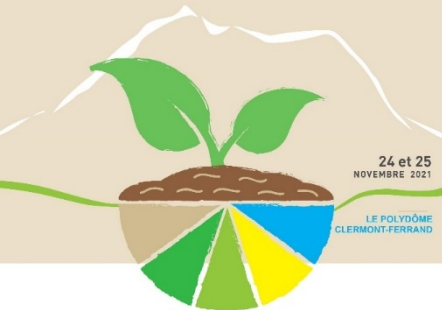


15^È RENCONTRES

DE LA FERTILISATION RAISONNÉE
ET DE L'ANALYSE



Le rendez-vous biennal des professionnels de la fertilisation raisonnée

comifer

Gemas



ARVALIS
Institut du végétal



UN OUTIL DE PRÉDICTION DU RISQUE DE NON CONFORMITÉ DU BLÉ DUR VIS-À VIS DE SA TENEUR EN MÉTAUX LOURDS

Nguyen¹ Christophe, Saby Nicolas², Roucou Agathe³, Cornu Jean-Yves¹, Méléard Benoît³

1: UMR ISPA Inrae BSA, Centre de Bordeaux Aquitaine

2: Infosol, Inrae, Orléans

3: Arvalis Institut du Végétal, Station expérimentale de Boigneville



anr[®]
agence nationale
de la recherche
AU SERVICE DE LA SCIENCE



Éléments Traces

Naturels - Ne se dégradent pas

Concentrations environnementales: 0.1% mg/kg

Métaux lourds >5 g/cm³

																		He	
Li	Be																	F	Ne
																		Cl	Ar
		Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br			Kr
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I			Xe
Cs	Ba	Lu	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At			Rn
Fr	Ra																		
		La	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb				
		Ac	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No				

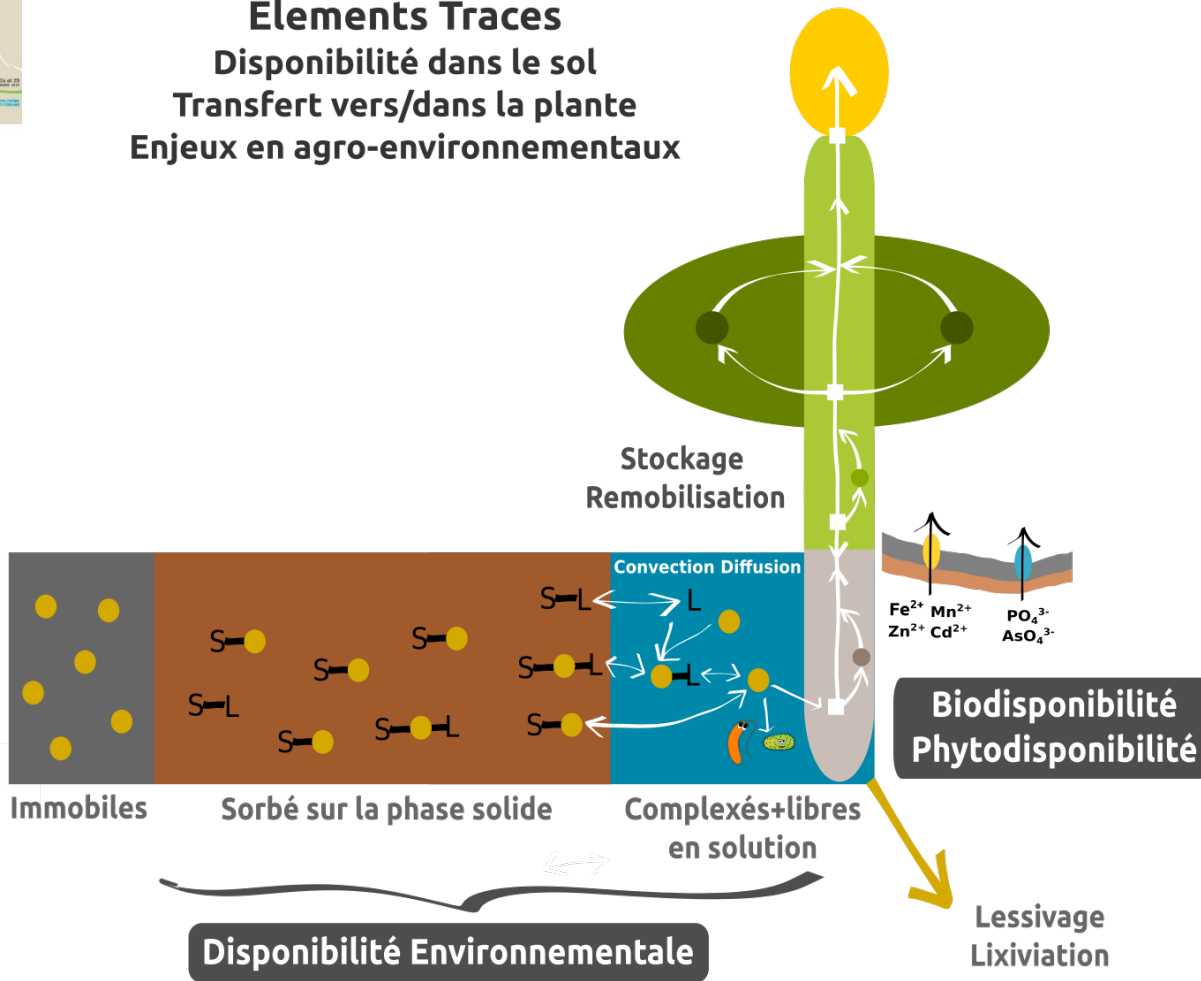
Oligo-éléments pour les végétaux
 Oligo-éléments pour les animaux
 Contaminants environnementaux fréquents

Elements Traces

Disponibilité dans le sol

Transfert vers/dans la plante

Enjeux en agro-environnementaux



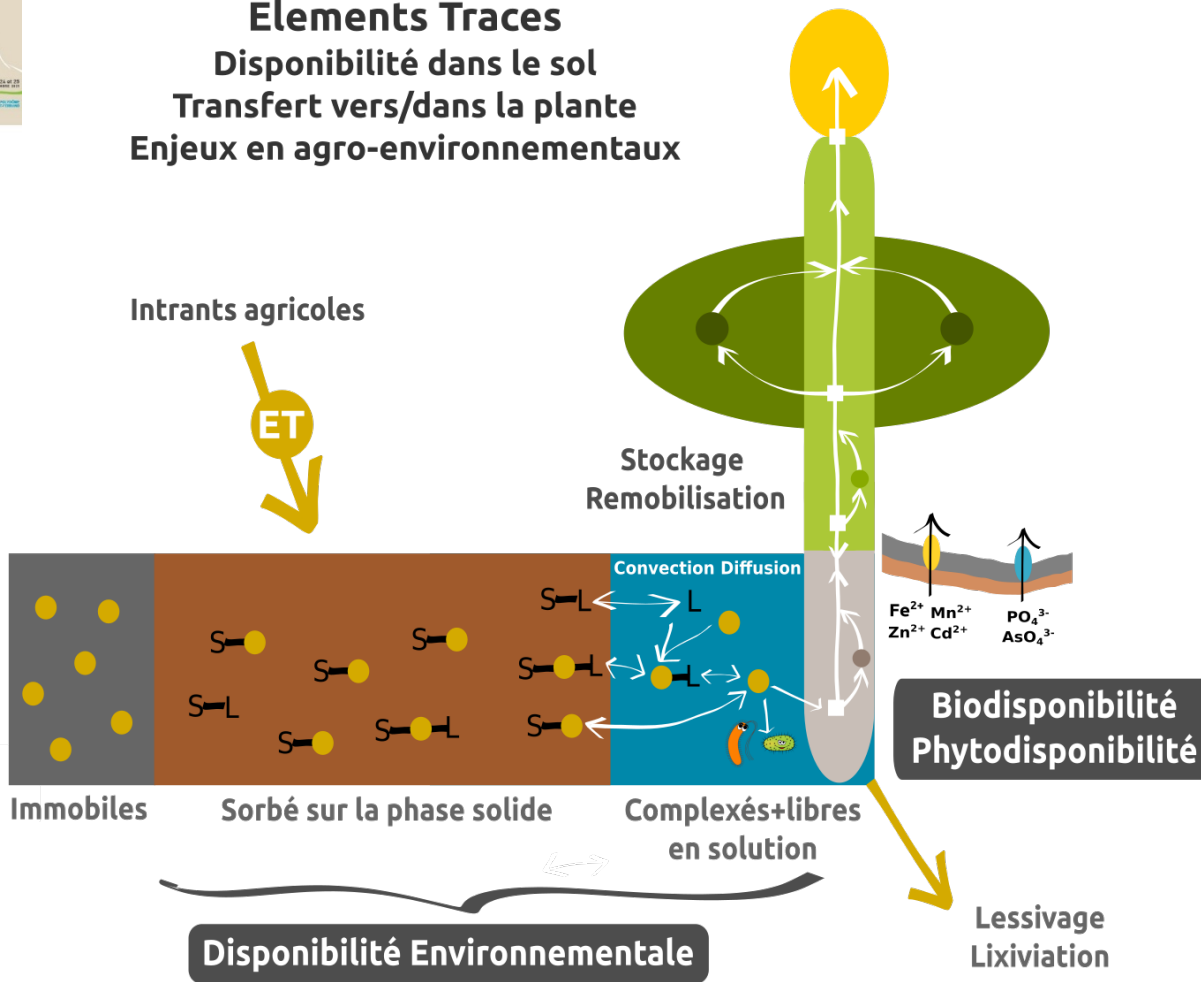


Elements Traces

Disponibilité dans le sol

Transfert vers/dans la plante

Enjeux en agro-environnementaux



Conformité réglementation contaminants

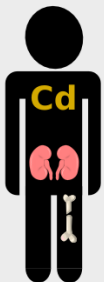
Valeur nutritionnelle

Accumulation dans les sols

Toxicité

Cadmium

1/2 vie : 10 - 30 ans



Cancérigène
Dégénérescence
rénale
Décalcification

Sources d'exposition




Cd urinaire

18-74 ans

2419 individus

2006-2007
↓ x 1.76
2014-2016

48% 
des individus
> seuil
toxicologique

France
versus
Etats-unis, Italie



Cadmium

1/2 vie : 10 - 30 ans



Cancérigène
Dégénérescence
rénale
Décalcification

Sources d'exposition



Cd urinaire

18-74 ans

2419 individus

Août 2021

48%
des individus
> seuil
toxicologique



2006-2007



x 1.76

2014-2016

France
versus
Etats-unis, Italie



Recommandation
Exposition
alimentaire au Cd



µg Cd /kg poids /semaine

1985



7

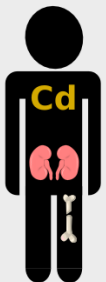
2009



2.5

Cadmium

1/2 vie : 10 - 30 ans



Cancérogène
Dégénérescence rénale
Décalkification

Sources d'exposition



Cd urinaire

18-74 ans

2419 individus

Août 2021

2006-2007

48%
des individus
> seuil
toxicologique



x 1.76

2014-2016

France
versus
Etats-unis, Italie



Recommandation
Exposition
alimentaire au Cd



µg Cd /kg poids /semaine

1985



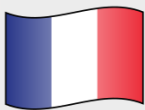
7

2009



2.5

EAT2, Anses, 2011



µg Cd /kg poids /semaine

1.12

1.68

mg Cd /an

28.6

18.4

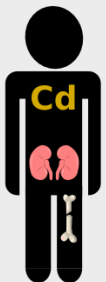
Dépassement

0.6 %

14.9 %

Cadmium

1/2 vie : 10 - 30 ans



Cancérogène
Dégénérescence rénale
Décalkification

Sources d'exposition



Cd urinaire

18-74 ans

2419 individus

Août 2021

2006-2007

48%
des individus
> seuil
toxicologique



x 1.76

2014-2016

France
versus
Etats-unis, Italie



Recommandation
Exposition
alimentaire au Cd



µg Cd /kg poids /semaine

1985



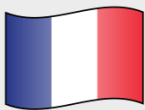
7

2009



2.5

EAT2, Anses, 2011



µg Cd /kg poids /semaine

1.12

1.68

mg Cd /an

28.6

18.4

Dépassement

0.6 %

14.9 %



Blé dur

Pâtes Semoule



8.1

1.3

kg / an / personne

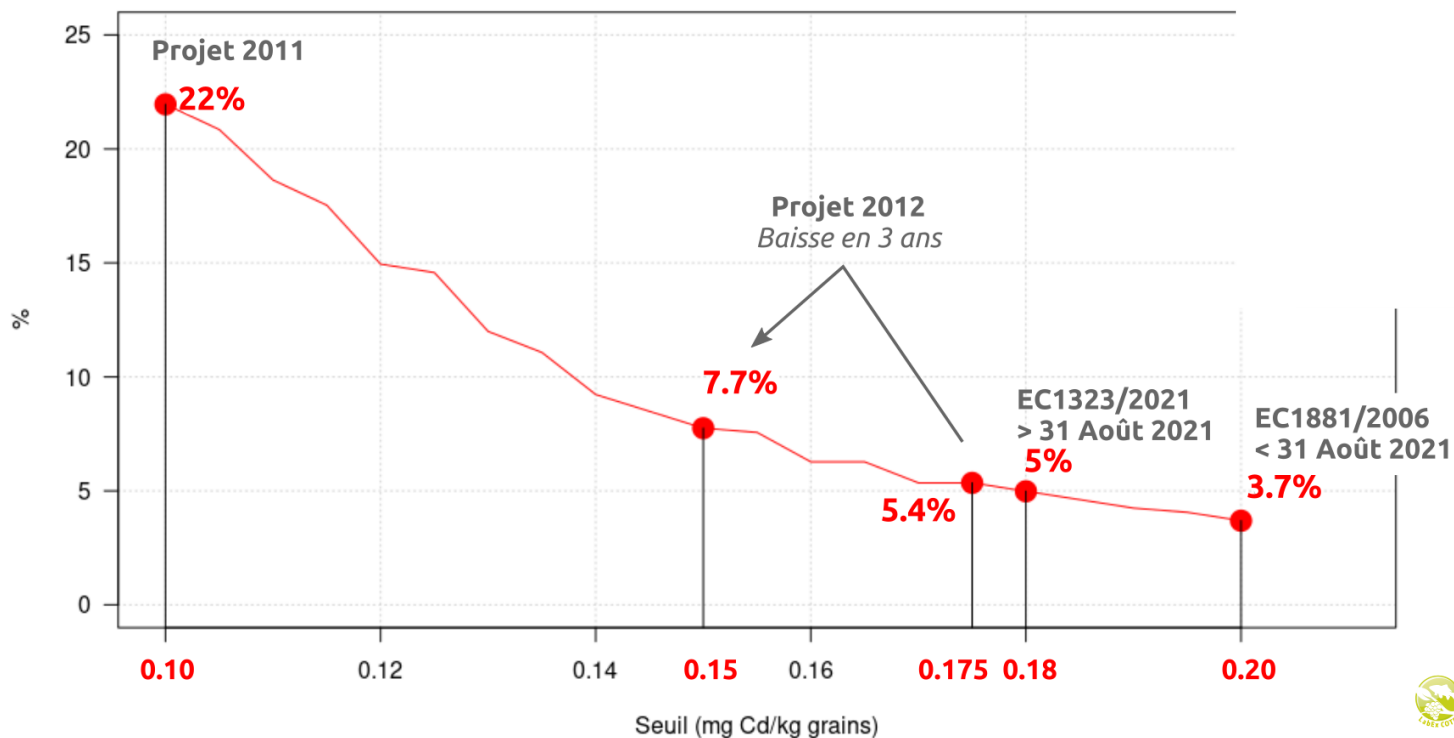


9.2%

de la dose
de Cd annuelle
admissible



Non-conformité des parcelles Françaises de blé dur aux seuils réglementaires pour le Cd

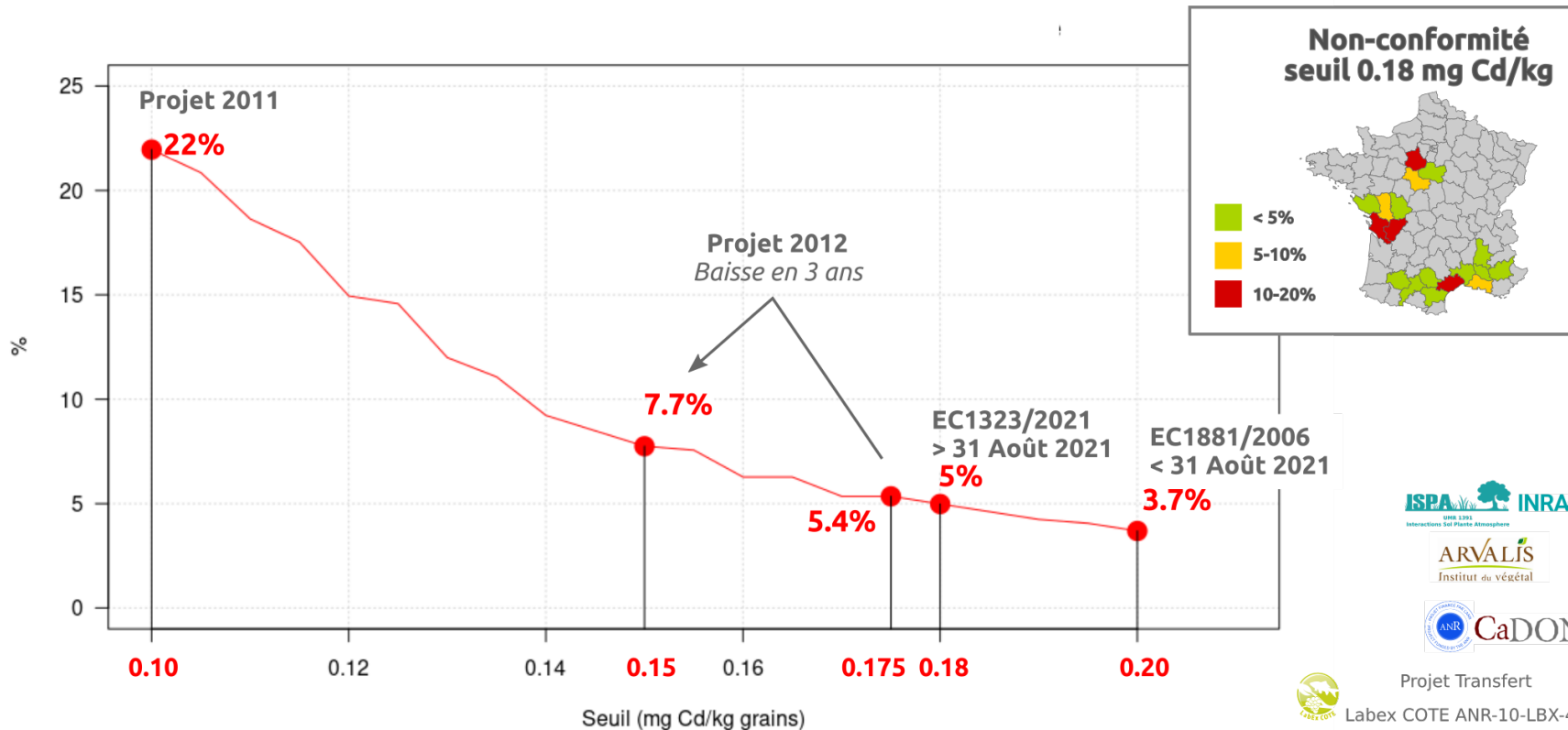


Projet Transfert

Labex COTE ANR-10-LBX-45



Non-conformité des parcelles Françaises de blé dur aux seuils réglementaires pour le Cd





Un outil pour la prédiction de la qualité sanitaire du blé dur

Bléssûr est un outil pour prédire la conformité une future récolte de blé dur à la réglementation européenne portant sur les teneurs maximales en contaminants métalliques dans les denrées destinées à l'alimentation humaine. Ces teneurs maximales sont pour le Cadmium (Cd) de 0,18 mg Cd/kg de grains (règlement EC2021/1323) et pour le Plomb (Pb) de 0,2 mg Pb/kg grains (règlement EC2021/1317). Bléssûr fournit également des prédictions pour deux autres contaminants qui pourraient être également réglementés: le Nickel (Ni) et l'Arsenic (As).

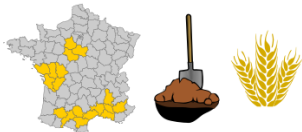


Bléssûr a été développé par l'UMR Ispa Inrae et Arvalis Institut du végétal avec le soutien financier de l'Agence nationale de la recherche (ANR), dans le cadre du programme investissement d'avenir au sein du LabEx COTE (ANR-10LABX-45) et du projet scientifique CaDON (ANR-15-CE21-0001-04)



Prélèvements

 CaDON
2016-2018



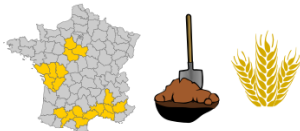
Agriculteurs Bassins de production
Echantillons appariés terre + grains

Cd: n=561

As, Ni, Pb, Fe, Zn: n=245

Prélèvements

 CaDON
2016-2018



Agriculteurs Bassins de production
Echantillons appariés terre + grains

Cd: n=561

As, Ni, Pb, Fe, Zn: n=245

Analyses




Variété

Cd, As, Ni, Pb, Fe, Zn
terre + grains




Argiles, limons
pH Calcaire

C_{organique} C:N

Prélèvements




CaDON
2016-2018

Agriculteurs Bassins de production
Echantillons appariés terre + grains
Cd: n=561
As, Ni, Pb, Fe, Zn: n=245

Analyses



Variété

Cd, As, Ni, Pb, Fe, Zn
terre + grains

Argiles, limons
pH Calcaire
C_{organique} C:N

Modélisation statistique


$\text{Proba}(\text{ET}_{\text{grain}} > \text{seuil}) = f(\text{Variables sol} + \text{Variété})$

Machine learning

Régression logistique
Random Forest

Validation croisée

Test prédictions



←

Calibration

0
1


Sélection des meilleurs modèles
Maximisent la détection

Nguyen et al. / Inrae


15^e Rencontres Comifer-Gemas 24-25 nov 2021 - Clermont-Ferrand


14

Prélèvements




CaDON
2016-2018





Agriculteurs Bassins de production
Echantillons appariés terre + grains
Cd: n=561
As, Ni, Pb, Fe, Zn: n=245

Analyses



Variété

Cd, As, Ni, Pb, Fe, Zn
terre + grains

Argiles, limons
pH Calcaire
C_{organique} C:N


Modélisation statistique

$\text{Proba}(\text{ET}_{\text{grain}} > \text{seuil}) = f(\text{Variables sol} + \text{Variété})$

Machine learning
Régression logistique
Random Forest

Validation croisée

Test prédictions



←

Calibration

Sélection des meilleurs modèles
Maximisent la détection

Modèle 1

Modèle 2


...



Modèle n

Prédiction de la conformité
Agrégation des meilleurs modèles
Prédiction médiane



Prélèvements


CaDON
 2016-2018

Agriculteurs Bassins de production
 Echantillons appariés terre + grains
 Cd: n=561
 As, Ni, Pb, Fe, Zn: n=245

Modélisation statistique


$Proba(ET_{\text{grain}} > \text{seuil}) = f(\text{Variables sol} + \text{Variété})$

Machine learning

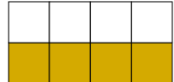
Régression logistique
Random Forest

Validation croisée


Test prédictions



Calibration




0
1



Sélection des meilleurs modèles
Maximisent la détection

Analyses



Variété	Argiles, limons	pH Calcaire
Cd, As, Ni, Pb, Fe, Zn terre + grains	C _{organique}	C:N

Développement Internet

ANR-10-LBX-45



<https://ispa.bordeaux.inra.fr/services/blesur/>



Modèle 1
Modèle 2
...
Modèle n

Prédiction de la conformité
 Agrégation des meilleurs modèles
 Prédiction médiane

Performances

Détection
Fiabilité

Performances de **Bléssûr**

Cas détectés

Cas correctement
prédits

**Non
conformité** **Conformité**

**Non
conformité** **Conformité**

Cd (0.18 mg/kg)

82%

88%

75%

89%

Performances de *Bléssûr*

	Cas détectés		Cas correctement prédits	
	Non conformité	Conformité	Non conformité	Conformité
As (0.1 mg/kg)	50%	94%	20%	98%
Cd (0.18 mg/kg)	82%	88%	75%	89%
Pb (0.2 mg/kg)	33%	91%	14%	95%
Ni (0.2 mg/kg)	52%	93%	46%	69%

Faibles performances:

- pas assez de données
- pas assez de non conformités



Un outil pour la prédiction de la qualité sanitaire du blé dur

*Bléssûr est un outil pour prédire la conformité une future récolte de blé dur à la réglementation européenne portant sur les teneurs maximales en **contaminants métalliques** dans les denrées destinées à l'alimentation humaine. Ces teneurs maximales sont pour le **Cadmium (Cd)** de **0,18 mg Cd/kg** de grains (règlement EC2021/1323) et pour le **Plomb (Pb)** de **0,2 mg Pb/kg** grains (règlement EC2021/1317). Bléssûr fournit également des prédictions pour deux autres contaminants qui pourraient être également réglementés: le **Nickel (Ni)** et l'**Arsenic (As)**.*



Bléssûr a été développé par l'UMR Ispa Inrae et Arvalis Institut du végétal avec le soutien financier de l'Agence nationale de la recherche (ANR), dans le cadre du programme investissement d'avenir au sein du LabEx COTE (ANR-10LABX-45) et du projet scientifique CaDON (ANR-15-CE21-0001-04)



Entrez votre analyse de terre

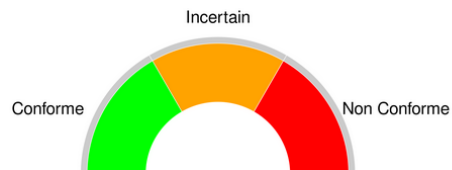
Il faut renseigner *a minima* le pH eau, la teneur en carbone organique (50% de la teneur en MO), le rapport C/N et au moins un des ETM parmi As, Cd, Ni, Pb. Vous pouvez également renseigner la teneur en Fe et Zn du sol pour avoir une estimation de la teneur de ces éléments dans les grains

Si vous avez connaissance de la texture de votre terre vous pouvez la renseigner en plus: teneur en argiles et en limons totaux **OU** fins

Choisissez ensuite une variété dans la liste déroulante. Si votre variété n'apparaît pas choisissez *Ma variété n'est pas dans la liste* et la prédiction se fera pour la variété **Miradoux**

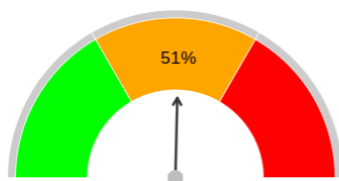
pH (eau) 6.5	Rapport C/N 10	Limons (%) 10	Cd total 0.8	Pb total 15	Fe total (%) 5
C organique (%) 1,3	Argiles (%) 20	Limons fins (%) 	As total 14	Ni total 20	Zn total 30
Ma variété DAKTER					

Résultats pour les contaminants

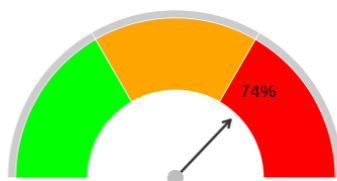


Si vous constatez que le risque de non-conformité est fort vous pouvez:

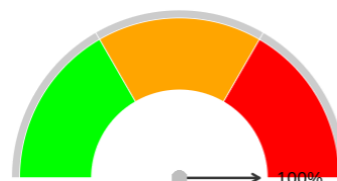
- Vérifier que votre pH est au moins égal à 7
- Consulter l'onglet **Choisir sa variété** pour sélectionner une variété peu accumulatrice



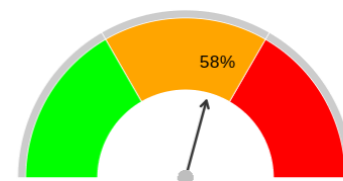
As - 0.1 mg/kg



Cd - 0.18 mg/kg



Ni - 0.2 mg/kg



Pb - 0.2 mg/kg

Entrez votre analyse de terre

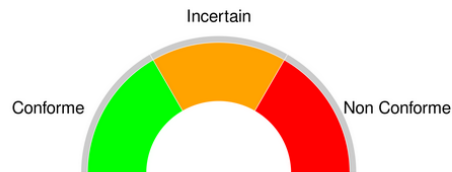
Il faut renseigner *a minima* le pH eau, la teneur en carbone organique (50% de la teneur en MO), le rapport C/N et au moins un des ETM parmi As, Cd, Ni, Pb. Vous pouvez également renseigner la teneur en Fe et Zn du sol pour avoir une estimation de la teneur de ces éléments dans les grains

Si vous avez connaissance de la texture de votre terre vous pouvez la renseigner en plus: teneur en argiles et en limons totaux **OU** fins

Choisissez ensuite une variété dans la liste déroulante. Si votre variété n'apparaît pas choisissez *Ma variété n'est pas dans la liste* et la prédiction se fera pour la variété **Miradoux**

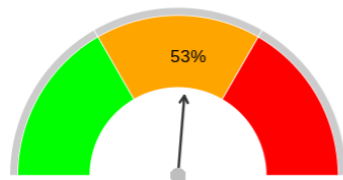
pH (eau) 7	Rapport C/N 10	Limons (%) 10	Cd total 0.8	Pb total 15	Fe total (%) 5
C organique (%) 1,3	Argiles (%) 20	Limons fins (%) 	As total 14	Ni total 20	Zn total 30
Ma variété DAKTER					

Résultats pour les contaminants

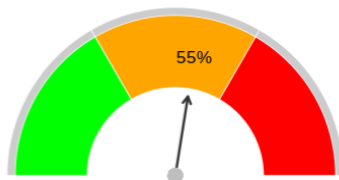


Si vous constatez que le risque de non-conformité est fort vous pouvez:

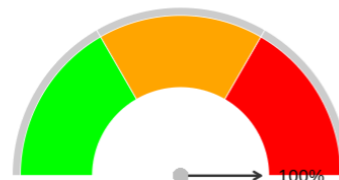
- Vérifier que votre pH est au moins égal à 7
- Consulter l'onglet **Choisir sa variété** pour sélectionner une variété peu accumulatrice



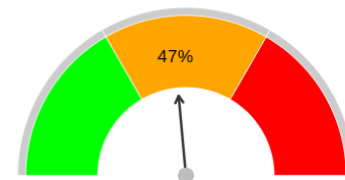
As - 0.1 mg/kg



Cd - 0.18 mg/kg



Ni - 0.2 mg/kg



Pb - 0.2 mg/kg

Entrez votre analyse de terre

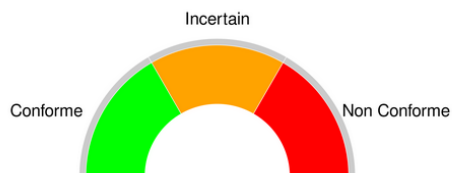
Il faut renseigner *a minima* le pH eau, la teneur en carbone organique (50% de la teneur en MO), le rapport C/N et au moins un des ETM parmi As, Cd, Ni, Pb. Vous pouvez également renseigner la teneur en Fe et Zn du sol pour avoir une estimation de la teneur de ces éléments dans les grains

Si vous avez connaissance de la texture de votre terre vous pouvez la renseigner en plus: teneur en argiles et en limons totaux **OU** fins

Choisissez ensuite une variété dans la liste déroulante. Si votre variété n'apparaît pas choisissez *Ma variété n'est pas dans la liste* et la prédiction se fera pour la variété **Miradoux**

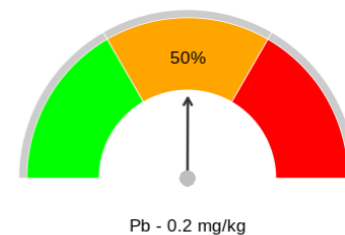
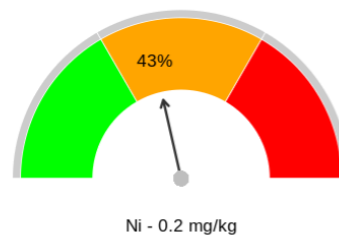
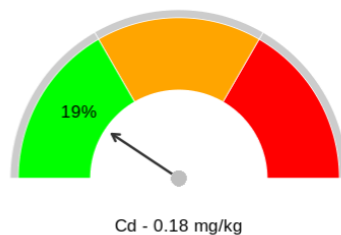
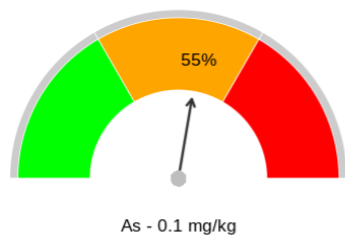
pH (eau) 7	Rapport C/N 10	Limons (%) 10	Cd total 0.8	Pb total 15	Fe total (%) 5
C organique (%) 1,3	Argiles (%) 20	Limons fins (%) 	As total 14	Ni total 20	Zn total 30
Ma variété ANVERGUR					

Résultats pour les contaminants

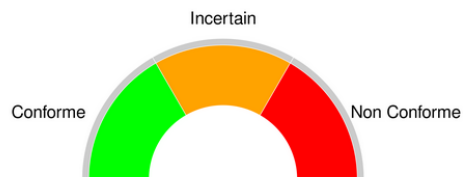


Si vous constatez que le risque de non-conformité est fort vous pouvez:

- Vérifier que votre pH est au moins égal à 7
- Consulter l'onglet **Choisir sa variété** pour sélectionner une variété peu accumulatrice

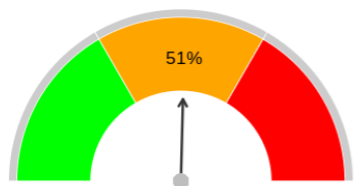


Résultats pour les contaminants

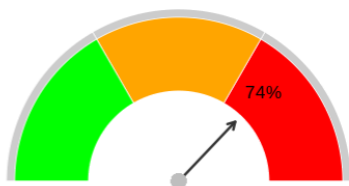


Si vous constatez que le risque de non-conformité est fort vous pouvez:

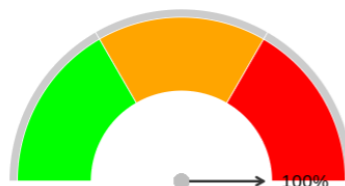
- Vérifier que votre pH est au moins égal à 7
- Consulter l'onglet **Choisir sa variété** pour sélectionner une variété peu accumulatrice



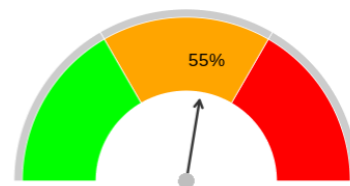
As - 0.1 mg/kg



Cd - 0.18 mg/kg

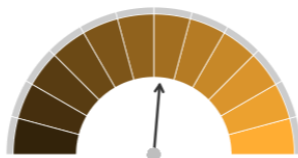


Ni - 0.2 mg/kg

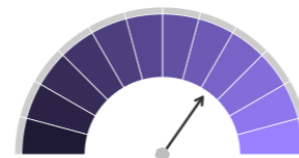


Pb - 0.2 mg/kg

Résultats pour les oligoéléments



Fe : 47 mg/kg



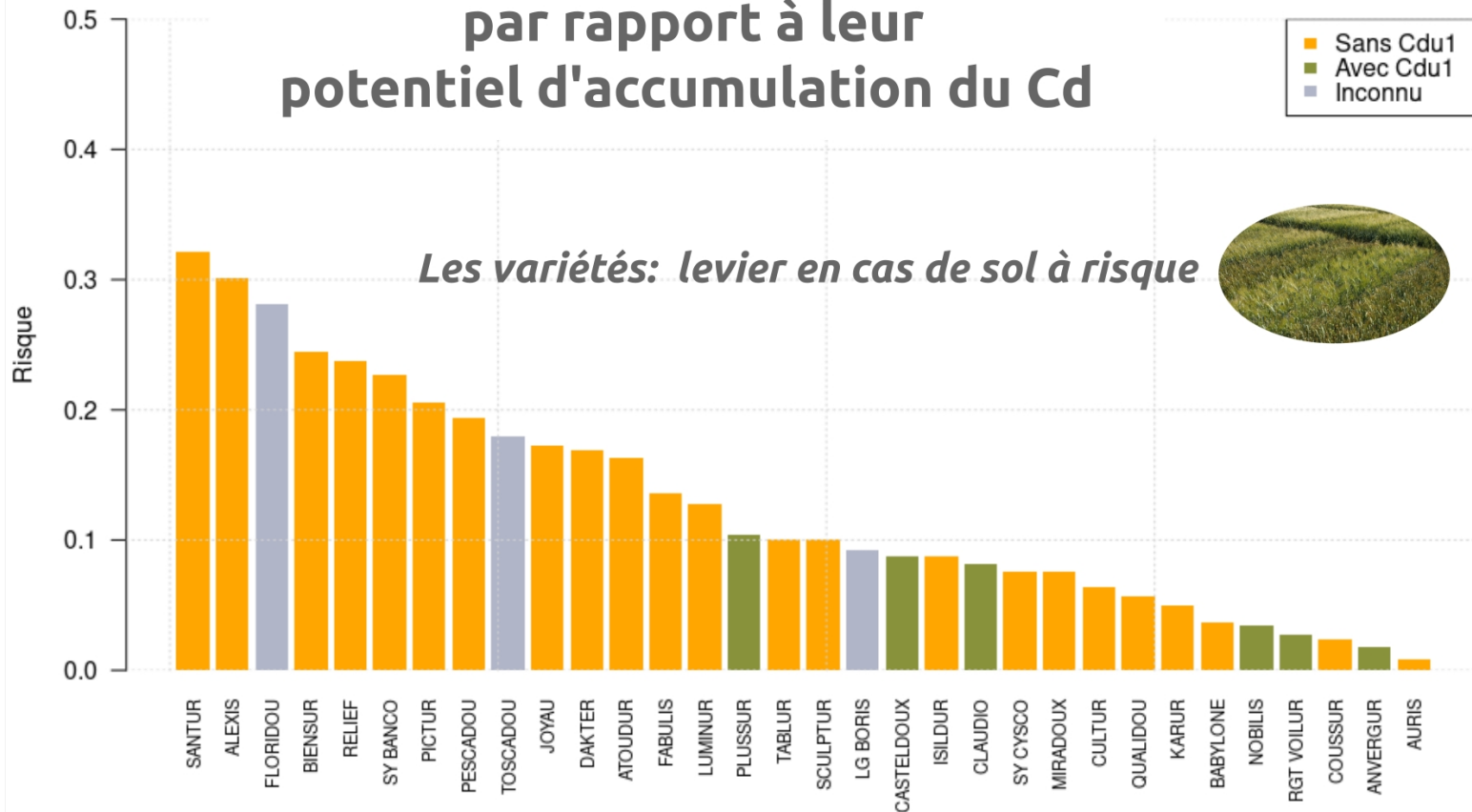
Zn : 43 mg/kg



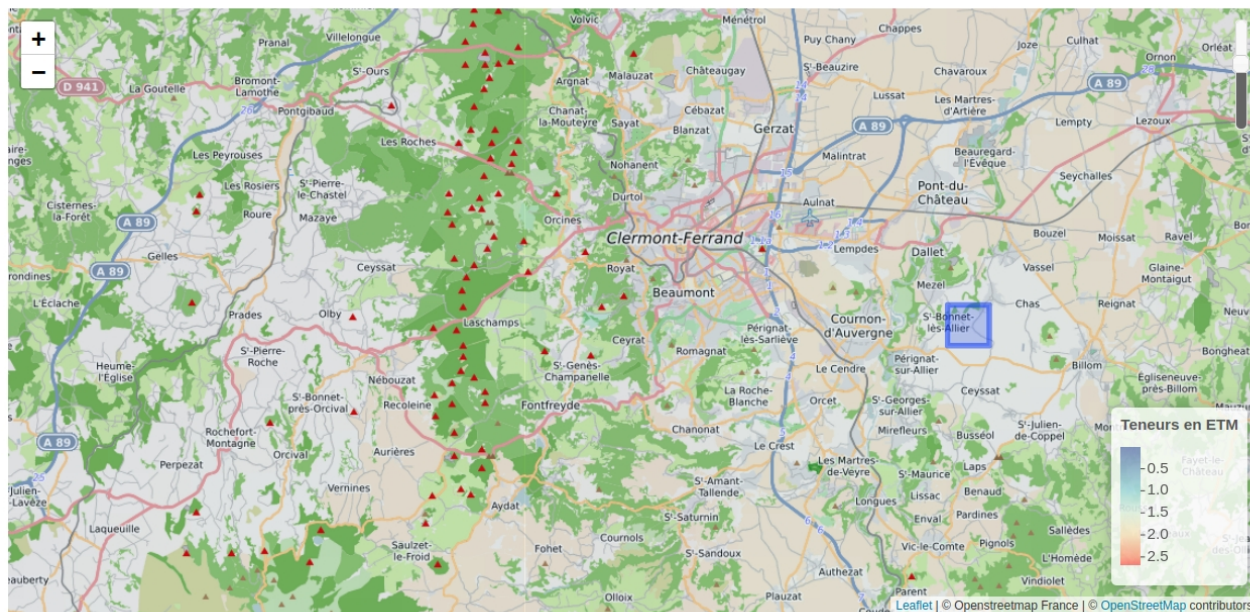
Classement des variétés de blé dur par rapport à leur potentiel d'accumulation du Cd

Biéssûr

■ Sans Cdu1
■ Avec Cdu1
■ Inconnu



Teneurs en ETM total issues des données du RMQS, GIS Sol



Choisissez quel ETM sera représenté en surcouche sur la carte ?

Cd

- Utilisez le curseur en haut à droite pour faire apparaître la couche relative à l'ETM choisi.
- Sur la carte topographique, zoomez pour trouver votre parcelle puis cliquez. Les valeurs d'ETM s'affichent dans le tableau. Le rectangle correspond à la zone unitaire de prédiction au sein de laquelle, les valeurs sont égales.

etm

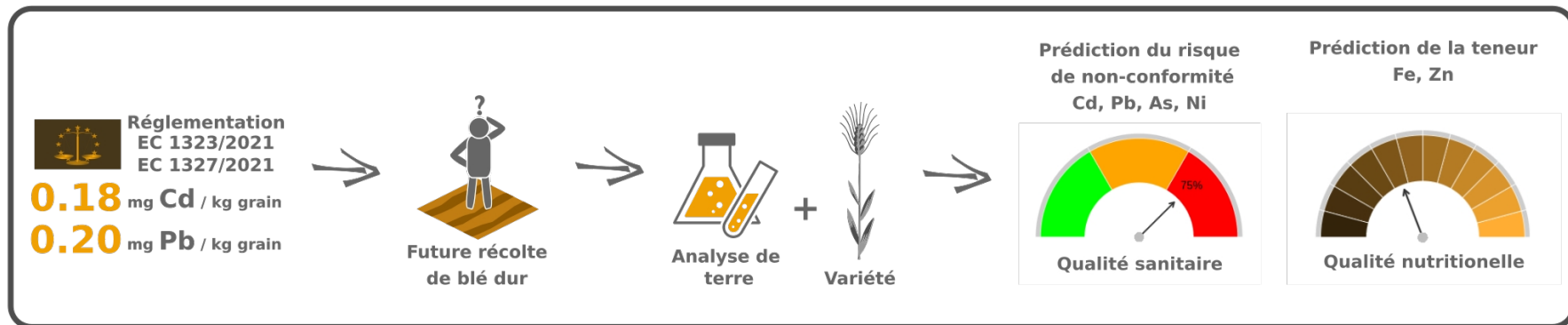
pred

As	34.16
Cd	0.63
Ni	53.53
Pb	32.02
Zn	100.69

Bléssûr



<https://ispa.bordeaux.inra.fr/services/blesur/>



Classement des variétés pour leur faculté à accumuler Cd, Pb, As, Ni

Estimation de la teneur d'un sol en Cd, Pb, As, Ni

Teneur en ETM

- 0.5
- 1.0
- 1.5
- 2.0
- 2.5

i Informations

Eléments Traces

Bléssûr Remercie



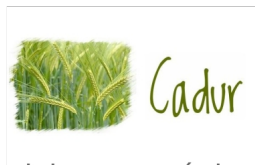
Projet Transfert
Labex COTE ANR-10-LBX-45



CaDON



Les agriculteurs
bénévoles



Ingénieurs & techniciens en région
envois échantillons

B. Orlando: Base de données.

D. Hourcade: Génétique



Collecte + envois
échantillons



N. Saby
Carte de France des ETM

S. Bussière, C. Coriou, Th. Robert: Gestion, préparation et analyse des échantillons

T. Rabemanantsoa, M. Irvine: Support informatique serveur

O. Candau, A. Quattrochi: Développement informatique

C. Sert, M. Saint-Hubert, V. Dansin: Gestion administrative & financière