



**Mycotoxines, éléments traces, résidus de pesticides :  
éléments de compréhension pour une meilleure gestion  
agronomique du risque de contamination au champ**

**SOMMAIRE**

- Présentation de la plateforme de surveillance de la chaîne alimentaire et de son groupe de suivi « Contaminants chimiques » P. 1
- Des outils de screening haut-débit pour une surveillance renforcée de la sécurité chimique des aliments : le projet SENTINEL P. 19
- Cadmium et Deoxynivalenol (DON) dans la filière blé dur
  - Réglementation, occurrence et modèle de prédiction P. 29
  - Interactions entre les évènements de contamination par le Cd et le DON : études *in planta* P. 39
- *Datura Stramonium* dans le maïs : enjeux sanitaires et complexité de gestion P. 47
  
- Pour en savoir plus ...** **P. 61**







# Présentation de la Plateforme de Surveillance de la Chaîne Alimentaire et de son groupe de suivi « Contaminants chimiques »

Hélène Bernard <sup>(1)</sup>, Gaud Dervilly <sup>(2)</sup>, Hélène Amar <sup>(3)</sup>, Renaud Lailler <sup>(4)</sup> et Mélanie Picherot <sup>(5)</sup>

- (1) LABERCA, UMR INRAe 1329 – Route de Gachet – CS 50707 - 44307 Nantes /  
147 rue de l'Université - 75007 Paris  
- mèl : [helene.bernard@oniris-nantes.fr](mailto:helene.bernard@oniris-nantes.fr)
- (2) LABERCA, UMR INRAe 1329 – Route de Gachet – CS 50707 - 44307 Nantes  
- mèl : [gaud.dervilly@oniris-nantes.fr](mailto:gaud.dervilly@oniris-nantes.fr)
- (3) Direction générale de l'Alimentation, Bureau d'appui à la surveillance de la chaîne alimentaire – 251 rue de Vaugirard – 75732 Paris Cedex 15  
- mèl : [helene.amar@agriculture.gouv.fr](mailto:helene.amar@agriculture.gouv.fr)
- (4) ANSES – 14 rue Pierre et Marie Curie – 94700 Maisons-Alfort  
- mèl : [renaud.lailler@anses.fr](mailto:renaud.lailler@anses.fr)
- (5) Direction générale de la Santé, Bureau de l'alimentation et de la nutrition – 14 avenue Duquesne – 75007 Paris  
- mèl : [melanie.picherot@sante.gouv.fr](mailto:melanie.picherot@sante.gouv.fr)

## Résumé

Trois plateformes d'épidémiologie ont été mises en place dans les domaines de la santé animale, santé végétale ainsi que de la surveillance de la chaîne alimentaire. Organisées selon un mode public-privé à gouvernance partagée, ces plateformes rassemblent l'ensemble des acteurs impliqués dans la surveillance des dangers sanitaires. Le partenariat public-privé permet d'optimiser les actions et les coûts de la surveillance par un partage de ressources, de compétences et d'outils dans un objectif commun de protection de la santé animale, végétale et humaine. Un partage de connaissances et de compétences contribue à construire une stratégie nationale pour l'épidémiologie en phase avec le concept One Health (« Une seule santé »).

Mise en place en 2018, la Plateforme de Surveillance de la Chaîne Alimentaire (SCA) mobilise des représentants de l'Etat, des organismes d'appui scientifique ainsi que des instituts techniques et plusieurs acteurs de la production, de la transformation et de la distribution. Son périmètre couvre tous les stades de la chaîne alimentaire, incluant en amont l'alimentation animale, et tous les dangers (biologiques, chimiques ou physiques) susceptibles d'être présents dans les denrées d'origine animale et végétale, et pouvant présenter un risque pour l'Homme. Des groupes de travail ont été créés pour mener une réflexion sur la surveillance des *Salmonella*, des *E. coli* productrices de shigatoxines ainsi que sur la qualité des données de surveillance en transversalité avec les deux autres Plateformes.

Dans le secteur « Chimie », l'étendue du champ de molécules à surveiller a conduit à mettre en place un groupe de travail pérenne chargé de prioriser les contaminants et résidus. Dans cette optique, une réflexion méthodologique est actuellement menée autour d'un arbre de décision en tenant compte des préoccupations sanitaires mais aussi économiques et sociétales. Les substances ainsi priorisées pourront faire ensuite l'objet de groupes de travail dédiés.

**Mots clés :** Epidémiologie, Chaîne Alimentaire, Concept « One Health »





**9<sup>èmes</sup> Rencontres du RMT Quasaprove  
« Recherche appliquée, Formation & Transfert »**

**Présentation de la Plateforme de Surveillance de la  
Chaîne Alimentaire**

**Hélène Bernard, INRAE,  
UMR LABERCA 1329**



**Sommaire**

- 1. CONTEXTE**
- 2. OBJECTIFS et PERIMETRE**
- 3. ORGANISATION DE LA PLATEFORME SCA**
- 4. COORDINATION INTER-PLATEFORMES**
- 5. TRAVAUX SUR LA PLATEFORME SCA**
- 6. GS PRIORISATION DES DANGERS CHIMIQUES**
- 7. PERSPECTIVES**



# 1. CONTEXTE

## 2. OBJECTIFS et PERIMETRE

## 3. ORGANISATION DE LA PLATEFORME SCA

## 4. COORDINATION INTER-PLATEFORMES

## 5. TRAVAUX SUR LA PLATEFORME SCA

## 6. GS PRIORISATION DES DANGERS CHIMIQUES

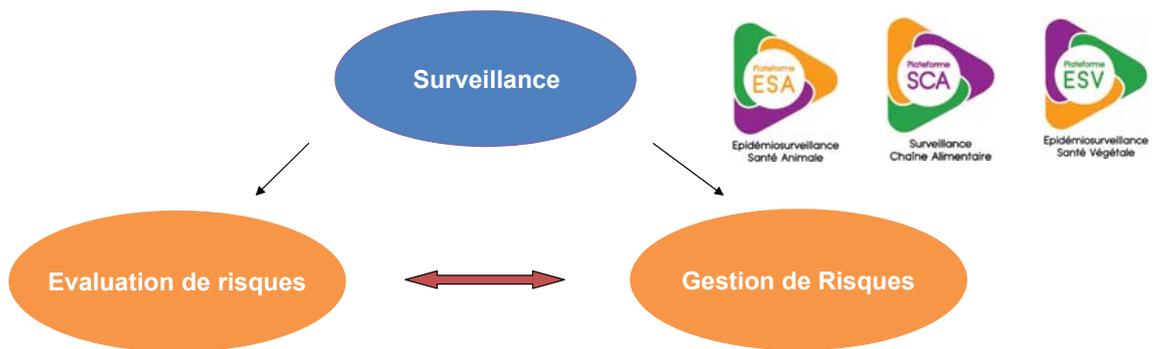
## 7. PERSPECTIVES



9èmes rencontres « Recherche Appliquée, Formation et Transfert » du RMT Quasaprove, 4 février 2020, Villenave d'Ornon



### Contexte



**Loi d'avenir (2014)**  
**Ordonnance (2015)**  
**L.201-14 du CRPM**  
**Convention Anses – DGAL - INRA (SIA 2018)**  
**Convention cadre Plateforme SCA Juillet 2018**



9èmes rencontres « Recherche Appliquée, Formation et Transfert » du RMT Quasaprove, 4 février 2020, Villenave d'Ornon



## Partenaires



### 14 membres signataires de la convention cadre - Juillet 2018

9èmes rencontres « Recherche Appliquée, Formation et Transfert » du RMT Quasaprove, 4 février 2020, Villenave d'Ornon



### 1. CONTEXTE

### 2. OBJECTIFS et PERIMETRE

### 3. ORGANISATION DE LA PLATEFORME SCA

### 4. COORDINATION INTER-PLATEFORMES

### 5. TRAVAUX SUR LA PLATEFORME SCA

### 6. GS PRIORISATION DES DANGERS CHIMIQUES

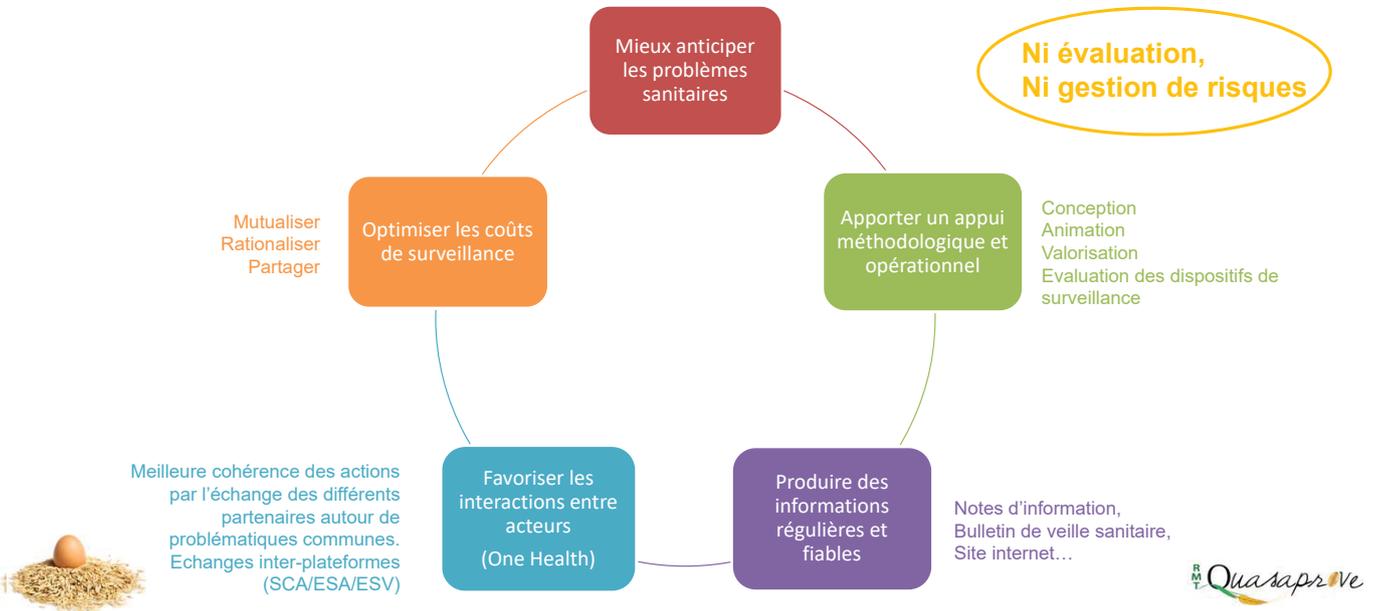
### 7. PERSPECTIVES

9èmes rencontres « Recherche Appliquée, Formation et Transfert » du RMT Quasaprove, 4 février 2020, Villenave d'Ornon



# Objectifs

*Un espace de concertation public-privé et pluridisciplinaire pour*



# Périmètre



- ✓ De la production aux consommateurs
- ✓ Denrées d'origine animale & végétale
- ✓ Alimentation humaine & animale
- ✓ Dangers physiques, biologiques et chimiques



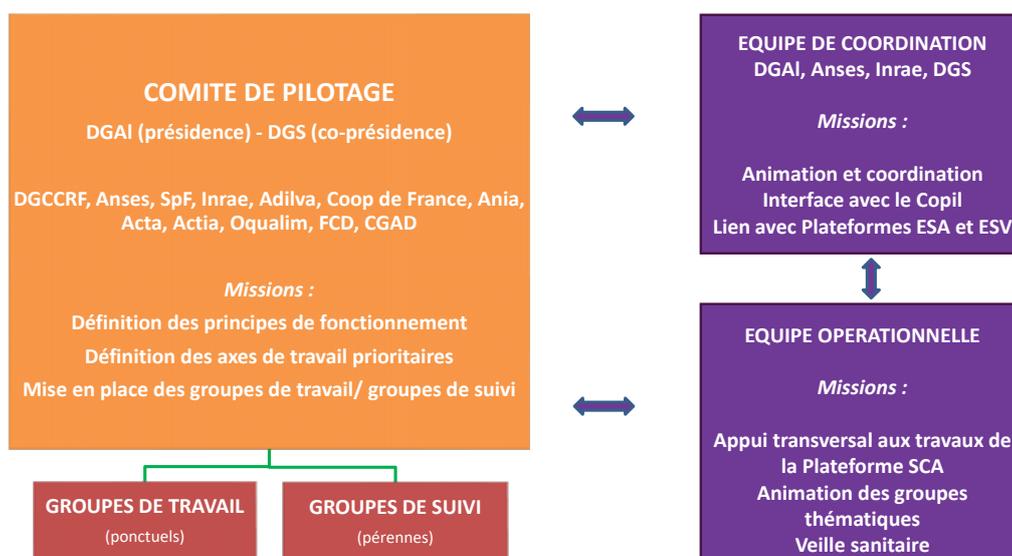
1. CONTEXTE
2. OBJECTIFS et PERIMETRE
- 3. ORGANISATION DE LA PLATEFORME SCA**
4. COORDINATION INTER-PLATEFORMES
5. TRAVAUX SUR LA PLATEFORME SCA
6. GS PRIORISATION DES DANGERS CHIMIQUES
7. PERSPECTIVES



9èmes rencontres « Recherche Appliquée, Formation et Transfert » du RMT Quasaprove, 4 février 2020, Villenave d'Ornon



## Organisation



9èmes rencontres « Recherche Appliquée, Formation et Transfert » du RMT Quasaprove, 4 février 2020, Villenave d'Ornon



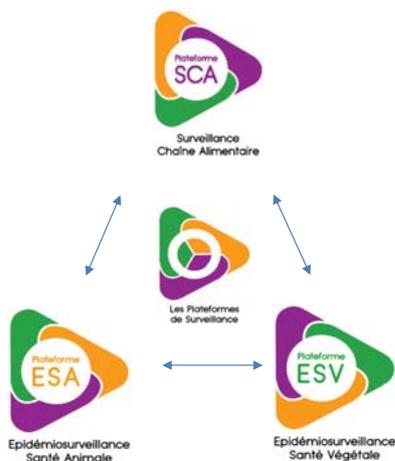
1. CONTEXTE
2. OBJECTIFS et PERIMETRE
3. ORGANISATION DE LA PLATEFORME SCA
4. **COORDINATION INTER-PLATEFORMES**
5. TRAVAUX SUR LA PLATEFORME SCA
6. GS PRIORISATION DES DANGERS CHIMIQUES
7. PERSPECTIVES



9èmes rencontres « Recherche Appliquée, Formation et Transfert » du RMT Quasaprove, 4 février 2020, Villenave d'Ornon



## La coordination inter-plateformes



- Développer une **culture collective**
- Identifier les problématiques sanitaires nécessitant la mise en œuvre de **dispositifs de surveillance intégrée** entre les différents domaines
- Mettre en œuvre les **collaborations** nécessaires
- **Mutualiser** des développements technologiques et procéder à des partages d'expérience

### Cellule de Coordination Inter-Plateformes



9èmes rencontres « Recherche Appliquée, Formation et Transfert » du RMT Quasaprove, 4 février 2020, Villenave d'Ornon



## Coordination Inter-Plateformes



9èmes rencontres « Recherche Appliquée, Formation et Transfert » du RMT Quasaprove, 4 février 2020, Villenave d'Ornon

RMT Quasaprove

1. CONTEXTE
2. OBJECTIFS et PERIMETRE
3. ORGANISATION DE LA PLATEFORME SCA
4. COORDINATION INTER-PLATEFORMES
- 5. TRAVAUX SUR LA PLATEFORME SCA**
6. GS PRIORISATION DES DANGERS CHIMIQUES
7. PERSPECTIVES

9èmes rencontres « Recherche Appliquée, Formation et Transfert » du RMT Quasaprove, 4 février 2020, Villenave d'Ornon

RMT Quasaprove

## Salmonella : GS Abstract



**Mutualisation des auto-contrôles à l'abattoir**

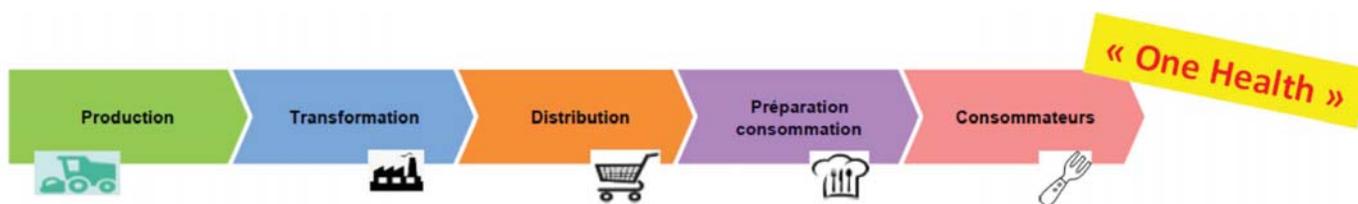
**GS  
AbsTRACT**

- Filières de production (porcs, ruminants, volailles)
- Co-pilotage DGAI - IFIP
- Outils permettant la bancarisation des données d'auto-contrôles
- Remontée des auto-contrôles réglementaires facilitée
- Valorisation

9èmes rencontres « Recherche Appliquée, Formation et Transfert » du RMT Quasaprove, 4 février 2020, Villenave d'Ornon

RMT Quasaprove

## GT Salmonella en filière fromages au lait cru de bovin



**Optimisation de la surveillance des Salmonella dans la filière de fabrication de fromages au lait cru**

Epidémie à Salmonella Dublin (nov 2015-avr 2016)

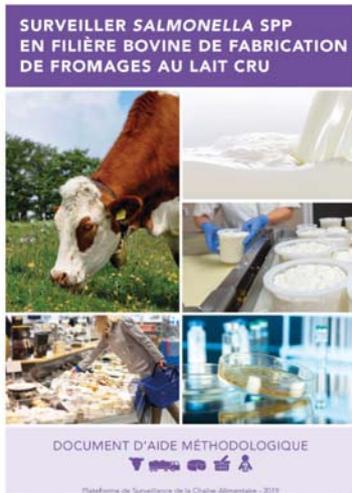
**Axe 1 : Document d'aide méthodologique pour la surveillance de Salmonella de l'étable à l'assiette (en ligne)**

**Axe 2 : Étude d'épidémiosurveillance génomique (en cours de finalisation)**

9èmes rencontres « Recherche Appliquée, Formation et Transfert » du RMT Quasaprove, 4 février 2020, Villenave d'Ornon

RMT Quasaprove

# GT *Salmonella* en filière fromage au lait cru de bovin



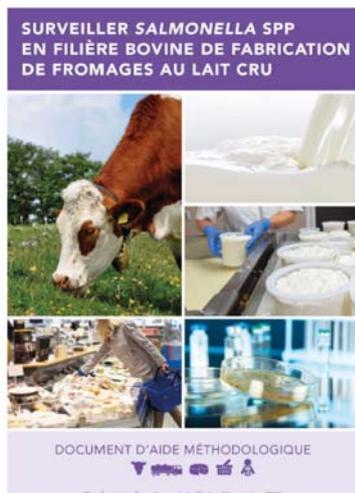
et ses annexes :

- [1. \*Salmonella\* spp - Caractéristiques microbiologiques](#)
- [2. Textes règlementaires](#)
- [3. Plateforme de Surveillance de la Chaîne Alimentaire](#)
- [4. Réseau \*Salmonella\* - surveillance des salmonelles d'origine non humaine](#)
- [5. Définition d'un plan d'échantillonnage](#)
- [6. Méthodes analytiques](#)
- [7. Caractérisation phénotypique et moléculaire](#)

9èmes rencontres « Recherche Appliquée, Formation et Transfert » du RMT Quasaprove, 4 février 2020, Villenave d'Ornon



# GT *Salmonella* en filière fromage au lait cru de bovin



9èmes rencontres « Recherche Appliquée, Formation et Transfert » du RMT Quasaprove, 4 février 2020, Villenave d'Ornon



## GT Ondes



### AXE 1 : Décrire et Evaluer la situation

Diagramme des acteurs  
Diagramme des dispositifs (n=21)  
➤ représentation commune du système

### AXE 2 : Améliorer la surveillance nationale

Ateliers participatifs  
➤ Objectif commun  
➤ Concertation entre parties

### AXE 3 : Communication & partage

➤ Durabilité du système de surveillance (post GT Ondes) ?

**Optimisation Nationale des Dispositifs d'Epidémiosurveillance des *Salmonella***



9èmes rencontres « Recherche Appliquée, Formation et Transfert » du RMT Quasaprove, 4 février 2020, Villenave d'Ornon



## GT surveillance de STEC en filière fromages au lait cru

- **Groupe de travail, durée : 1 an (sept 2019-sept 2020)**
- **Co-pilotage DGAI-Cniel**



Mise en partage les connaissances sur STEC à tous les maillons de la filière

Proposer des outils méthodologiques pour la surveillance de STEC et des recommandations pour optimiser la surveillance aux différents maillons de la filière

9èmes rencontres « Recherche Appliquée, Formation et Transfert » du RMT Quasaprove, 4 février 2020, Villenave d'Ornon



## Qualité des données



**QUALIPLAN  
(données PSPC)**



**Groupe de travail transversal aux  
trois plateformes**



9èmes rencontres « Recherche Appliquée, Formation et Transfert » du RMT Quasaprove, 4 février 2020, Villenave d'Ornon



## GT Cadmium

**Groupe de travail, durée 12 mois ;  
Co-pilotage INRAE – ACTA**



Etat des lieux de la surveillance du cadmium  
en France

Propositions de recommandations pour  
optimiser la surveillance

Traçabilité de la méthode



9èmes rencontres « Recherche Appliquée, Formation et Transfert » du RMT Quasaprove, 4 février 2020, Villenave d'Ornon



1. CONTEXTE
2. OBJECTIFS et PERIMETRE
3. ORGANISATION DE LA PLATEFORME SCA
4. COORDINATION INTER-PLATEFORMES
5. TRAVAUX SUR LA PLATEFORME SCA
- 6. GS PRIORISATION DES DANGERS CHIMIQUES**
7. PERSPECTIVES



9èmes rencontres « Recherche Appliquée, Formation et Transfert » du RMT Quasaprove, 4 février 2020, Villenave d'Ornon



## GS Priorisation des dangers chimiques

- **Groupe pérenne**
- **Co-pilotage INRAE - ANSES**

➔ Réaliser une hiérarchisation des dangers chimiques afin de proposer au comité de pilotage des sujets prioritaires qui pourraient faire l'objet de groupes de travail dédiés.



9èmes rencontres « Recherche Appliquée, Formation et Transfert » du RMT Quasaprove, 4 février 2020, Villenave d'Ornon



## GS Priorisation des dangers chimiques : partenaires

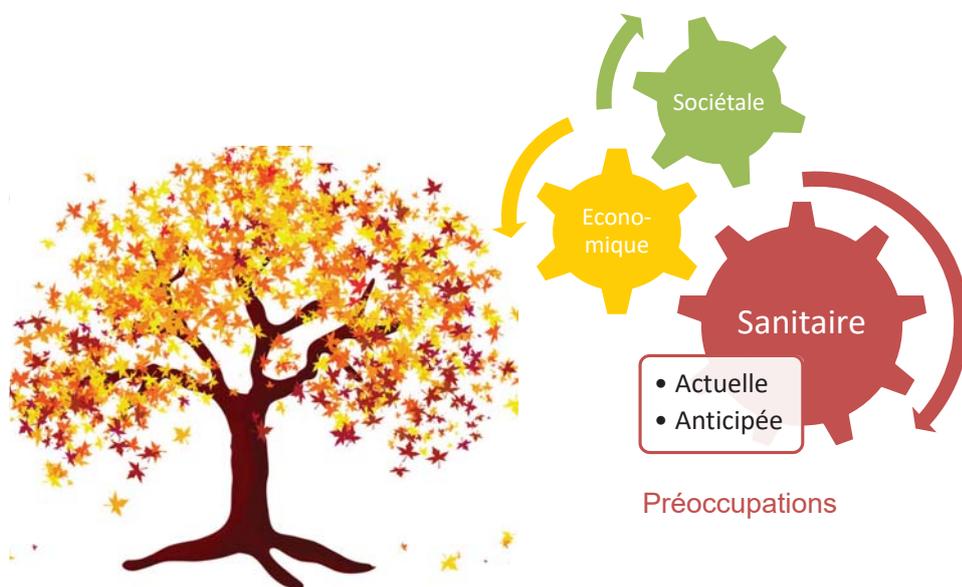


9èmes rencontres « Recherche Appliquée, Formation et Transfert » du RMT Quasaprove, 4 février 2020, Villenave d'Ornon



## GS Priorisation des dangers chimiques : méthode

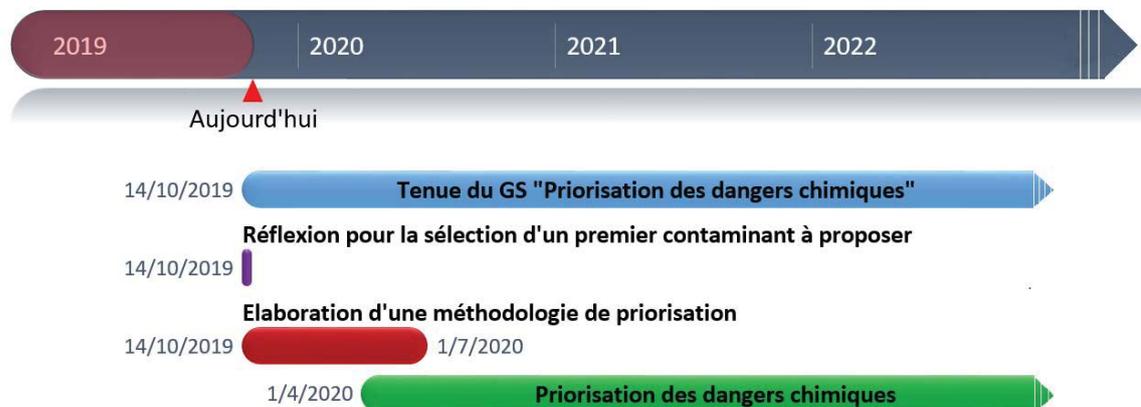
Développement d'un arbre de décision



9èmes rencontres « Recherche Appliquée, Formation et Transfert » du RMT Quasaprove, 4 février 2020, Villenave d'Ornon



# GS Priorisation des dangers chimiques: Timeline



9èmes rencontres « Recherche Appliquée, Formation et Transfert » du RMT Quasaprove, 4 février 2020, Villenave d'Ornon



1. CONTEXTE
2. OBJECTIFS et PERIMETRE
3. ORGANISATION DE LA PLATEFORME SCA
4. COORDINATION INTER-PLATEFORMES
5. TRAVAUX SUR LA PLATEFORME SCA
6. GS PRIORISATION DES DANGERS CHIMIQUES
- 7. PERSPECTIVES**



9èmes rencontres « Recherche Appliquée, Formation et Transfert » du RMT Quasaprove, 4 février 2020, Villenave d'Ornon



# Communication



9èmes rencontres « Recherche Appliquée, Formation et Transfert » du RMT Quasaprove, 4 février 2020, Villenave d'Ornon



## Merci de votre attention



9èmes rencontres « Recherche Appliquée, Formation et Transfert » du RMT Quasaprove, 4 février 2020, Villenave d'Ornon







# SENTINEL, Des outils haut débit pour une surveillance renforcée de la sécurité chimique des aliments

**Erwan Engel**

*INRAe, UR 370 Qualité des Produits Animaux, Equipe Micro-contaminants, Arôme et Sciences Séparatives (MASS) – 63122 Saint-Genès-Champanelle*

- mèl : [erwan.engel@inrae.fr](mailto:erwan.engel@inrae.fr)

## Résumé

Le Parlement Européen a appelé les états membres à renforcer leurs dispositifs de sécurité sanitaire des aliments. En Juillet 2018, l'état français a lancé officiellement une plateforme pour renforcer l'efficacité de la surveillance sanitaire des aliments. Ceci implique notamment que l'industrie comme les autorités sanitaires s'appuient davantage sur des méthodes de screening haut-débit, sensibles et peu coûteuses afin de renforcer le suivi des dangers alimentaires prioritaires. D'énormes avancées en sécurité microbiologique ont été réalisées ces dernières années grâce aux progrès de la biologie moléculaire. Les techniques haut-débit et peu coûteuses ont pu renforcer les dispositifs de contrôle réglementaire tout en fournissant aux industriels des moyens d'autocontrôle efficaces. En matière de sécurité chimique, cette transition technique et sociétale n'a pas encore eu lieu. Le système français repose sur deux approches 1/ des plans de surveillance et de contrôle utilisés pour détecter d'éventuelles non-conformités (dépassement de la teneur maximale TM dans un aliment) ; 2/ des études de l'alimentation totale plus ponctuelles évaluant le risque global lié à l'exposition alimentaire chronique à des teneurs plus faibles (infra-TM) de contaminants. Les TM étant souvent très basses, les deux approches s'appuient essentiellement sur des méthodes très sensibles mais malheureusement très coûteuses et bas débit limitant à la fois l'étendue de la surveillance réglementaire et les possibilités d'autocontrôles industriels.

En prenant les polychlorobiphényles (PCB) de la viande comme modèles d'étude, SENTINEL a pour objectif de renforcer le système actuel de surveillance de la sécurité chimique des aliments. Pour cela, des outils de screening haut-débit, sensibles et à coûts maîtrisés seront développés afin 1/ d'augmenter l'efficacité des inspections réglementaires des autorités sanitaires 2/ de faciliter les auto-contrôles industriels et 3/ de permettre un suivi préventif des PCB à des niveaux infra-réglementaires. Leur développement reposera sur le couplage entre détecteurs de dernière génération (Spectrométrie de Masse, Biosensors, nez électroniques) et des méthodes innovantes en recherche de marqueurs (omiques), en traitement des échantillons (mélange, extraction) ou des données (chimométrie, bioinformatique). Les bénéfices/risques de la mise en œuvre des outils seront évalués par une approche multi-acteurs et multi-critères intégrant les dimensions sanitaires, économiques, sociales et réglementaires. Le second objectif est de définir des conditions pratiques et plausibles de mise en œuvre de ces nouveaux outils et d'en anticiper les principaux coûts et bénéfices. Afin d'améliorer le transfert des outils vers l'industrie et les pouvoirs publics, l'approche s'articule en 2 étapes : 1) les conditions de mise en œuvre des outils SENTINEL seront définies sur la base de scénarios d'évolution probable de la filière viande ; 2) une analyse coût-bénéfice de ces scénarios prenant en compte les aspects économiques, réglementaires, sociaux et sanitaires sera réalisée pour aider les futures décisions de renforcement de la surveillance sanitaire.



Pluridisciplinaire, SENTINEL devrait permettre des développements en chimie des résidus, biosenseurs, omiques, nez électroniques, chimiométrie, bioinformatique, sciences sociales, sciences du consommateur, économie et ingénierie des connaissances. Financé par l'ANR dans le cadre de l'AAPG 2019, ce projet de recherche collaboratif (2020-2024) implique 11 partenaires de 4 instituts de recherche (INRAe, CNRS, INRIA, ONIRIS), 1 université (Perpignan) et 1 institut technique (IFIP).

**Mots-clés**: Sécurité chimique, surveillance réglementaire, auto-contrôle industriel, spectrométrie de masse, aptasensors, nez électroniques, omiques, PCBs, viande, analyse coûts-bénéfices.



9<sup>èmes</sup> Rencontres du RMT Quasaprove  
 « Recherche appliquée, Formation & Transfert »



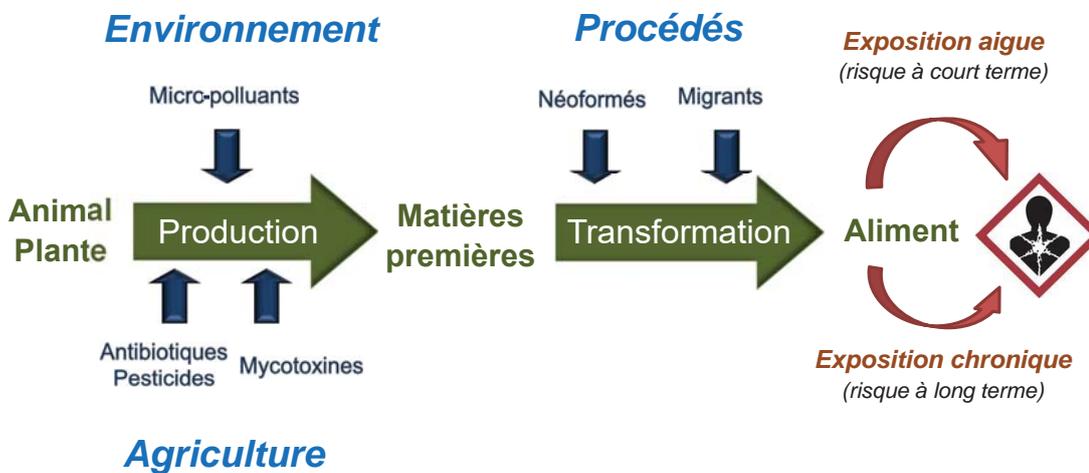
**SENTINEL (PRC, 2020-2024)**

*Des outils haut débit pour une surveillance renforcée de la sécurité chimique des aliments*

Erwan ENGEL, INRAE



**Sécurité chimique des aliments**





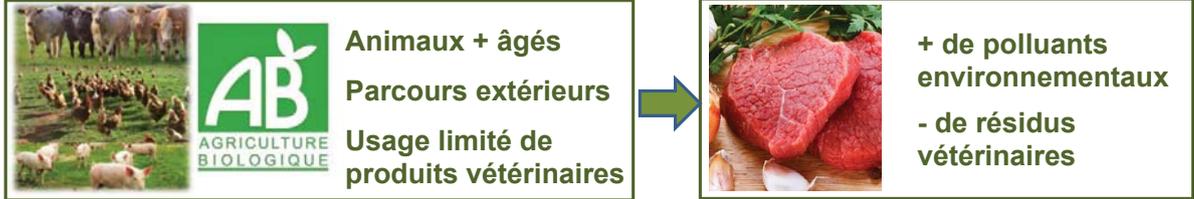
# Le bio, une réponse pertinente? suffisante?

ANR SOMEAT, 2013-2017, 14 partenaires



Conformité des 266 échantillons analysés aux niveaux réglementaires

Niveaux infra-réglementaires / expositions chroniques



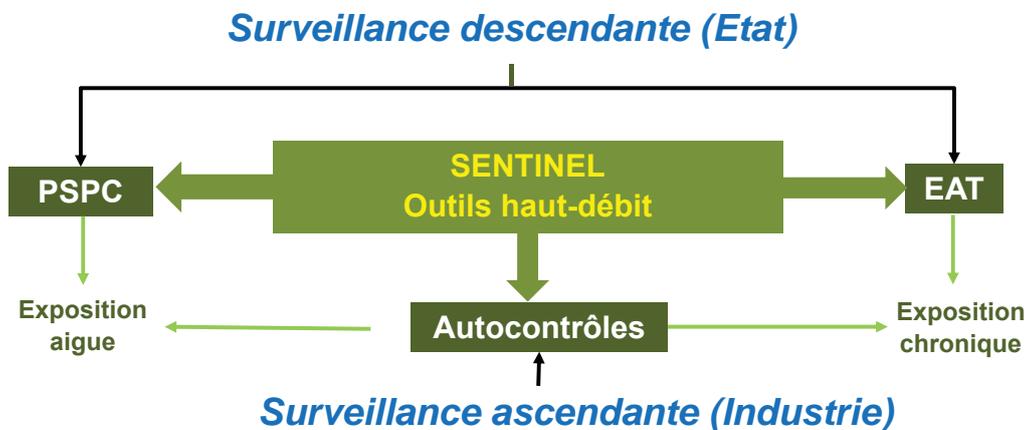
- Bio et sécurité chimique obligation de moyens mais pas de résultats
- Intérêt du suivi des contaminants à des niveaux infra-réglementaires



9èmes rencontres « Recherche Appliquée, Formation et Transfert » du RMT Quasaprove, 4 février 2020, Villenave d'Ornon



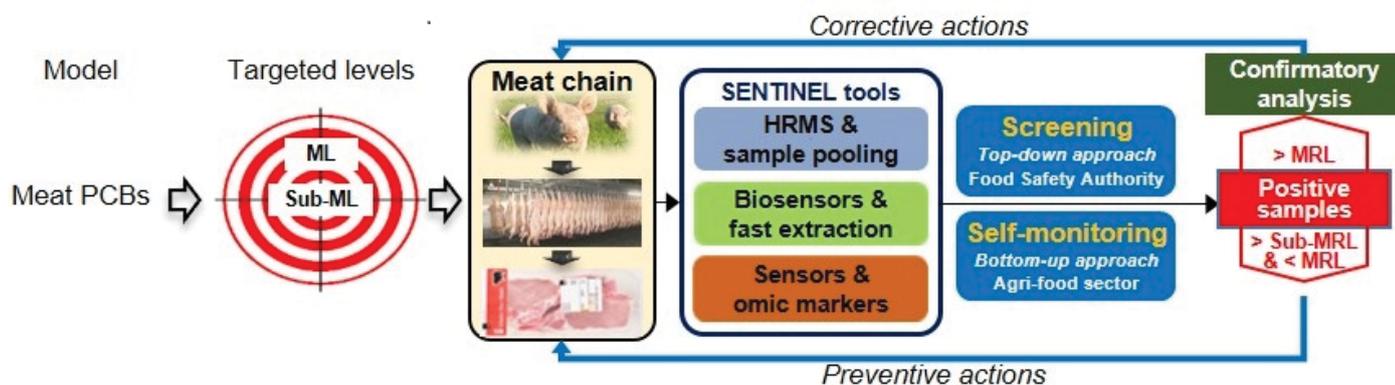
# Renforcement du système de surveillance de la sécurité chimique des aliments



9èmes rencontres « Recherche Appliquée, Formation et Transfert » du RMT Quasaprove, 4 février 2020, Villenave d'Ornon



# Des outils pour renforcer le screening réglementaire et les autocontrôles industriels



9èmes rencontres « Recherche Appliquée, Formation et Transfert » du RMT Quasaprove, 4 février 2020, Villenave d'Ornon

## Objectifs du projet SENTINEL

**O1-Développement d'outils haut-débit**

**O2- Evaluation coût-bénéfice**

9èmes rencontres « Recherche Appliquée, Formation et Transfert » du RMT Quasaprove, 4 février 2020, Villenave d'Ornon

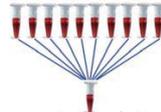
# Outil 1 – Pool d'échantillons & analyse HRMS

## O1-Développement d'outils haut-débit

1- Pooling d'échantillons x HRMS



1- Mélanges d'échantillons



2- Analyse(s) HRMS



3a – RAS



3b- Identification du/des échantillons déviants



9èmes rencontres « Recherche Appliquée, Formation et Transfert » du RMT Quasaprove, 4 février 2020, Villenave d'Ornon

# Outil 2 – Extraction rapide & biosenseurs

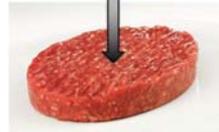
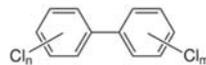
## O1-Développement d'outils haut-débit

1- Pooling d'échantillons x HRMS

2- Extraction rapide x aptasenseurs



1- Extraction rapide des PCBs



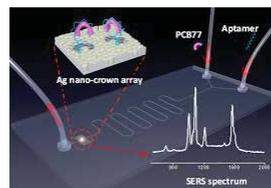
QuEChERS extraction for multi-residue analysis of PCBs, PAHs, PBDEs and PCDD/Fs in biological samples

Pierre-Luc Cloutier<sup>a,b</sup>, Frédéric Fortin<sup>a</sup>, Paule Emilie Groleau<sup>a</sup>, Pauline Brousseau<sup>a</sup>, Michel Fournier<sup>a</sup>, Mélanie Desrosiers<sup>a,c</sup>

<sup>a</sup> Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec, ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Faune contre les changements climatiques, Québec, Canada

<sup>b</sup> Institut national de la recherche scientifique - Institut Armand Frappier, Laval, Canada

2- Développement d'aptasenseurs vs PCB 126 (DL) et 153 (NDL)



A highly sensitive and selective aptamer-based colorimetric sensor for the rapid detection of PCB 77

Ruojie Cheng, Siyao Liu, Huijie Shi, Guohua Zhao<sup>a</sup>

<sup>a</sup> School of Chemical Science and Engineering, Shanghai Key Lab of Chemical Assessment Sustainability, Tongji University, 1239 Siping Road, Shanghai 200092, People's Republic of China



9èmes rencontres « Recherche Appliquée, Formation et Transfert » du RMT Quasaprove, 4 février 2020, Villenave d'Ornon

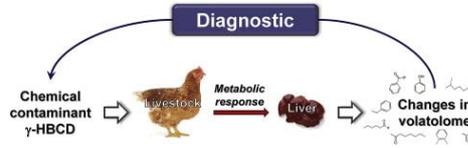
# Outil 3 – Marqueurs omiques & senseurs

## O1-Développement d'outils haut-débit

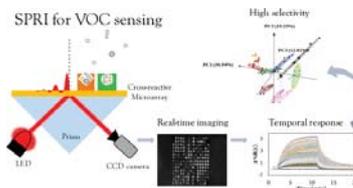
1- Pooling d'échantillons x HRMS

3- Marqueurs omiques x senseurs

### 1- Recherche de marqueurs d'exposition (Volatolome, proteome, ...)



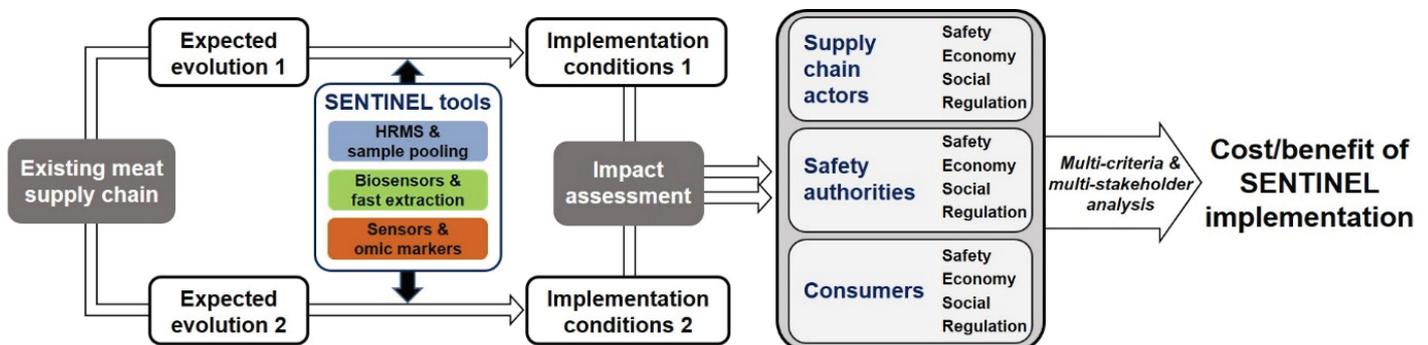
### 2- Design de senseurs dédiés à la détection de ces marqueurs



9èmes rencontres « Recherche Appliquée, Formation et Transfert » du RMT Quasaprove, 4 février 2020, Villenave d'Ornon



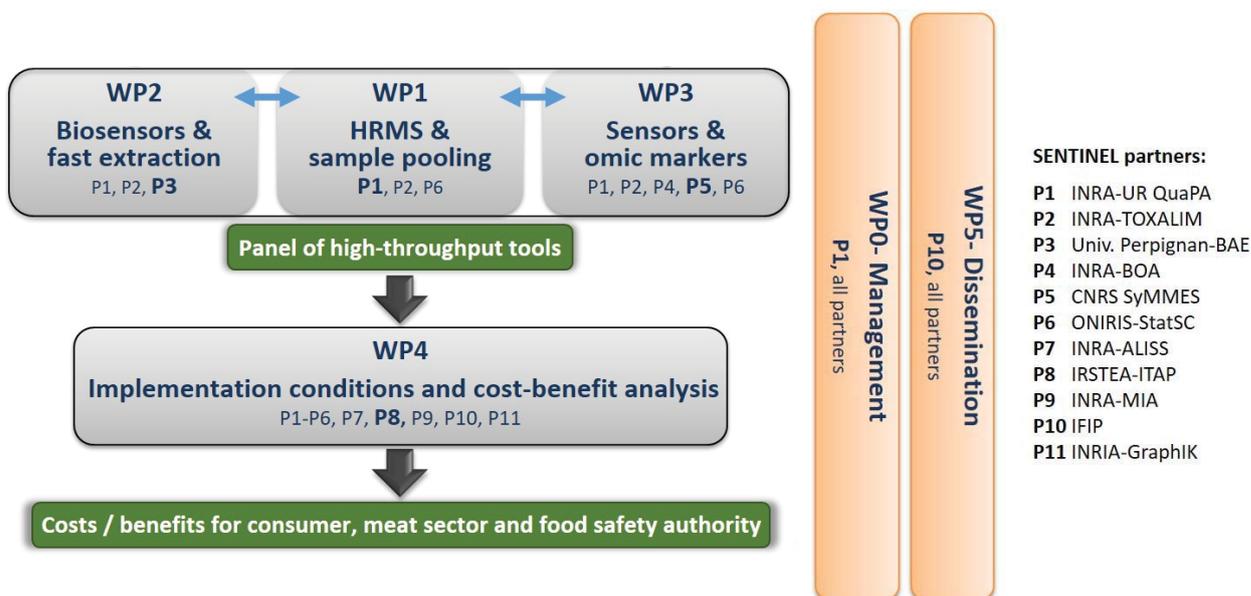
# Analyse coût-benefice



9èmes rencontres « Recherche Appliquée, Formation et Transfert » du RMT Quasaprove, 4 février 2020, Villenave d'Ornon



# Structure du projet SENTINEL (2020-2024)



9èmes rencontres « Recherche Appliquée, Formation et Transfert » du RMT Quasaprove, 4 février 2020, Villenave d'Ornon



# Partenariat du projet SENTINEL



QUAPA TOXALIM ALISS BOA MIA

ITAP

GraphiK



SyMMES



IMAGES



StatSC



9èmes rencontres « Recherche Appliquée, Formation et Transfert » du RMT Quasaprove, 4 février 2020, Villenave d'Ornon



# Impact attendu

## Scientifique

Outils haut-débit pour tracer des expositions aigues ou chroniques à des contaminants alimentaires

## Réglementaire

Augmentation de la fréquence des contrôles

## Social

Double renforcement (par l'état et l'industrie) de la protection de la santé du consommateur

## Economique

Avantage concurrentiel à la prévention et à la remédiation sanitaire (import/export)



9èmes rencontres « Recherche Appliquée, Formation et Transfert » du RMT Quasaprove, 4 février 2020, Villenave d'Ornon

## Merci de votre attention

Contact / Coordination SENTINEL : [erwan.engel@inrae.fr](mailto:erwan.engel@inrae.fr)



9èmes rencontres « Recherche Appliquée, Formation et Transfert » du RMT Quasaprove, 4 février 2020, Villenave d'Ornon





# Cadmium et Deoxynivalenol (DON) dans la filière blé dur

## Réglementation, occurrence et modèle de prédiction

Christophe Nguyen<sup>(1)</sup>, Benoît Méléard<sup>(2)</sup> et Agathe Roucou<sup>(2)</sup>

(1) INRAE UMR 1391 Interaction Sol Plante Atmosphère - 71, avenue Edouard Bourleaux – BP n° 81 - 33883 Villenave d'Ornon Cedex

- mèl : [christophe.nguyen@inrae.fr](mailto:christophe.nguyen@inrae.fr)

(2) ARVALIS-Institut du végétal – Station expérimentale, 91720 Boigneville

- mèl : [b.meleard@arvalis.fr](mailto:b.meleard@arvalis.fr), [a.roucou@arvalis.fr](mailto:a.roucou@arvalis.fr)

### Résumé

Parmi les éléments traces métalliques et les mycotoxines, le Cadmium et le déoxynivalénol (DON) sont actuellement les contaminants réglementés majeurs et les plus préoccupants des récoltes de blé dur en France. Le blé dur est par ailleurs l'espèce céréalière accumulant le plus de Cadmium dans ses grains et aussi une des espèces céréalières très sensible à la contamination par Fusarium et donc à la contamination en mycotoxines. Les réglementations européennes fixant les seuils limites de Cadmium et DON dans les récoltes destinées à l'alimentation humaine font donc peser des contraintes importantes sur l'amont de la filière pour garantir la conformité des lots en vue de leur commercialisation. A ce titre, les éléments de compréhension et d'anticipation des risques sont fortement attendus sur le terrain.

Suite à de récentes études de l'EFSA indiquant une exposition de certaines catégories de population parfois très proche de l'actuelle Dose Hebdomadaire Tolérable, le législateur européen a décidé en février 2019 d'abaisser la teneur maximale en Cadmium dans les grains destinés à l'alimentation humaine. Le premier projet visait une diminution par deux de l'actuel seuil passant ainsi de 0,20 à 0,10mg/kg ce qui conduirait à exclusion du marché des volumes considérables de matière première. Même si les dernières propositions du groupe d'experts sur les contaminants industriels sont revues à la hausse, la politique de haute sécurité sanitaire menée au sein de la Commission Européenne incite à identifier rapidement des solutions pour garantir la pérennité des filières agricoles. Dans le cadre de la tâche 1 du Projet CaDON financé par l'ANR, de très bons modèles de prédiction de la teneur en Cadmium dans le grain ont pu être élaborés. Ils font intervenir un nombre de variables limité, toutes inhérentes aux facteurs de biodisponibilité du sol. La sensibilité et la fiabilité des meilleurs modèles sont d'un très bon niveau. La mise en œuvre pratique des modèles permet un diagnostic avant l'implantation de sa culture. En cas de risque de non conformité évalué par les modèles, le choix variétal pourrait constituer le recours principal sinon unique pour moduler le risque de présence de Cadmium dans le grain à la récolte. Un classement pertinent des principales variétés cultivées en France a pu être établi. L'enjeu des pratiques, qu'il s'agisse de la nature et de gestion du précédent cultural ou des modalités de fertilisation reste à évaluer mais en première approche semble moins prometteur que dans le cas des mycotoxines.

**Mots clés :** Blé dur, Cadmium, Déoxynivalénol, Modèles prédictifs, Réglementation, Risque, Variabilité génétique





9<sup>èmes</sup> Rencontres du RMT Quasaprove  
 « Recherche appliquée, Formation & Transfert »

# Cadmium et Deoxynivalenol (DON) dans la filière blé dur

Réglementation, occurrence et modèle de prédiction

Christophe NGUYEN, INRAE – ISPA Coordinateur tâche 1 du Projet CaDON (ANR)

Benoît MELEARD, Agathe ROUCOU, ARVALIS – Institut du végétal



## Cadmium et blé dur

**1/2 vie : 10 - 30 ans**

**Cd** Cancérogène  
 Pathologie rénale  
 Décalcification

**Sources d'exposition**

1 2

EAT2, Anses, 2011		70 kg		30 kg	
France					
$\mu\text{g Cd /kg poids /semaine}$		1.12	1.68		
$\text{mg Cd /an}$		28.6	18.4		
<b>Dépassement</b>		0.6 %	14.9 %		

**Recommandation Exposition alimentaire au Cd**

$\mu\text{g Cd /kg poids /semaine}$

1985		7
2009		2.5

Pâtes	Semoule	70 kg
8.1	1.3	
$\text{kg / an / personne}$		

**9.2**  
% de la dose de Cd annuelle admissible

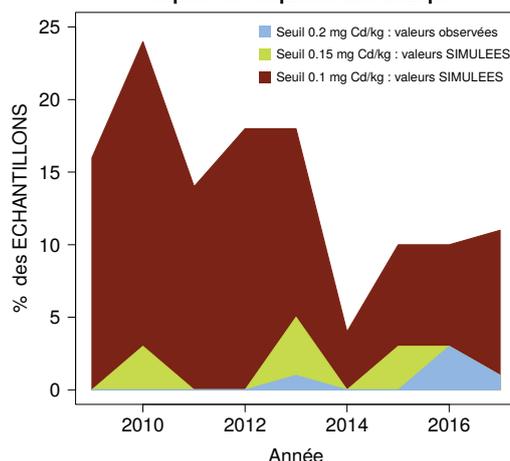
## Discussions réglementaires et leur impact sur la filière

	UE 1881/2006 en vigueur au 08/11/2019	Dernière proposition du GT du 06/09/2019
triticale, orges, seigle, maïs	0,10	0,10
blé tendre	0,20	0,10
blé dur	0,20	0,15
son et germe de blé	0,20	0,15

Dernière réunion du Groupe d'experts contaminants industriels et environnementaux  
09/12/2019

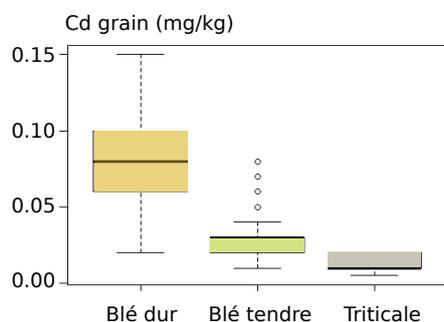
Orges : 0,05mg/kg  
Blé dur : **0,18mg/kg**

Non conformité des échantillons de blé dur d'après les enquêtes aux champs



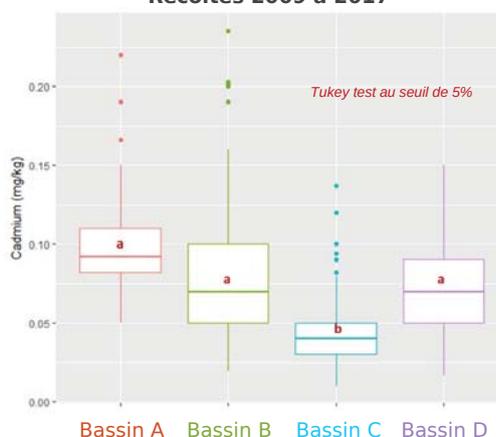
## Une problématique relativement spécifique au blé dur

Récoltes 2012



Source : données FranceAgriMer – ARVALIS – Institut du végétal

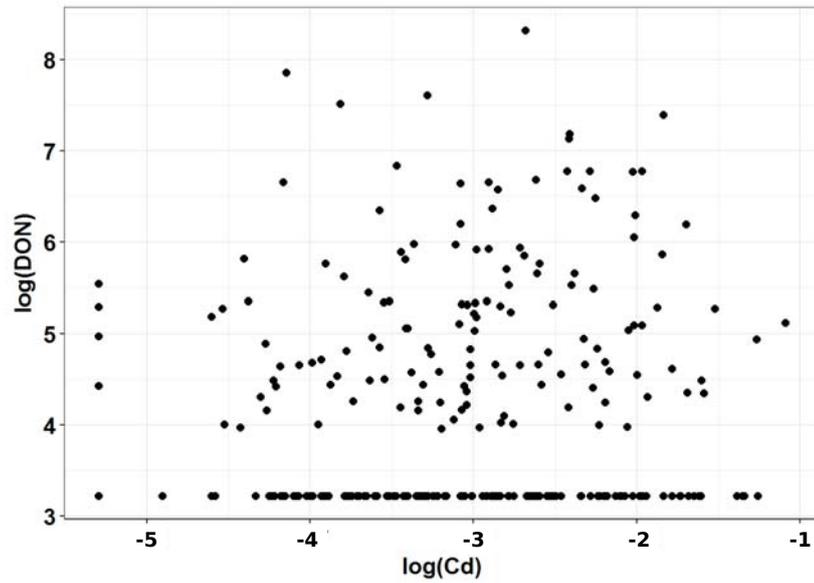
Teneurs en Cd des grains de blé dur dans les 4 grands bassins de production Récoltes 2009 à 2017



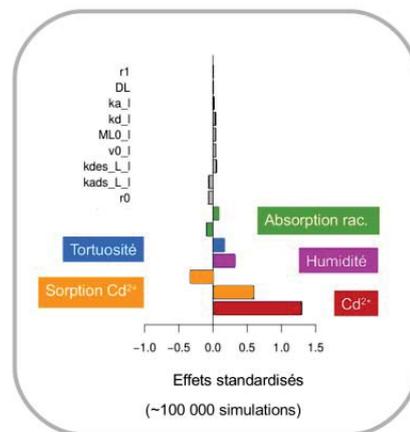
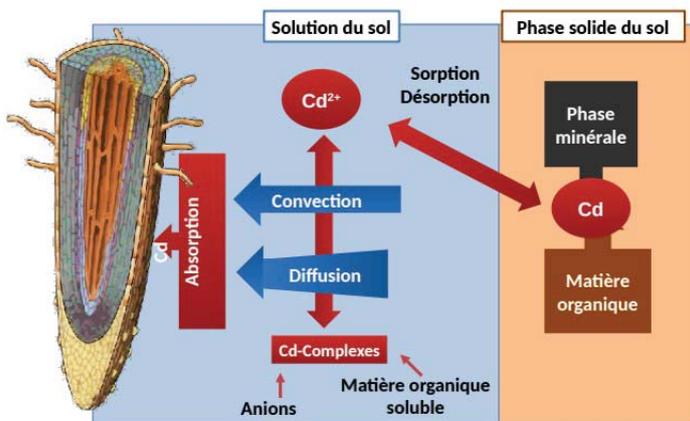
Source : données FranceAgriMer – ARVALIS – Institut du végétal

Effet lieu beaucoup plus fort que l'effet année  
(Très différent des mycotoxines)

## Pas de corrélation entre les deux contaminants DON et Cd chez le blé dur



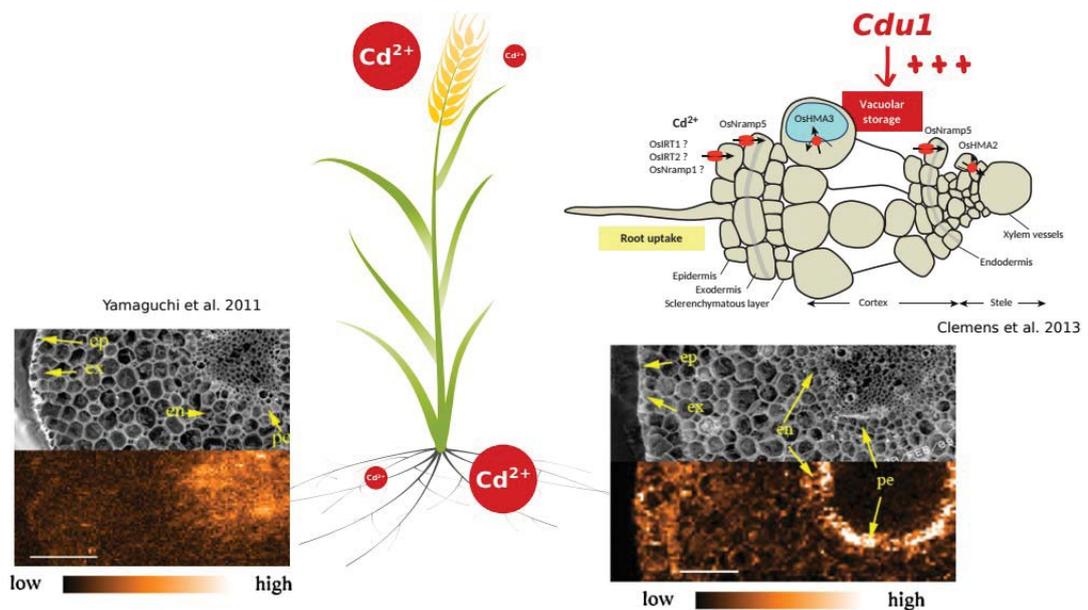
## Modélisation mécaniste de la biodisponibilité



Lin, Z., Schneider, A., Sterckeman, T., Nguyen, C., 2015. Ranking of mechanisms governing the phytoavailability of cadmium in agricultural soils using a mechanistic model. *Plant and Soil* 1–19. doi:10.1007/s11004-015-2663-6

**Importance relative des processus selon les contextes**  
**Identification des variables à mesurer pour évaluer la biodisponibilité**

## Gène *Cdu1* augmente la séquestration racinaire du Cd et réduit la contamination du grain



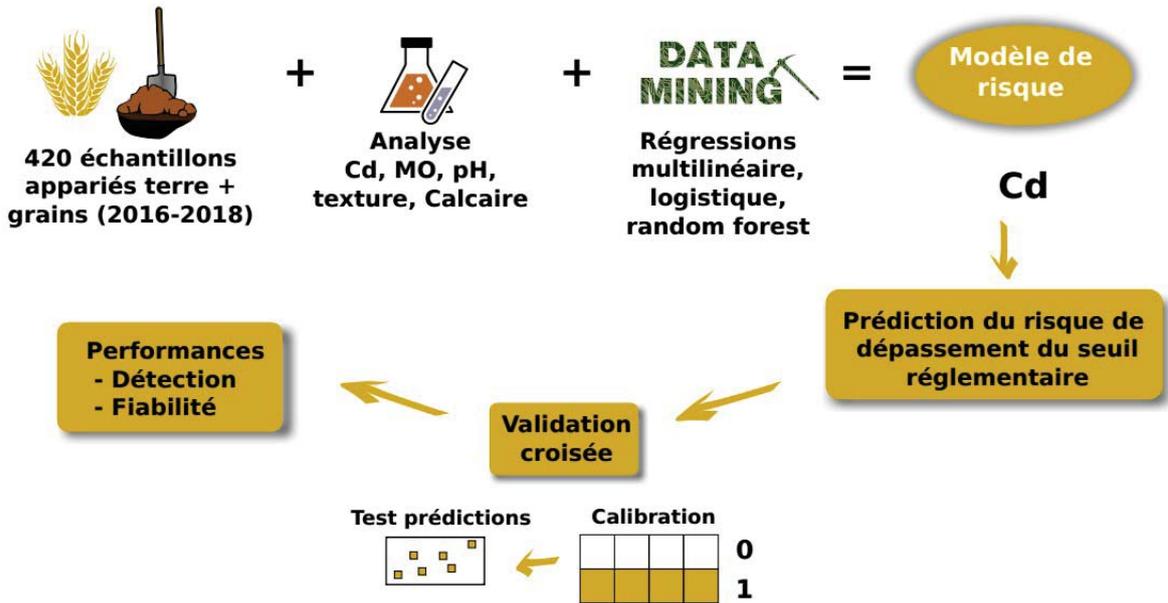
### Variétés faiblement accumulatrices (*Cdu1*)

**Canada** : sélection depuis 45 ans    **France** : pas de sélection, pas de caractérisation variétale *Cdu1*

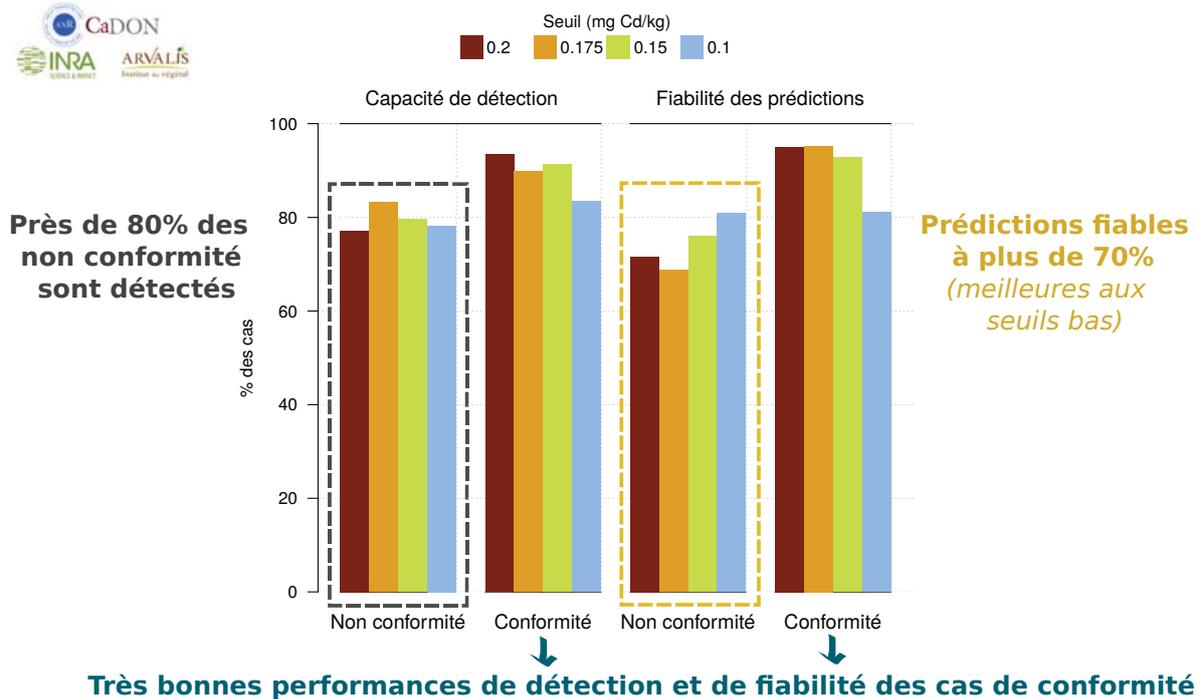
## Face au durcissement de la réglementation Que faire?

- **Disponibilité du Cd du sol**
  - Evaluer le risque
  - Ajuster les pratiques (chaulage, apport de MO, surveillance des intrants)
- **Levier variétal**
  - Caractériser les variétés : (*Cdu1* ou pas?)
  - Caractériser les variétés non *Cdu1*

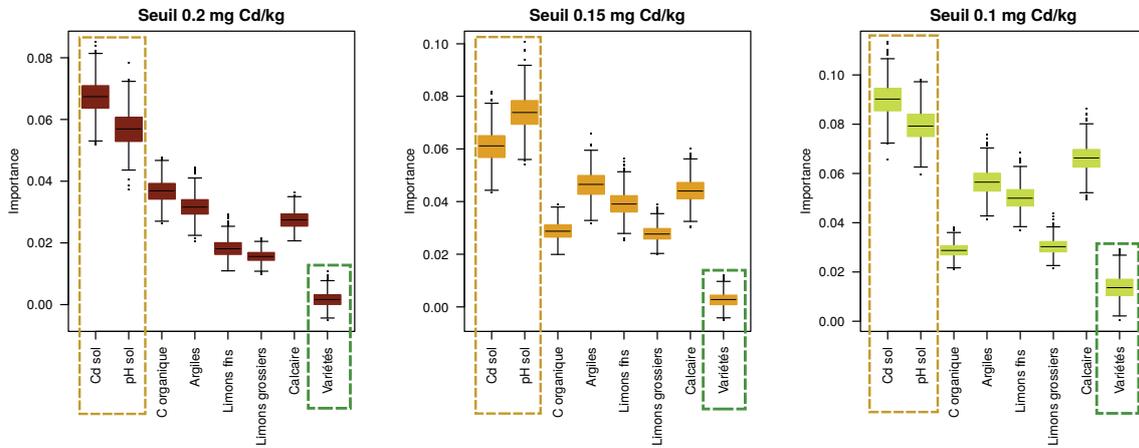
# Prédiction du risque de non conformité du blé dur à partir de l'analyse de terre



## Bonnes performances des modèles de prédiction du risque de non conformité du blé dur



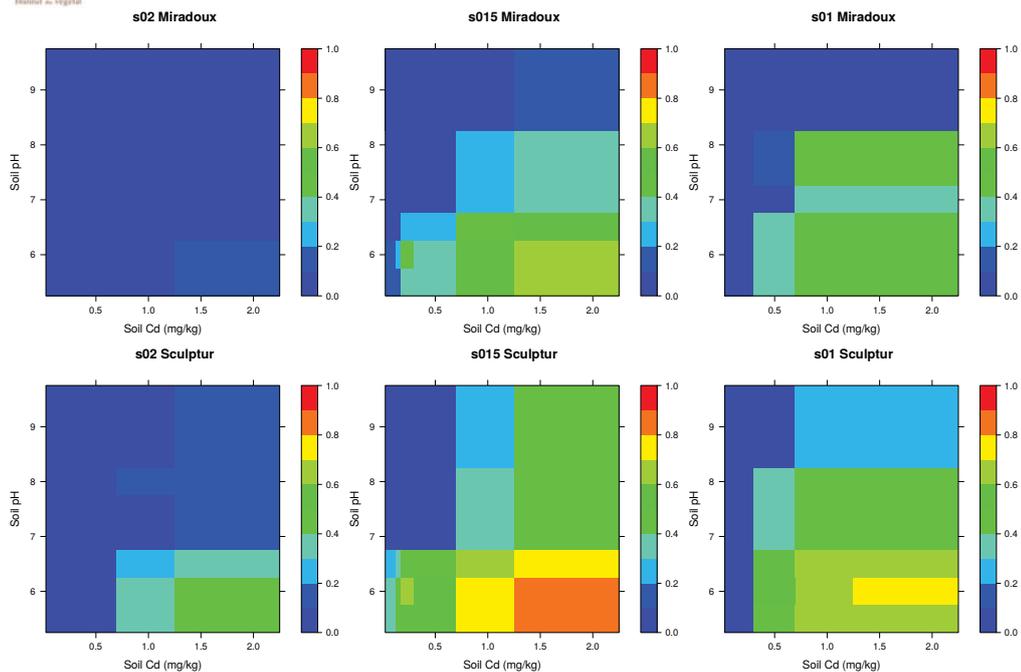
# La biodisponibilité du Cd dans le sol affecte plus le risque de non conformité du blé dur que les différences inter-variétales



Importance de la teneur en Cd (total) du sol et du pH



## Les modèles permettent de prédire la probabilité de non conformité en fonction du Cd du sol et du pH



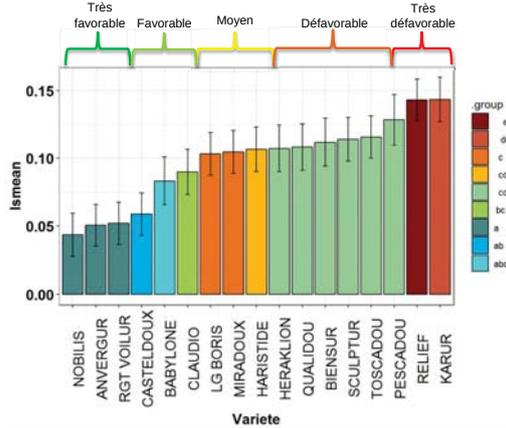
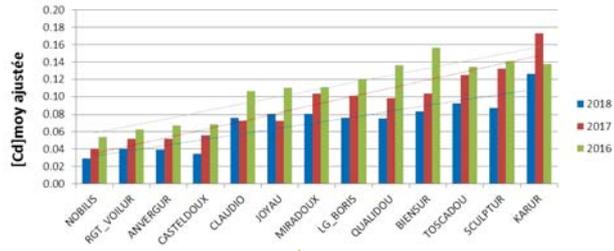
**Même à pH >7 le risque peut être non négligeable ( fort Cd du sol, variété 'sensible')**

# Evaluation du levier variétal et classement des variétés sur la capacité d'accumuler le Cd dans les grains

2 dispositifs expérimentaux (champs)  
51 variétés comparées  
Récoltes 2016, 2017, 2018  
271 échantillons

**Effet année  
mais classement conservé**

Ranking variétal pour [Cd] 2016, 2017 et 2018

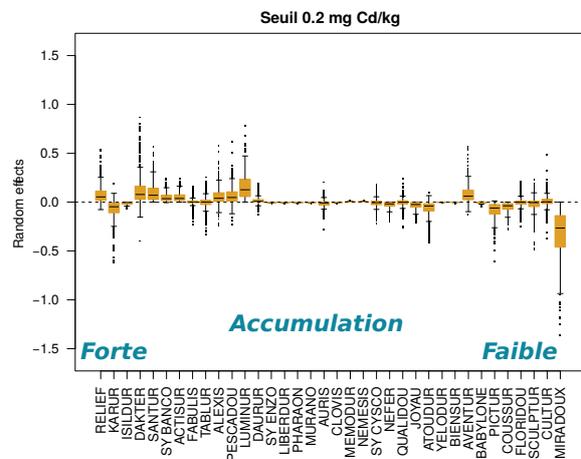
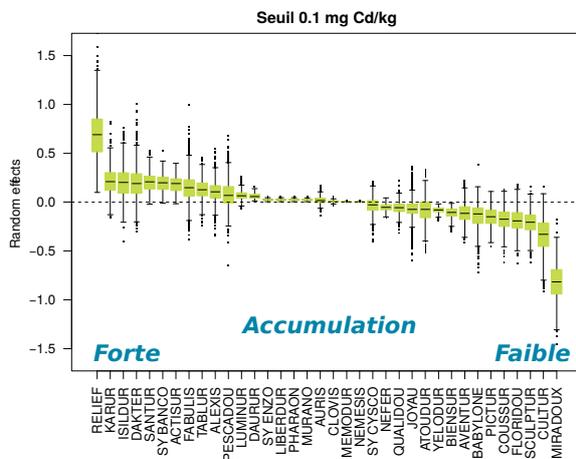


Elimination de l'effet lieu \* année

**17 variétés caractérisées**  
Classement vis à vis de leur capacité à accumuler le Cd dans les grains



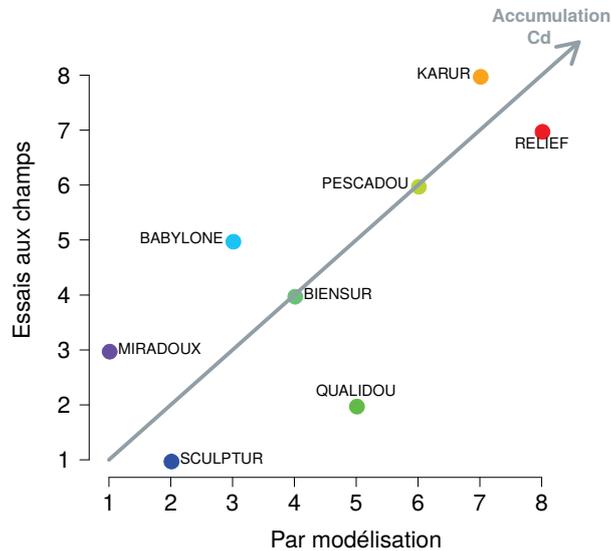
## Classement des variétés de blé dur par modélisation pour leur aptitude à accumuler le Cd dans le grain



Les différences s'expriment d'autant plus que le seuil est bas ?

## Comparaison modélisation / observations au champ pour le classement des variétés de blé dur vis à vis de leur aptitude à accumuler le Cd dans le grain

### Classement des Variétés



## Contamination cadmiée du blé dur

- Le compartiment sol est déterminant
- La variabilité génétique est significative (+Cdu1/-Cdu1 et entre variétés -Cdu1)
- Bonnes performances des modèles de prédiction du risque à partir de l'analyse de terre
  - Pour les trois seuils : la baisse du seuil ne pose pas de problème de prédiction
  - Nécessité de rajouter Cd sol à l'analyse de terre
  - Modélisation par apprentissage : besoin de données : organiser la valorisation des plans de surveillance
  - Voir comment les modèles peuvent être transférés à l'agriculteur pour adapter les pratiques (correction du pH, apport de MO, changer de parcelle, de variété...)
- Le choix variétal est sans doute un levier fort
  - Poursuivre l'évaluation systématique
  - Ajouter Cdu1 dans les critères de sélection ?





# Interactions entre les évènements de contamination par le Cd et le DON : études *in planta*

## L'exposition au cadmium protégerait le blé dur contre *Fusarium graminearum* ?

Jean-Yves Cornu (1), Laetitia Pinson-Gadais (2), Valentin Leannec-Rialland (2), Nadia Ponts (2), Valérie Nicaise (1,2), Christine Ducos (2), Sylvain Chéreau (2), Florence Forget (2)

(1) INRA UR 1264 Mycologie et Sécurité des Aliments - 71, avenue Edouard Bourlaux – BP n° 81 - 33883 Villenave d'Ornon Cedex - mèl : [florence.forget@inra.fr](mailto:florence.forget@inra.fr)

(2) INRA URM UMR 1391 ISPA - 71, avenue Edouard Bourlaux – BP n° 81 - 33883 Villenave d'Ornon Cedex - mèl : [jean-yves.cornu@inra.fr](mailto:jean-yves.cornu@inra.fr)

### Résumé

Le Cadmium (Cd) et les mycotoxines sont parmi les contaminants les plus préoccupants pour la qualité sanitaire des céréales et de leurs produits dérivés. Comme souligné dans l'étude de l'alimentation totale en France (ANSES, 2011), l'exposition de l'homme à ces deux types de contaminants, qui est majoritairement liée à la consommation de produits céréaliers, nécessite d'être surveillée attentivement. Le cadmium est un élément trace présent naturellement dans les sols qui pénètre dans les végétaux par leurs racines et s'accumule dans les parties consommées. Certaines pratiques agricoles, notamment les apports d'engrais phosphatés, ont conduit à un enrichissement des sols en Cd et à une hausse de la teneur en Cd des grains chez les céréales. En ce qui concerne les mycotoxines, le DeOxyNivalenol (DON), qui est produit majoritairement par *Fusarium graminearum* au cours de la culture, est la toxine la plus fréquemment retrouvée dans les récoltes céréalières en Europe.

Parmi les espèces céréalières, le blé dur est la plus sensible à la contamination par le DON et par le Cd. Les récoltes se retrouvent ainsi fréquemment co-contaminées par ce mélange de contaminants, dont les effets toxiques combinés sont encore mal connus. Pour définir des stratégies agronomiques permettant de limiter efficacement et simultanément l'accumulation de ces deux contaminants dans les grains de blé dur, et éviter qu'une stratégie préconisée pour réduire un contaminant n'ait un effet opposé sur le deuxième, il est indispensable d'analyser le degré potentiel d'interaction entre les mécanismes de contamination des grains par le Cd et le DON. Cette analyse constituait l'un des objectifs du projet ANR CaDON, « Cadmium et DeOxyNivalenol dans les récoltes de blé dur : comprendre les évènements de contamination croisée et évaluer la toxicité du mélange ». Pour sa réalisation, du blé dur a été cultivé en serre sur un même sol contaminé à différentes doses de Cd. La moitié des plantes a été inoculée à floraison par une souche toxigène de *F. graminearum*. Des prélèvements d'épis ont été réalisés à différents stades après inoculation et à maturité des grains, et soumis à une batterie d'analyses pour suivre les deux contaminants dans les tissus végétaux ainsi que la réponse de la plante à l'infection fongique dans les différentes conditions de culture.

Les résultats obtenus *in planta* ont permis de mettre en évidence que l'exposition du blé dur au Cd via le sol limitait les niveaux d'ADN fongique et de DON dans les grains récoltés à maturité. Nos données ont permis d'apporter plusieurs éléments explicatifs à



cette observation. Elles ont suggéré que le Cd accumulé dans les tissus végétaux serait toxique pour *F. graminearum* et limiterait sa production de DON, mais aussi que la présence de Cd dans le sol modifierait le métabolisme des plantes et modulerait leur réponse à l'infection par *F. graminearum*.

**Mots clés**: cadmium, blé dur, *Fusarium graminearum*, impact, DeOxyNivalenol (DON), défenses de la plante.



## 9<sup>èmes</sup> Rencontres du RMT Quasaprove « Recherche appliquée, Formation & Transfert »

Dans le cadre du projet CaDON- ANR 15-C21-0001-01 / 2015-2020

Interactions entre les évènements de contamination par le Cd et le DON: études in planta

L'exposition au cadmium protégerait le blé dur contre *Fusarium graminearum* ?

Jean-Yves Cornu <sup>(1)</sup> \_ Florence Forget<sup>(2)</sup>

<sup>(1)</sup> INRA URM UMR 1391 ISPA

<sup>(2)</sup> INRA UR 1264 MycSA

71, avenue Edouard Bourlaux – BP n° 81 - 33883 Villenave d'Ornon



## Contexte : Mycotoxines et ETM, contaminants majeurs des récoltes céréalières

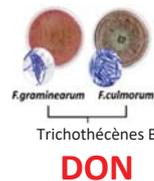
**Résidus de pesticides**  
Herbicide, fongicide, insecticide  
Régulateur de croissance



**Polluants organiques persistants**  
Dioxines, furanes, hydrocarbures aromatiques



**Mycotoxines:**  
Toxines produites par les espèces de *Fusarium*, *Aspergillus* et *Penicillium*



**Métaux lourds:** Plomb, Mercure, Arsenic et cadmium

**cd**





**Le blé dur est une des cultures céréalières la plus sensible à:**

la contamination par le Deoxynivalenol/DON, mycotoxine produite par *F.graminearum*  
l'accumulation de Cd dans ses grains

**Risque de co-contamination des récoltes de blé dur par DON et Cd**



**Au cours des procédés de fractionnement/mouture, Cd et DON se retrouveraient concentrés dans les mêmes fractions**

**Risque de co-contamination des fractions de mouture par Cd et DON**



**Très peu de données publiées sur la toxicité des mélanges de contaminants**

**Aucune donnée sur le mélange DON + Cd**



9èmes rencontres « Recherche Appliquée, Formation et Transfert » du RMT Quasaprove, 4 février 2020, Villenave d'Ornon

RMT Quasaprove

## QUESTIONNEMENT INITIAL

- Quelle est la fréquence des évènements de co-contamination dans les récoltes, fractions de mouture?
- Quelles sont les pratiques agronomiques permettant de réduire la contamination en DON, en Cd, en DON+Cd? Sont-elles compatibles?
- Quelle est la toxicité du mélange Cd+DON: Additivité? Synergie? Antagonisme? Une évolution de la réglementation UE est-elle nécessaire?

Seuils réglementaires:  
DON blé dur: 1750  
 $\mu\text{g.Kg}^{-1}$   
Cd: 0,2  $\text{mg.kg}^{-1}$



9èmes rencontres « Recherche Appliquée, Formation et Transfert » du RMT Quasaprove, 4 février 2020, Villenave d'Ornon

RMT Quasaprove

## PARTENARIAT / AXES DE RECHERCHE

①



ARVALIS  
Institut du végétal

ARVALIS Institut du végétal

① ②



INRA  
SCIENCE & IMPACT

UMR 1391 Interactions Sol Plante Atmosphère

① ②



INRA  
SCIENCE & IMPACT

UR 1264 Mycologie et Sécurité des Aliments

① ②



INRA  
SCIENCE & IMPACT

UMR 1208 Ingénierie des Agropolymères et Technologies Emergentes

③



INRA  
SCIENCE & IMPACT

UMR 1331 Toxicologie Alimentaire

### TACHES:

- 1 Caractériser et identifier les déterminants de la co-contamination Cd-DON des grains et fractions de mouture
- 2 Mécanismes physiologiques de la co-contamination Cd-DON
- 3 Toxicité du mélange de contaminants Cd-DON



9èmes rencontres « Recherche Appliquée, Formation et Transfert » du RMT Quasaprove, 4 février 2020, Villenave d'Ornon

RMT Quasaprove

## CaDON/OBJECTIFS AXE1

### TACHE ①: Caractériser et identifier les déterminants de la co-contamination Cd-DON des grains et fractions de mouture

Coordination: Christophe Nguyen, ISPA



OBJECTIF : CARACTÉRISER LA CO-CONTAMINATION (FRÉQUENCE, COMPOSITION DU MÉLANGE) ET IDENTIFIER LES PRATIQUES À RISQUE

#### Sous taches

Data-mining / enquêtes (données disponibles et à acquérir dans le cadre du projet)

Influence du choix variétal/Cd et DON

Influence de la gestion des résidus de culture/ Cd et DON

Distribution Cd et DON au cours de la mouture: effet génotype et procédé



9èmes rencontres « Recherche Appliquée, Formation et Transfert » du RMT Quasaprove, 4 février 2020, Villenave d'Ornon

RMT Quasaprove

### TACHE ② Mécanismes physiologiques de la co-contamination Cd-DON

Coordination: Laetitia Pinson-Gadais, MycSA



OBJECTIF : DÉCRYPTER LES INTERACTIONS CD/PLANTE/F. GRAMINEARUM ET LEURS CONSÉQUENCES SUR LA QUALITÉ DES GRAINS

#### Sous taches

Quel est l'effet de l'exposition de la plante au Cd via le sol sur la contamination en DON des grains?

Quel est l'effet de l'infection par *Fusarium graminearum* sur la contamination en Cd des grains?

Si interaction, quels sont les mécanismes sous jacents?



9èmes rencontres « Recherche Appliquée, Formation et Transfert » du RMT Quasaprove, 4 février 2020, Villenave d'Ornon



### TACHE ③: Toxicité du mélange de contaminants Cd-DON

Coordination: Philippe Pinton, Toxalim



OBJECTIF : ANALYSER LES INTERACTIONS ENTRE EFFETS TOXIQUES: ANTAGONISMES? SYNERGIE? ADDITIVITÉ?

#### Sous taches

Etudier la toxicité du Cd et du DON par des approches in vitro et ex vivo

Déterminer la nature des interactions entre DON et Cd

Evaluer leurs effets, seuls ou en mélange chez l'animal

- Cd a des effets délétères sur les reins, le foie, les os. Effet sur l'intestin ? Cd est cancérigène probable pour l'homme.
- DON réduit la croissance des animaux, affecte la réponse immunitaire et entraîne des troubles de la reproduction. Au niveau intestinal, il diminue la fonction de la barrière, l'absorption de nutriments et induit une réponse inflammatoire.
- **L'intestin est le premier organe cible en contact avec le Cd et le DON et il est important de connaître la nature de leur interaction pour les cellules intestinales lorsqu'ils sont présents en mélange.**



9èmes rencontres « Recherche Appliquée, Formation et Transfert » du RMT Quasaprove, 4 février 2020, Villenave d'Ornon



## Partenaires



### **BioGet team** **ISPA UMR, INRA**

- Jean-Yves Cornu
- Valérie Nicaise
- Christophe Nguyen
- Laurence Denaix
- Sylvie Bussière
- Cécile Coriou
- Thierry Robert
- Bofang Yan

### **Toxalim team**

- Philippe Pinton
- Isabelle Oswald
- + Doctorants

### **IATE team**

- Valérie Lullien-Pellerin
- Cécile Baron
- Marie-Françoise Samson
- + étudiants et CDDs

### **Arvalis**

- Benoît Meleard
- Guénole Grignon
- Béatrice Orlando
- Agathe Roucou



9èmes rencontres « Recherche Appliquée, Formation et Transfert » du RMT Quasaprove, 4 février 2020, Villenave d'Ornon







# ***Datura stramonium* dans le maïs : Enjeux sanitaires et complexité de gestion**

**Aude Carrera <sup>(1)</sup>, Philippe Mouquot <sup>(2)</sup> et Béatrice Orlando <sup>(3)</sup>**

(1) ARVALIS - Institut du végétal Délégation Nord Aquitaine, Cité Mondiale - 6 Parvis des Chartrons 33075 – BORDEAUX Cedex

- mèl : [a.carrera@arvalis.fr](mailto:a.carrera@arvalis.fr)

(2) Chambre d'Agriculture de la Gironde, 17 cours Xavier Arnoz, CS 71305, 33082 BORDEAUX Cedex

- mèl : [p.mouquot@gironde.chambagri.fr](mailto:p.mouquot@gironde.chambagri.fr)

(3)

ARVALIS-Institut du Végétal, Station expérimentale, 91720 Boigneville

- mèl : [b.orlando@arvalis.fr](mailto:b.orlando@arvalis.fr)

## **Résumé**

Le *Datura* est une dicotylédone de la famille des solanacées. C'est une espèce annuelle estivale que l'on trouve aujourd'hui dans presque toute la France, avec un développement préférentiel dans le Sud puisqu'il apprécie les températures chaudes. Reconnaissable à son odeur nauséabonde, son développement végétatif luxuriant le rend très concurrentiel des cultures estivales (grandes cultures, cultures légumières). Dans le cadre du Bulletin de Santé du Végétal, un suivi de son évolution dans les parcelles de maïs du Sud-ouest (VigieFlore) a montré sa présence dans 35% des parcelles en moyenne. Avec un cycle de développement rapide, il produit des fruits épineux contenant des graines qui sont ensuite viables durant de nombreuses années. Un pied peut produire jusqu'à 5 000 graines, et une graine de *datura* peut survivre plus de 80 ans dans le sol.

Au-delà de son impact sur le rendement, la présence de *Datura stramonium* dans les cultures dégrade la qualité sanitaire. Toute la plante est susceptible de contenir des alcaloïdes tropaniques, particulièrement toxiques pour l'Homme et l'animal. Les principaux alcaloïdes retrouvés sont l'atropine et la scopolamine. Ces alcaloïdes sont des antagonistes de l'acétylcholine, un neurotransmetteur qui joue entre autres un rôle dans l'activité musculaire et les fonctions végétatives (respiration, battements du cœur, salivation, etc.). Un projet de réglementation européenne est en cours pour le maïs et ses produits dérivés. Le seuil actuellement proposé sur maïs grain est de 15µg/kg pour la somme des 2 alcaloïdes (version de juin 2019). Dans ce contexte, cette étude a porté sur l'occurrence des graines de *datura* et des alcaloïdes associés dans des parcelles de maïs grain sur les récoltes 2017 et 2018. Elle a démontré que les récoltes de maïs français peuvent contenir des contaminations en alcaloïdes tropaniques à des teneurs qui excèdent parfois les valeurs du projet UE de teneur maximale réglementaire en alimentation humaine. Il existe une bonne corrélation entre la teneur en graines de *datura* (g/kg) et la teneur en alcaloïdes tropaniques. Toutefois, dans certains échantillons, on constate une présence additionnelle d'alcaloïdes tropaniques provenant des autres parties de la plante (jus, feuilles...).

L'évolution des pratiques agricoles notamment pour répondre aux enjeux réglementaires rend la gestion de cette adventice complexe que ce soit dans la culture (persistance des programmes de désherbage, gestion des bords de champ) ou dans l'interculture (réglementations liées aux couverts végétaux, avenir du glyphosate).

En premier lieu, il ne faut surtout pas laisser les *daturas* monter à graines pendant l'interculture, ce qui aurait pour conséquence d'augmenter le salissement de la parcelle.



La rotation peut être un levier agronomique efficace en veillant à une bonne alternance des cultures d'hiver avec les cultures printanières ou estivales. Le travail du sol et le labour présentent par contre des efficacités limitées puisque le *Datura* germe à des profondeurs élevées et que son Taux Annuel de Décroissance (TAD) est faible.

En culture, le seul levier curatif vraiment efficace passe par le désherbage avec herbicide ; mais les levées échelonnées du *datura* compliquent le contrôle des levées tardives. Les moyens de désherbage mécanique certes utilisables restent globalement moins performants pour le contrôle de cette plante en raison des levées échelonnées, du contrôle complexe sur le rang et surtout de l'exigence d'une absence qui doit tendre vers 100%. Les autres moyens de maîtrise passeront par la prévention : Il convient de surveiller attentivement les parcelles autant que leurs abords, et d'arracher manuellement les pieds puis de les sortir de l'environnement (ne pas oublier de porter des gants pour toute manipulation de plantes de *datura*). Il s'avèrera judicieux également de broyer les passages d'enrouleurs avant la montée à graines des *daturas*.

À la récolte, il est conseillé de débiter par les parcelles les moins infestées et en veillant tout particulièrement à bien nettoyer le matériel de récolte entre les chantiers.

Le cas du *Datura* doit attirer l'attention sur la nécessité pour le législateur d'envisager une approche transversale de cette problématique, avec, dans ce cas particulier, une logique qui doit considérer le ratio bénéfices /risques afin de proposer aux producteurs des outils de gestion efficaces. Conscient que l'accès aux marchés est conditionné en premier lieu par le respect des exigences sanitaires, le producteur pourrait dans certaines situations se voir contraint à l'abandon de la culture en absence de solutions fiables pour garantir le respect des seuils UE à venir.

**Mots clés** : *Datura Stramonium*, alcaloïdes tropaniques, enjeux sanitaires, contraintes réglementaires, gestion du désherbage.



9<sup>èmes</sup> Rencontres du RMT Quasaprove  
 « Recherche appliquée, Formation & Transfert »

**Datura Stramonium dans le maïs:  
 Enjeux sanitaires et complexité de gestion**

Aude CARRERA et al., *ARVALIS-Institut du végétal*  
 Philippe MOUQUOT, *Chambre départementale de la Gironde*



Datura : carte d'identité



9<sup>èmes</sup> rencontres « Recherche Appliquée, Formation et Transfert » du RMT Quasaprove, 4 février 2020, Villenave d'Ornon



## DATURA STRAMOINE (*Datura stramonium*)

- Espèce annuelle, solanacées
- Odeur caractéristique, nauséabonde
- Nitrophile
- Profondeur de germination > 10 cm, levées très échelonnées
- Fruit épineux (40-60 graines), plusieurs fruits par pied
- Graines viables durant de nombreuses années (faible TAD – Taux Annuel de Décroissance)

Epoque de levée :

Automne	Hiver	Printemps	Été
---------	-------	-----------	-----



ACTA

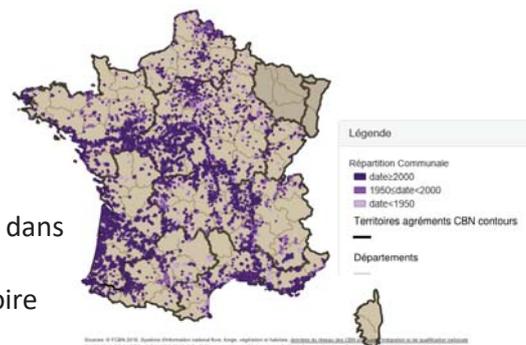
9èmes rencontres « Recherche Appliquée, Formation et Transfert » du RMT Quasaprove, 4 février 2020, Villenave d'Ornon

Quasaprove

## *Datura stramonium* : 500 ans d'histoire

- **XVIème au XVIIème siècle** : les « endormeurs », ils droguaient leurs victimes en leur faisant ingérer ou fumer des mixtures additionnées de fragments de *Datura stramonium*

- **1785** : premières mentions de Datura en France dans le milieu naturel
- **Aujourd'hui** : présence sur presque tout le territoire

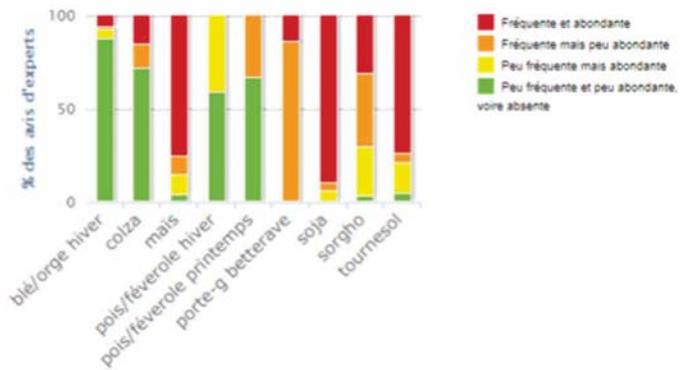


9èmes rencontres « Recherche Appliquée, Formation et Transfert » du RMT Quasaprove, 4 février 2020, Villenave d'Ornon

Quasaprove

## Une adventice inféodée aux cultures d'été

Répartition de l'adventice en mode conventionnel



Les informations affichées ci-dessus reposent sur un nombre suffisant de réponses pour chacune des cultures.

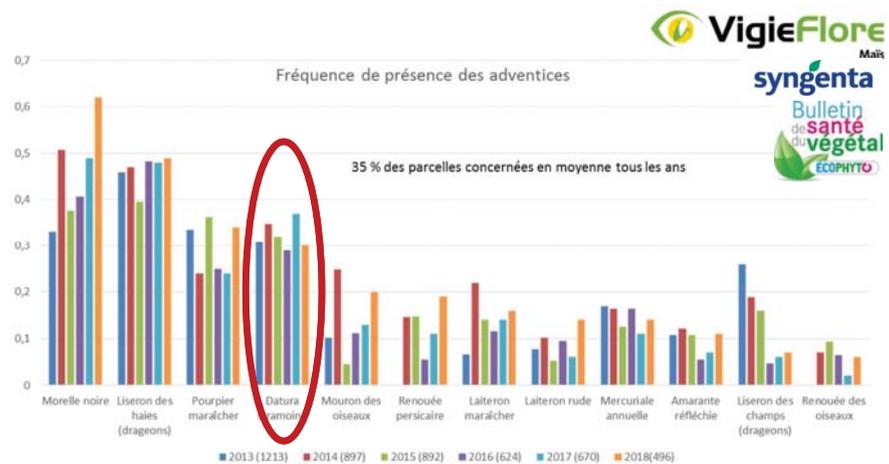
Source infloweb

9èmes rencontres « Recherche Appliquée, Formation et Transfert » du RMT Quasaprove, 4 février 2020, Villenave d'Ornon



## Datura : carte d'identité

- Depuis 2013, un suivi de son évolution dans les parcelles de maïs du Sud-ouest :



9èmes rencontres « Recherche Appliquée, Formation et Transfert » du RMT Quasaprove, 4 février 2020, Villenave d'Ornon



## Datura : carte d'identité

- Une présence qui ne se limite pas aux grandes cultures



Extraction de la base de données Pestobserver comptabilisant les avertissements agricoles et Bulletins de la santé du végétal traitant des cultures légumières et dans lesquels le mot 'datura' apparaît. (Reboud Xavier 2019, the conversation)

9èmes rencontres « Recherche Appliquée, Formation et Transfert » du RMT Quasaprove, 4 février 2020, Villenave d'Ornon



## Toxicité du Datura

- ***Datura stramonium*** contient des alcaloïdes tropaniques dont les principaux sont l'atropine et la scopolamine
- Toute la plante est toxique !

Teneur en alcaloïdes tropaniques du Datura sur matière sèche



Données source : chollet et al. (2010)

- Ces alcaloïdes sont des métabolites secondaires caractérisés par un cycle de tropane (dont la cocaïne)

Ces alcaloïdes sont des antagonistes de l'acétylcholine, un neurotransmetteur qui joue entre autres un rôle dans l'activité musculaire et les fonctions végétatives (respiration, rythme cardiaque, salivation, etc.).

En cas d'ingestion de datura, on observe une augmentation du diamètre de la pupille (mydriase), mais également hallucinations, troubles cardiaques (tachycardie jusqu'à arrêt cardiaque), confusion mentale.

Au niveau du SNC : l'atropine à dose forte est un excitant (agitation, hallucination et insomnie)

L'ARFD est de 0,016 µg/kg pc : ces molécules sont 500 fois plus toxiques que le déoxynivalenol !

9èmes rencontres « Recherche Appliquée, Formation et Transfert » du RMT Quasaprove, 4 février 2020, Villenave d'Ornon



## La réglementation évolue

### Dernier projet du groupe d'experts sur les contaminants agricoles (07 juin 2019) pour l'alimentation humaine :

- **Maïs- grain** (après nettoyage, avant première transformation) :
  - 15µg/kg pour la somme atropine + scopolamineSeraient concernés : tous les maïs à destination de l'alimentation humaine excepté le maïs pour l'amidonnerie et le maïs pop corn
- **Maïs pop corn prêt à éclater , produits de mouture du maïs** :
  - 5µg/kg pour la somme atropine + scopolamine
- **Pour millet, sorgho (grain et produits de mouture)** :
  - 5µg/kg pour la somme atropine + scopolamine
- **Pour sarrasin (grain et produits de mouture)** :
  - 10µg/kg pour la somme atropine + scopolamine
- **Produits finis et baby food contenant du maïs, du sorgho, du millet ou du sarrasin:**
  - 1 µg/kg pour l'atropine
  - 1 µg/kg pour la scopolamine



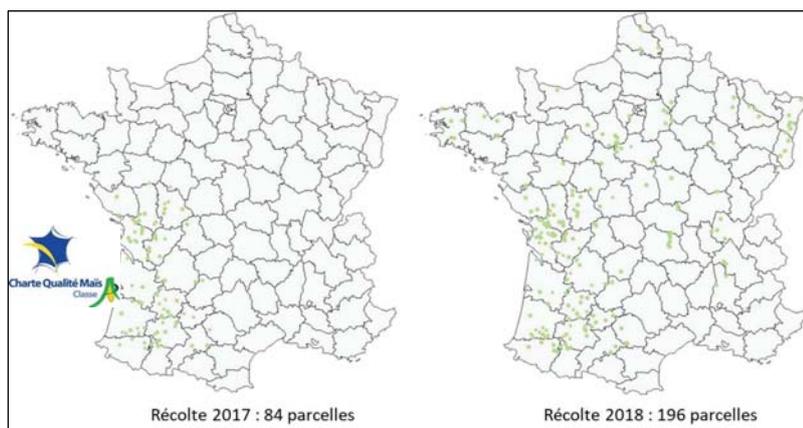
9èmes rencontres « Recherche Appliquée, Formation et Transfert » du RMT Quasaprove, 4 février 2020, Villenave d'Ornon

Quasaprove

## Un dispositif de 280 parcelles analysées (2017-2018)

### Observatoire Charte Maïs Classe A

- 150 adhérents, plus de 50% du maïs grain français
- Expertise technique confiée à Arvalis: suivi de la qualité sanitaire et physique, rédaction de communiqués...
- Récolte 2017: financement CR Nouvelle-Aquitaine (projet DEDUNA) pour détection alcaloïdes



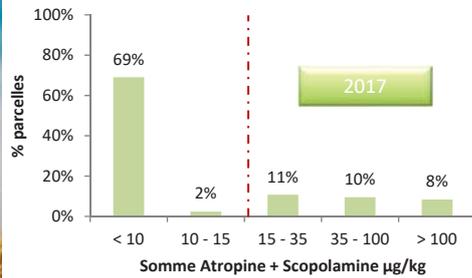
➤ Travaux portés par Béatrice ORLANDO, ARVALIS, Service Qualité et Valorisation



9èmes rencontres « Recherche Appliquée, Formation et Transfert » du RMT Quasaprove, 4 février 2020, Villenave d'Ornon

Quasaprove

## Occurrence des alcaloïdes tropaniques sur maïs



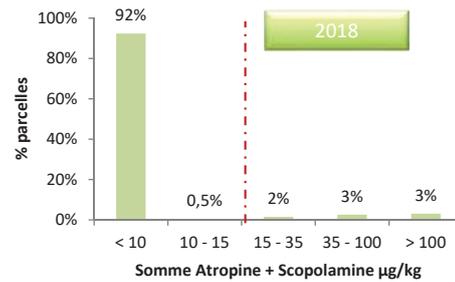
Observatoire sortie champ



Source : Enquêtes au champ maïs ARVALIS – Institut du végétal

Dans notre étude : **dépassement du projet de teneur maximale réglementaire** dans

- 29% des parcelles de la récolte 2017
- 8% des parcelles de la récolte 2018



9èmes rencontres « Recherche Appliquée, Formation et Transfert » du RMT Quasaprove, 4 février 2020, Villenave d'Ornon

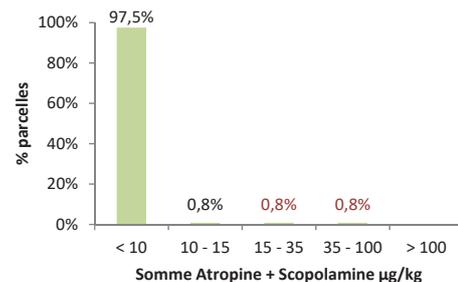
Quasaprove

## Corrélation entre graines de datura et alcaloïdes tropaniques

- **Bonne corrélation** entre la **teneur en graines de datura** (g/kg) et la **teneur en alcaloïdes tropaniques** ( $R^2$  de 0.86)
- **1g de graines** de Datura contient **4443µg** d'alcaloïdes tropaniques
- **1 graine** pèse en moyenne **6.3mg**
- ➔ **Donc en moyenne 1 graine contient 28µg d'alcaloïdes tropaniques :**
  - **21µg d'Atropine**
  - **7 µg de Scopolamine**

- **Quantification possible** d'alcaloïdes tropaniques **en absence de graines de datura** (fragments, jus de plante)
- Teneurs majoritairement < projet réglementaire mais **des dépassements sont possibles**

Parcelles exemptes de graines de Datura  
(120 échantillons, 2017-2018)



9èmes rencontres « Recherche Appliquée, Formation et Transfert » du RMT Quasaprove, 4 février 2020, Villenave d'Ornon

Quasaprove

## La réglementation évolue

### Dernier projet du groupe d'experts sur les contaminants agricoles (07 juin 2019) pour l'alimentation humaine :

- **Maïs- grain** (après nettoyage, avant première transformation) : **≈ 1 graine datura dans 2kg**
  - 15µg/kg pour la somme atropine + scopolamineSeraient concernés : tous les maïs à destination de l'alimentation humaine excepté le maïs pour l'amidonnerie et le maïs pop corn
- **Maïs pop corn prêt à éclater , produits de mouture du maïs :**
  - 5µg/kg pour la somme atropine + scopolamine**≈ 1 graine datura dans 6kg**
- **Pour millet, sorgho (grain et produits de mouture) :**
  - 5µg/kg pour la somme atropine + scopolamine**≈ 1 graine datura dans 6kg**
- **Pour sarrasin (grain et produits de mouture) :**
  - 10µg/kg pour la somme atropine + scopolamine**≈ 1 graine datura dans 3kg**
- **Produits finis et baby food contenant du maïs, du sorgho, du millet ou du sarrasin:**
  - 1 µg/kg pour l'atropine
  - 1 µg/kg pour la scopolamine



9èmes rencontres « Recherche Appliquée, Formation et Transfert » du RMT Quasaprove, 4 février 2020, Villenave d'Ornon

Quasaprove

## Détection des premiers individus

Objectif : Zéro datura !



- Un réflexe : l'arrachage !

Ne pas laisser le datura monter à graine !



9èmes rencontres « Recherche Appliquée, Formation et Transfert » du RMT Quasaprove, 4 février 2020, Villenave d'Ornon

Quasaprove

## Gestion agronomique du datura

### Efficacité des leviers agronomiques

Rotation des cultures	Vert
Décalage de la date de semis	Rouge
Faux-Semis	Orange
Labour	Jaune

A condition de soigner les pratiques culturales, les parcelles avec une **bonne alternance entre cultures d'hiver, cultures de printemps et cultures d'été** sont généralement moins infestées par le datura.

Dans les parcelles ayant connu des problèmes de contrôle du datura, il faut **éviter autant que possible de cultiver fréquemment des cultures à risque d'échec** (tournesol,...).



Source: Infloweb

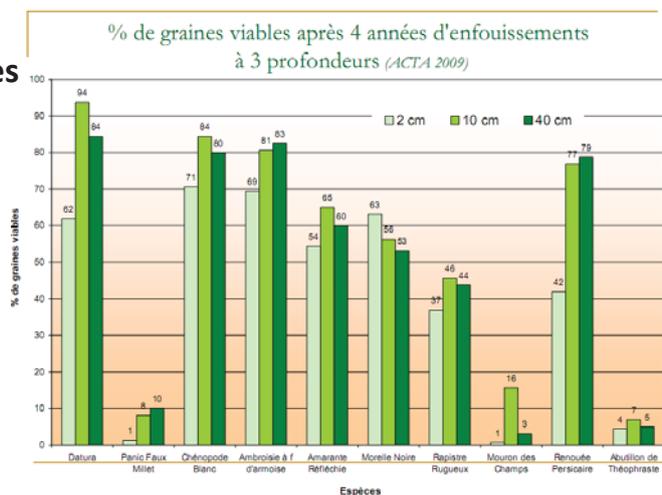
9èmes rencontres « Recherche Appliquée, Formation et Transfert » du RMT Quasaprove, 17 décembre 2019, Villenave d'Ornon



## Gestion agronomique du datura

### Efficacité des leviers agronomiques

- Prendre en compte les traits de vie de l'adventice



Rodriguez, 2009

9èmes rencontres « Recherche Appliquée, Formation et Transfert » du RMT Quasaprove, 4 février 2020, Villenave d'Ornon



## Gestion agronomique du datura

- Surtout **ne pas laisser monter à graine les** daturas pendant l'interculture.
- **Arracher** les daturas **manuellement** en cours de saison en prenant soin de sortir les plantes de la parcelle. Penser à porter des **gants**.
- Avant montée en graine du datura, **broyer les passages d'enrouleurs**.
- **Surveiller les bords des parcelles**.

### A la récolte :

- Commencer les chantiers de récolte sur les **parcelles les moins infestées** si possible
- **Nettoyer le matériel de récolte** entre les chantiers



9èmes rencontres « Recherche Appliquée, Formation et Transfert » du RMT Quasaprove, 4 février 2020, Villenave d'Ornon



## Gestion en culture du Datura

- **De nombreux herbicides sont efficaces mais les levées échelonnées compliquent le contrôle tardif.**  
⇒ **Prévoir une base de pré-levée puis 1 ou 2 applications d'herbicides racinaires + foliaires** positionnés sur des jeunes Daturas (2 à 4 F) au stade 2-4 F puis 8-9F du maïs.

- **Les levées échelonnées augmentent le risque d'échec des interventions mécaniques**

	Efficacité
Herse étrille	
Houe rotative	
binage	Plusieurs passages nécessaires



9èmes rencontres « Recherche Appliquée, Formation et Transfert » du RMT Quasaprove, 4 février 2020, Villenave d'Ornon



## Datura : enjeu sanitaire

- **Progresser dans la détection de l'adventice dans la parcelle pour cibler le travail manuel :**
  - Telespazio France est une entreprise spécialisée dans l'exploitation des données spatiales et de la géo-information. Les équipes, situées à Bordeaux pour la partie environnement, à Kourou, Paris et Toulouse, ont été sollicitées par plusieurs acteurs de l'agroalimentaire pour les aider à répondre à cet enjeu de santé publique.
  - Depuis 2016, l'entreprise a donc mis en place un service de détection du datura et d'aide à la décision pour les agriculteurs. Des images drones sont analysées par des algorithmes d'intelligence artificielle puis contrôlées par des experts. L'agriculteur reçoit ensuite via une application une cartographie de son champ indiquant les zones de présence du datura.



9èmes rencontres « Recherche Appliquée, Formation et Transfert » du RMT Quasaprove, 4 février 2020, Villenave d'Ornon

Quasaprove

## Post récolte : le nettoyage des grains, seule voie curative

- Le **nettoyage des grains peut être une étape efficace** pour éliminer les graines de datura
  - **maïs** : ces graines ont une morphologie bien distincte de celle du maïs,
  - **efficacité variable sur d'autres cultures** (sarrasin notamment)
- Limites du nettoyage :
  - coût économique élevé pour la filière
  - difficultés de mise en œuvre à grande échelle pendant les pointes de collecte.



- **Des contaminations en alcaloïdes peuvent subsister** dans les lots après tri, avec dépassement possible du projet réglementaire
- **Seule l'absence de datura au champ garantit le respect des futures teneurs maximales réglementaires**



9èmes rencontres « Recherche Appliquée, Formation et Transfert » du RMT Quasaprove, 4 février 2020, Villenave d'Ornon

Quasaprove

## Pour conclure...

- **Au champ** : **désherbage avec herbicide** = seul levier curatif vraiment efficace
- **Difficulté de gestion des bords de champ** !
- Evolution des pratiques agricoles liée **aux enjeux réglementaires et sociétaux**,
  - législateurs : envisager une **approche transversale de cette problématique**,
  - considérer le **ratio bénéfiques /risques** afin de proposer aux producteurs des outils de gestion efficaces.
- **Accès au marché conditionné par le respect des exigences sanitaires**,
  - en **absence de solutions satisfaisantes** : **risque d'abandon** de la culture exposée dans certaines situations
  - dans **certains systèmes d'agriculture biologique** : **Risque accru** avec retour trop fréquent de cultures de printemps et faute de disposer d'assez de temps pour arracher tous les plants présents dans un champ.



9èmes rencontres « Recherche Appliquée, Formation et Transfert » du RMT Quasaprove, 4 février 2020, Villenave d'Ornon

 Quasaprove

## Merci pour votre attention



9èmes rencontres « Recherche Appliquée, Formation et Transfert » du RMT Quasaprove, 4 février 2020, Villenave d'Ornon

 Quasaprove



## Pour en savoir plus ...

➤ **Site Internet** : <http://www.quasaprove.org>

- ✦ *Mise en ligne des présentations des 9 éditions des rencontres du RMT Quasaprove*
- ✦ *Agenda des prochains évènements*
- ✦ *Brèves*
- ✦ *Résultats et livrables des projets de recherche*
- ✦ *Bibliographie (articles scientifiques et techniques)*
- ✦ *Synthèses*
- ✦ *Accès à la plateforme participative et aux données du réseau de parcelles*