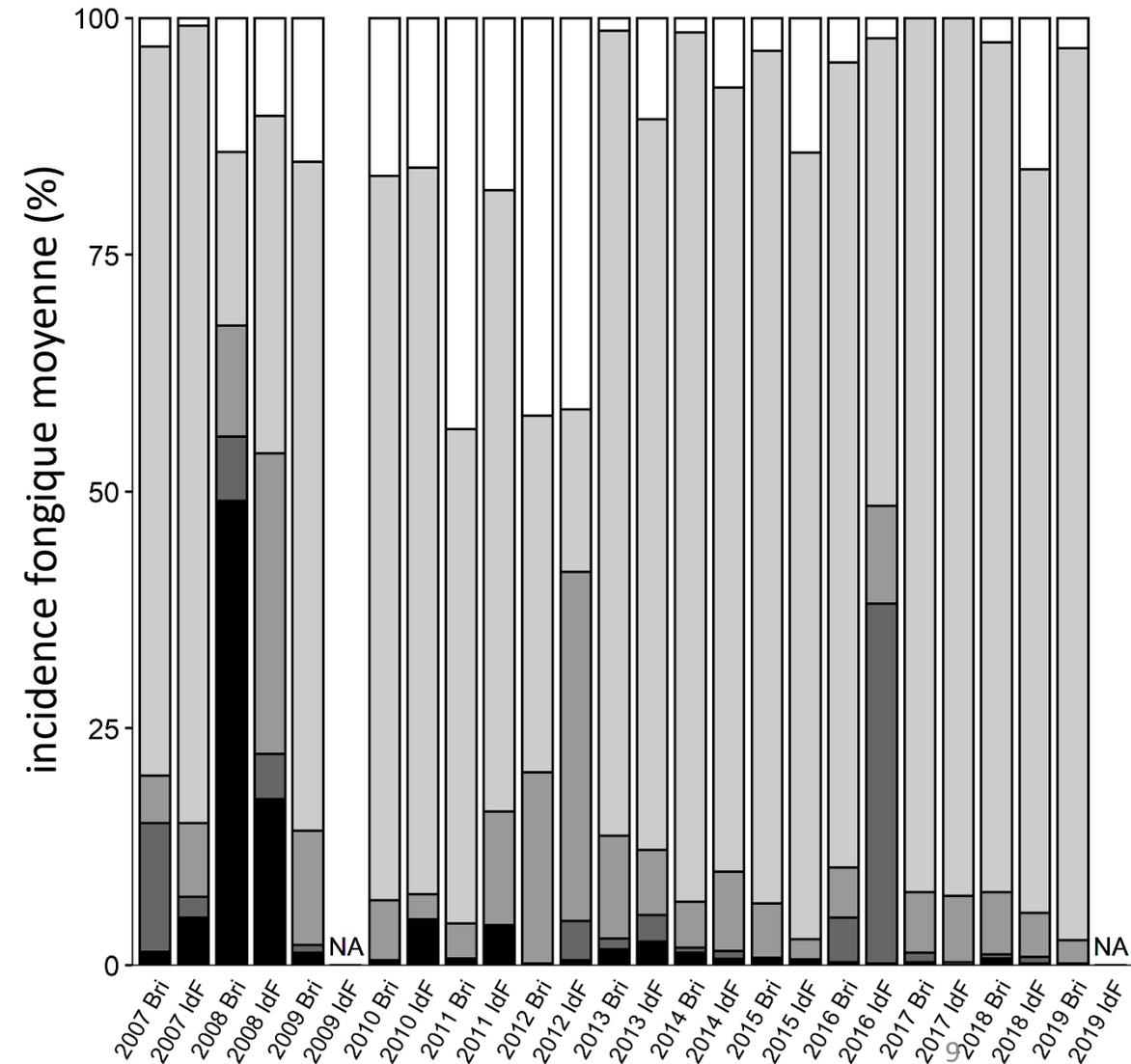
**Incidence moyenne des 4 genres fongiques présents sur les grains de blé tendre dans la conduite AB entre 2007 et 2019 sur 2 sites.**

*Fusarium* en noir,  
*Microdochium* en gris foncé,  
*Epicoccum* en gris,  
*Alternaria* en gris clair,  
absence de mycélium observé en blanc

Entre 5 et 8 génotypes ont été utilisés pour calculer l'incidence moyenne, dépendant de l'année considérée

NA: absence de données

Bri = Bretagne,  
IdF = Ile-de-France



# Résultats – analyses statistiques

**Résultats des meilleurs modèles linéaires additifs** incluant l'effet de l'année (year), du site (site), du génotype (genotype) et de l'interaction année × site (year × site) sur l'incidence des genres *Fusarium*, *Epicoccum* et *Alternaria* en conduites CONV-FI (low-input) et AB (organic).

Des transformations (Box-Cox+1 et  $\log_{10}+1$ ) ont parfois été appliquées.  $AIC_0 - AIC_{best}$  correspond à la différence d' $AIC_c$  entre le meilleur modèle et le modèle intercept-only. La qualité de l'ajustement des modèles a été estimée en utilisant un  $R^2$  ajusté ( $R^2_{adj}$ ). L'estimation de la p-value est basée sur un F-test. \*P < 0.05, \*\*P < 0.01, \*\*\*P < 0.001, n.s., non significatif. / indique que les variables n'ont pas été intégrées dans le meilleur modèle Les degrés de liberté (df) varient entre modèles selon la conduite. Remarque : les résultats pour *Microdochium* ne sont pas présentés du fait d'une très importante asymétrie dans la distribution des données ne permettant pas l'application d'un modèle linéaire.

Farming conditions	Fungal genus	Transformation	$AIC_0 - AIC_{best}$	$R^2_{adj}$	F-test (P-value)				
					Intercept	Year	Site	Genotype	Year × Site
						df = 6	df = 2		df = 12
Low-input	<i>Fusarium</i>	Box-Cox+1	140.03	0.66	216.46***	22.67***	22.15***	/	4.39***
	<i>Epicoccum</i>	$\log_{10}+1$	129.40	0.64	371.00***	16.68***	8.30***	/	8.92***
	<i>Alternaria</i>	none	120.74	0.62	854.01***	15.62***	0.80n.s.	/	6.63***
						df = 10	df = 1	df = 12	df = 10
Organic	<i>Fusarium</i>	$\log_{10}+1$	167.79	0.77	48.06***	18.78***	6.65*	/	5.71***
	<i>Epicoccum</i>	$\log_{10}+1$	101.37	0.62	95.68***	19.03***	1.74n.s.	/	6.36***
	<i>Alternaria</i>	none	279.47	0.92	519.28***	66.46***	2.54n.s.	2.94**	14.66***

# Discussion

- Cette étude diachronique portant sur l'incidence de 4 genres de champignons sur les grains de blé tendre sur une période de 13 ans dans plusieurs sites et sur plusieurs centaines d'échantillons collectés à la fois en CONV-FI et en AB permet de conclure à deux tendances générales :

✓ **L'incidence du genre *Fusarium* sur les grains de blé est généralement très faible à inexistante, à la fois en CONV-FI et en AB**, comme observé auparavant (Lazzaro et al. 2015; Lenc 2015)

⇒ dans la majorité des situations, **c'est le genre *Alternaria* qui domine**, tandis que les autres genres ne sont que peu ou pas observés, sauf année atypique

Rem. : dans notre cas, **l'importance de *Fusarium* en AB en 2008 en Bretagne pourrait s'expliquer par des conditions météorologiques très favorables et une culture de maïs comme précédent cultural**, la même année à 1km de distance en CONV-FI avec une culture de féverole en précédent, l'incidence était faible

✓ **Les principaux facteurs explicatifs de l'incidence fongique sur grains**, indépendamment du mode de conduite (CONV-FI ou AB) et du genre de champignon, **sont l'année et l'interaction « année x site »**, tandis que le site et le génotype sont moins ou pas explicatifs

⇒ cela confirme **l'importance des conditions environnementales** (de l'année + du site) **sur le développement relatif des différents genres fongiques**, ces conditions favorisant généralement le genre *Alternaria*

Nous vous remercions de votre attention

Nous remercions toutes les personnes ayant contribué à ce travail

Des questions ?