



Surveillance du Cadmium dans la chaîne alimentaire

Rapport final du
groupe de travail



LA PLATEFORME
DE SURVEILLANCE DE
LA CHAÎNE ALIMENTAIRE

2023

SOMMAIRE

Remerciements	10
Glossaire, sigles et abréviations	11
I. Introduction.....	14
II. Objectifs.....	15
III. État des lieux de la surveillance	15
1. État des connaissances	15
a. Sources	15
b. Toxicologie.....	20
2. Données d'occurrence de contamination et d'exposition françaises et européennes	21
a. Données d'occurrence de contamination	21
b. Données d'exposition en France et contributeurs	25
c. Données de biosurveillance	27
3. La réglementation européenne	28
a. Alimentation humaine et animale.....	28
b. Fertilisants	30
c. Réglementation internationale : le cas des imports/exports.....	31
4. Acteurs, dispositifs et collaborations existantes.....	31
IV. Approche méthodologique	38
V. Exploitation des données transmises volontairement par des dispositifs de surveillance.....	41
1. Objectifs	41
2. Transmission volontaire de données	42
a. Périmètre de la surveillance des dispositifs participants	42
b. Formalisation de la transmission de données	43
3. Méthodologie de l'analyse des données	44
a. Vue d'ensemble du traitement des données, de leur nettoyage à leur exploitation	44
b. Méthodologie de l'analyse qualité	46
c. Méthodologie de l'analyse des données de contamination	46
4. Résultats de l'analyse qualité des données	47
a. Description des jeux de données analysés.....	47
b. Présence/absence des données jugées indispensables	48
c. Complétude	55
d. Format et homogénéité	55
e. Exactitude	56

f.	Cohérence	58
g.	Livrables.....	58
5.	Résultats de l'analyse des données de contamination dans l'alimentation.....	59
a.	Description générale du jeu de données.....	59
i.	Répartition des échantillons par année.....	59
ii.	Répartition des échantillons par catégorie d'aliments.....	60
b.	Résultats par catégorie alimentaire : Alimentation humaine	62
Céréales et produits céréaliers	63	
Graisses et huiles	68	
Légumes et produits à base de légumes	70	
(incluant les herbes, les champignons et les algues).....	70	
Racines et tubercules amylacées.....	74	
Légumineuses, fruits à coque et graines oléagineuses	76	
Fruits et produits à base de fruits (incluant les jus).....	81	
Ingrédients pour boissons chaudes	82	
Boissons alcoolisées.....	85	
Viandes et autres produits carnés	86	
Poissons et fruits de mer	96	
Lait et produits laitiers.....	106	
Sucres et confiseries (incluant le chocolat)	106	
Plats composés (comprenant les plats surgelés).....	110	
Produits aux fins nutritionnelles spéciales	112	
Alimentation infantile.....	114	
c.	Résultats par catégorie alimentaire : Alimentation animale	116
Additifs.....	117	
Aliments complets et complémentaires.....	120	
.....	122	
Matières premières	122	
d.	Conclusion	129
6.	Recommandations	140
a.	Qualité des données de surveillance du cadmium et fiches Mémo	140
b.	Recommandations issues de l'exploitation des données	140
VI.	Améliorer la surveillance	145
1.	Échantillonnage.....	145
2.	Méthodes d'analyse.....	147
a.	Méthodes d'analyse du cadmium	147
b.	Confrontation des performances analytiques au Règlement (CE) n°333/2007	148
i.	LD et LQ.....	148

ii.	Incertitude	152
c.	Conclusions.....	153
3.	Échanges avec les Autorités compétentes et l'Anses	155
a.	Couples réglementés et impact de la saisine CIMAP 2	156
b.	Surveillance officielle des denrées alimentaires	157
c.	Apport du cadmium par les engrais	159
d.	Évaluation des risques et Recherche.....	160
i.	Toxicologie	160
ii.	Autres connaissances à développer	162
iii.	Méthodes analytiques	162
iv.	Données transmises : l'importance du facteur de conversion pour les produits transformés.....	162
e.	Leviers d'actions	164
4.	Collaborations : partages d'information en cas de non-conformités et d'évolution des tendances	165
	Qui devrait surveiller les tendances ?	165
	Quelles filières devraient communiquer entre elles ?	166
	Par quel(s) moyen(s) faire circuler l'information ?	166
5.	Quelques mesures de gestion et outils permettant de limiter et prévoir les niveaux de contamination en cadmium	167
6.	Évaluation de dispositifs volontaires	169
VII.	Synthèse des recommandations.....	169
VIII.	Conclusions	172
IX.	Bibliographie	174
	Articles et avis scientifiques	174
	Textes réglementaires et recommandations	177
X.	Annexes	180
	Annexe 1 : Questionnaire pour le recensement des acteurs et des dispositifs de surveillance du cadmium en France	180
	Annexe 2 – Description des règles appliquées pour le calcul des indicateurs qualité.....	191
	Annexe 3 - Calcul des indicateurs de qualité des données	192
	Annexe 4 – Exemple de rapport d'analyse qualité des données	200
	Annexe 5 – Recommandations relatives à la qualité des données.....	214
	Annexe 6 – Méthodologie de l'exploitation statistique des données	221
	a. Nettoyage des données et corrections	221
	b. Construction du référentiel des matrices alimentaires.....	222
	c. Traitement des données	222
	Données d'occurrence de contamination par catégorie alimentaire (2017-2019).....	224

Indicateurs sanitaires (2010-2019).....	225
Estimation des tendances (2010-2019).....	226
d. Sources d'incertitude	227
Annexe 7 : Évolution des teneurs maximales réglementaires relatives à l'alimentation humaine entre 2010 et 2019.....	230
Annexe 8 : Évolution des teneurs maximales réglementaires relatives à l'alimentation animale entre 2010 et 2019.....	233
Annexe 9 – Détail des catégories alimentaires (alimentation humaine) utilisées pour le calcul des teneurs moyennes (2017-2019)	234
Annexe 10 – Représentations graphiques des données de contamination du cadmium dans l'alimentation humaine et animale (2017-2019)	238
Céréales et produits céréaliers.....	238
Légumes et produits à base de légumes	239
Racines et tubercules amylicés.....	240
Légumineuses, fruits à coques et graines oléagineuses.....	241
Ingrédients pour boissons chaudes (solide)	242
Viandes et produits carnés : reins d'équin.....	243
Viandes et produits carnés : foies d'équin	244
Viandes et produits carnés autres que les abats d'équin	245
Poissons et produits à base de poisson.....	246
Fruits de mer	247
Chocolat noir	248
Plats composés	249
Additifs (alimentation animale).....	250
Aliments complets et complémentaires (alimentation animale).....	251
Matières premières d'origine minérale : Phosphates (alimentation animale)	252
Matières premières d'origine minérale autres que les phosphates (alimentation animale)	253
Matières premières d'origine végétale (alimentation animale)	254

TABLE DES ILLUSTRATIONS

Figure 1 : Teneurs en cadmium total des horizons de surface (0-30 cm) des sols de France (carte issue du rapport du Gis Sol 2011).....	16
Figure 2 : Schéma conceptuel du cycle bio-géochimique du cadmium	19
Figure 3 : Schéma conceptuel illustrant les aliments les plus contaminés en cadmium	24
Figure 4 : Schéma conceptuel illustrant les aliments les plus contributeurs à l'exposition au cadmium	26
Figure 5 : Cartographie non-exhaustive des dispositifs de surveillance du cadmium en France et de leurs collaborations.	36
Figure 6 : Schéma des points-clés de la surveillance considérés pour le GT cadmium.....	39
Figure 7 : Proportion de résultats d'analyse transmis par chaque dispositif de surveillance du cadmium.....	43
Figure 8 : Vue d'ensemble du traitement des données transmises par les dispositifs volontaires dans le cadre des travaux du GT cadmium.	45
Figure 9 : Présence/absence des informations utiles ou indispensables à la surveillance du cadmium parmi les jeux de données transmis.....	54
Figure 10 : Valeurs minimales, maximales et médianes obtenues pour chaque indicateur de qualité, par variable.....	57
Figure 11 : Valeur des indicateurs de cohérence obtenus pour l'ensemble des jeux de données.....	58
Figure 12 : Nombre d'échantillons par année de prélèvement.	59
Figure 13 : Nombre de résultats d'analyse par catégorie alimentaire pour l'alimentation humaine...	61
Figure 14 : Nombre de résultats d'analyse par catégorie alimentaire pour l'alimentation animale. ...	61
Figure 15 : Évolution temporelle des teneurs en cadmium dans le blé dur..	66
Figure 16 : Distribution annuelle des teneurs en cadmium dans le blé tendre.	67
Figure 17 : Distribution annuelle des teneurs en cadmium dans la farine de blé tendre.....	68
Figure 18 : Distribution annuelle des résultats d'analyse du cadmium dans les pommes de terre.	76
Figure 19 : Distribution annuelle des résultats d'analyse du cadmium dans les graines de tournesol.	Erreur ! Signet non défini.
Figure 20 : Distribution annuelle des résultats d'analyse du cadmium dans les graines de colza.	80
Figure 21 : Distribution annuelle des résultats d'analyse du cadmium dans les foies de sanglier.	92
Figure 22 : Distribution annuelle des résultats d'analyse du cadmium dans les foies de poulet.	92
Figure 23 : Distribution annuelle des résultats d'analyse du cadmium dans les foies de dinde.	93
Figure 24 : Distribution annuelle des résultats d'analyse du cadmium dans les foies de bovins âgés de plus de deux ans.	93
Figure 25 : Distribution annuelle des résultats d'analyse du cadmium dans les foies de porc.	94
Figure 26 : Distribution annuelle des résultats d'analyse du cadmium dans les foies de mouton.....	94
Figure 27 : Distribution annuelle des résultats d'analyse du cadmium dans la viande de cheval.....	96
Figure 28 : Distribution annuelle des résultats d'analyse du cadmium dans la chair de thon.	102
Figure 29 : Distribution annuelle des résultats d'analyse du cadmium dans les sardines en conserve.	102
Figure 30 : Distribution annuelle des résultats d'analyse du cadmium dans les huîtres.....	104
Figure 31 : Concentrations moyennes en cadmium des huîtres prélevées entre 2010-2019 sur le territoire national ou en métropole (Martinique, encart à droite), par zone de prélèvement.....	104
Figure 32 : Distribution annuelle des résultats d'analyse du cadmium dans les moules.	105

Figure 33 : Concentrations moyennes en cadmium des moules prélevées entre 2010-2019 sur les côtes françaises, par zone de prélèvement.....	105
Figure 34 : Distribution annuelle des résultats d'analyse du cadmium dans les oxydes de manganèse.	119
Figure 35 : Distribution annuelle des résultats d'analyse du cadmium pour les oxydes de zinc.. Erreur ! Signet non défini.	
Figure 36 : Distribution annuelle des résultats d'analyse du cadmium dans les aliments complets pour volaille..	122
Figure 37 : Distribution annuelle des résultats d'analyse du cadmium dans les phosphates calciques.	125
Figure 38 : Distribution annuelle des résultats d'analyse du cadmium dans la pulpe de betterave..	126
Figure 39 : Distribution annuelle des résultats d'analyse du cadmium dans les tourteaux de colza.	127
Figure 40 : Distribution annuelle des résultats d'analyse du cadmium dans les tourteaux de tournesol.	127
Figure 41 : Synthèse des teneurs en cadmium observées dans l'alimentation humaine à partir de données d'occurrence collectées entre 2017. et 2019.	131
Figure 42 : Synthèse des matrices présentant des taux de censure supérieur à 80 %.	132
Figure 43 : Synthèse des teneurs moyennes en cadmium (en mg/kg) observées dans l'alimentation animale à partir de données d'occurrence collectées entre 2017 et 2019..	133
Figure 44 : Synthèse du nombre de résultats bruts (ou proportion) atteignant ou dépassant les teneurs réglementaires fixées par le règlement CE 1881/2006 (alimentation humaine)..	136
Figure 45 : Proportions des méthodes renseignées dans les jeux de données transmis.....	148
Figure 46 : Valeurs du rapport LD/LQ observées dans le jeu de données pour les résultats d'analyse collectés après l'évolution réglementaire de 2016.	151
Figure 47 : Proportions de résultats d'analyse pour lesquels les LD et LQ renseignées satisfont aux exigences du règlement 333/2007, en fonction de l'évolution de la réglementation.....	152
Figure 48 : Valeurs du rapport Incertitudes rapportées dans le jeu de données/ Uf max (incertitudes maximales réglementaires)	153
Figure 49 : Stratégies de réduction du cadmium dans les sols et plantes	168

TABLE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Description structurelle non-exhaustive des dispositifs de surveillance du cadmium en France en avril 2020 basée sur les réponses des dispositifs au questionnaire du GT cadmium.....	32
Tableau 2 : Liste des acronymes et abréviations utilisées dans la figure 4 « Cartographie non-exhaustive des dispositifs de surveillance du cadmium en France et de leurs collaborations ».....	37
Tableau 3 : Informations relatives aux dispositifs ayant transmis leurs données de surveillance dans le cadre du GT cadmium	43
Tableau 4 : Liste des variables jugées indispensables/utiles par le GT pour la surveillance du cadmium et retenues pour l'évaluation de la qualité des données.....	50
Tableau 5 : Description statistique des concentrations en cadmium (2017-2019) pour la catégorie « Céréales et produits céréaliers ».....	64
Tableau 6 : Détail des résultats bruts atteignant ou dépassant les teneurs réglementaires sur la période 2010-2019	65
Tableau 7 : Description statistique des concentrations en cadmium (2017-2019) pour la catégorie « Huiles végétales »	69
Tableau 8 : Pourcentage de résultats d'analyse censurés (<LQ) par année pour les huiles de colza et tournesol.	69
Tableau 9 : Description statistique des concentrations en cadmium (2017-2019) pour la catégorie « Légumes et produits à base de légumes », incluant les algues, les herbes fraîches, les épices et les champignons.	71
Tableau 10 : Détail des résultats bruts atteignant ou dépassant les teneurs réglementaires sur la période 2010-2019 pour la catégorie « Légumes ».....	73
Tableau 11 : Description statistique des concentrations en cadmium (2017-2019) pour la catégorie « Racines et tubercules amyliacés »	75
Tableau 12 : Détail des résultats bruts atteignant ou dépassant les teneurs réglementaires sur la période 2010-2019	76
Tableau 13 : Description statistique des concentrations en cadmium (2017-2019) pour la catégorie « Légumineuses, fruits à coque et graines oléagineuses ».....	78
Tableau 14 : Détail des résultats bruts atteignant ou dépassant les teneurs réglementaires sur la période 2010-2019	79
Tableau 15 : Description statistique des concentrations en cadmium (2017-2019) pour la catégorie « Fruits et produits à base de fruits », incluant les jus.....	81
Tableau 16 : Détail des résultats bruts atteignant ou dépassant les teneurs réglementaires sur la période 2010-2019.....	82
Tableau 17 : Description statistique des concentrations en cadmium (2017-2019) pour la catégorie « Ingrédients pour boissons chaudes ».....	84
Tableau 18 : Détail des résultats bruts atteignant ou dépassant les teneurs réglementaires sur la période 2010-2019.....	85
Tableau 19 : Description statistique des concentrations en cadmium (2017-2019) pour la catégorie « Boissons alcoolisées » ..	85
Tableau 20 : Description statistique des concentrations en cadmium (2017-2019) pour la catégorie « Viandes et autres produits carnés ».....	88
Tableau 21 : Détail des résultats bruts atteignant ou dépassant les teneurs réglementaires sur la période 2010-2019	90

Tableau 22: Pourcentage annuel de résultats censurés (<LQ) pour les viandes d'animaux d'élevage et gibiers sauvages.....	95
Tableau 23 : Description statistique des concentrations en cadmium (2017-2019) pour la catégorie « Poissons et fruits de mer »	99
Tableau 24 : Détail des résultats bruts atteignant ou dépassant les teneurs réglementaires sur la période 2010-2019	101
Tableau 25 : Pourcentage annuel de résultats censurés (<LQ) pour le saumon fumé	101
Tableau 26 : Description statistique des concentrations en cadmium (2017-2019) pour la catégorie « Lait et produits laitiers »	106
Tableau 27 : Description statistique des concentrations en cadmium (2017-2019) pour la catégorie « Sucres et confiseries », incluant le chocolat ..	108
Tableau 28 : Détail des résultats bruts atteignant ou dépassant les teneurs réglementaires sur la période 2010-2019	110
Tableau 29 : Description statistique des concentrations en cadmium (2017-2019) pour la catégorie « Plats composés »	111
Tableau 30 : Description statistique des concentrations en cadmium (2017-2019) pour la catégorie « Produits aux fins nutritionnelles spéciales » ..	113
Tableau 31 : Détail des résultats bruts atteignant ou dépassant les teneurs réglementaires sur la période 2010-2019.....	113
Tableau 32 : Description statistique des concentrations en cadmium (2017-2019) pour la catégorie « Alimentation infantile »	115
Tableau 33 : Détail des résultats bruts atteignant ou dépassant les teneurs réglementaires sur la période 2010-2019	115
Tableau 34 : Description statistique des concentrations en cadmium (2017-2019) pour la catégorie « Additifs » ..	118
Tableau 35 : Description statistique des concentrations en cadmium (2017-2019) pour la catégorie « Aliments complets et complémentaires » ..	121
Tableau 36 : Description statistique des concentrations en cadmium (2017-2019) pour la catégorie « Matières premières d'origine minérale et végétale ».....	124
Tableau 37 : Synthèse des analyses d'évolution temporelle des teneurs en cadmium dans les denrées et aliments pour animaux d'élevage.	138
Tableau 38 : Tableau récapitulatif des exigences du Règlement (CE) n°333/2007 concernant les performances analytiques attendues pour l'analyse du cadmium dans les denrées alimentaires. ...	149
Tableau 39 : Détail des données de surveillance du cadmium pour lesquelles la LD renseignée ne satisfait pas aux exigences du Règlement (CE) n°333/2007.....	150
Tableau 40 : Détail des données de surveillance du cadmium pour lesquelles la LQ renseignée ne satisfait pas aux exigences du règlement 333/2007....	150
Tableau 41 : Valeurs numériques de la constante α en fonction de la concentration en cadmium...	152
Tableau 42 : Synthèse des recommandations émises par le GT cadmium, et acteurs concernés.....	170

Remerciements

Ont participé à la réalisation de ce document en tant que membres permanents ou ponctuels du GT Cadmium :

Sophie AGASSE (UNIFA), Hélène AMAR (DGAL), Aude AZNAR (CNIPT), Bruno BARRIER-GUILLOT (Intercéréales), Corinne BERGERON (DGCCRF), Karine BERTHOLON (DGAL), Étienne BLANC (Université Paris Cité / INSERM pour la DGS), Emmanuelle BOURDEAUX (FCD), Ludovic CHANUT (Hypérion), Diane CUZZUCOLI (DGAL), Sylvie DAUGUET (Terres Inovia), Annick DELABY (CNIEL pour l'ANIA), Patricia DILLMANN (DGCCRF), Thierry GUERIN (Anses), Claire LAUNAY (Oqualim), Benjamin LOUVRIER (CNIPT), André MAZUR (INRAE), Elvire MESSINEO (CITPPM), Laurence MONERON (DGCCRF), Christophe NGUYEN (INRAE), Laurent NOËL (DGAL), Mélanie PICHEROT (DGS), Bénédicte RENAUD (Intercéréales), Florian SIMONNEAU (DGCCRF), Angélique TRAVEL (ITAVI pour l'ACTA), Nathalie VEAUCLIN (CULTURE VIANDE pour la Coopération Agricole), Samir ZIANI (CITPPM).

Ont participé à la réalisation de ce document en tant que membres de l'équipe opérationnelle de la Plateforme SCA en charge de l'exploitation des données du GT Cadmium :

Margot BÄRENSTRAUCH (INRAE), Hélène BERNARD (INRAE), Pauline BRES (Anses).

Coordination / animation :

Hélène BERNARD (INRAE), Émilie DONNAT (ACTA), Gaud DERVILLY (Oniris-INRAE).

Co-rédaction :

Hélène BERNARD (INRAE), Margot BÄRENSTRAUCH (INRAE), Émilie DONNAT (ACTA).

Illustration :

Laura GONZALEZ TAPIA (INRAE).

Le groupe remercie l'ensemble des relecteurs ainsi que toutes les personnes ayant contribué aux travaux du GT par leur participation aux questionnaires, aux interviews, et à la transmission de données de surveillance.

Glossaire, sigles et abréviations

ACTA : Association de coordination technique agricole

ADEME : Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie

ALARA (principe) : Aussi bas que raisonnablement possible

Analyte : composé chimique recherché lors d'une analyse

ANIA : Association nationale des industries alimentaires

ANSES : Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail

ATSDR : Agence pour le registre des substances toxiques et des maladies

BAMRA : Bureau d'appui à la maîtrise des risques alimentaires (DGAL)

BGIR : Bureau de la gestion intégrée du risque (DGAL), en charge du pilotage et de la coordination du dispositif PSPC

CSHPF : Conseil supérieur d'hygiène public français

CITEPA : Centre interprofessionnel technique d'études de la pollution atmosphérique

CITPPM : Confédération des industries de traitement des produits de pêches maritimes et de l'aquaculture

CNIEL : Centre national interprofessionnel de l'économie laitière

CNIPT : Centre national interprofessionnel de la pomme de terre

Commémoratif : information relative aux circonstances accompagnant un prélèvement et permettant d'interpréter son analyse

Culture Viande : Syndicat fédérant les entreprises françaises des viandes de boucherie

DGAL : Direction générale de l'alimentation

DGCCRF : Direction générale de la concurrence, de la consommation et de la répression des fraudes

DGS : Direction générale de la santé

Dispositif [de surveillance] : ensemble structuré d'éléments (de pilotage, de coordination et d'appui scientifique et technique) mis en œuvre pour assurer une surveillance précise (danger ou couple danger/matrice, à un ou plusieurs maillons, sur une ou plusieurs filières). Son objectif peut être la détection (et la notification) précoce de contaminations ou d'événements en santé publique, le suivi des tendances de contamination ou la démonstration de conformité aux exigences. Il vise à collecter et consolider des données de façon régulière voir systématisée. Le dispositif de surveillance, géré par un acteur public ou privé, permet le contrôle du bon fonctionnement ou de l'impact de mesures.

Donnée : description élémentaire, représentée sous forme codée, d'une réalité (chose, évènement, mesure, transaction, etc.) en vue d'être collectée, enregistrée, traitée, manipulée, transformée, conservée, archivée, échangée, diffusée et communiquée.

Donnée utile [de surveillance] : donnée produite par un acteur du dispositif de surveillance et fournie à un acteur tiers, dans un pas de temps qui lui permet la prise de décision et la mise en œuvre de l'action adaptée.

DER : Direction de l'évaluation des risques (Anses)

EAT : Étude de l'alimentation totale

EATi : Étude de l'alimentation totale infantile

EFSA : Autorité européenne de sécurité des aliments

EM : État membre (de l'Union Européenne)

ENNS : Étude nationale nutrition santé

FAO : Organisation des Nations-Unies pour l'alimentation et l'agriculture

FCD : Fédération du commerce et de la distribution

FDA : Administration américaine des denrées alimentaires et des médicaments.

GT : Groupe de travail

GT Cadmium : Groupe de travail de la Plateforme SCA sur le cadmium

GT STEC : Groupe de travail de la Plateforme SCA sur les *Escherichia coli* producteurs de shigatoxines

GT ONDES : Groupe de travail de la Plateforme SCA sur l'optimisation nationale des dispositifs d'épidémiosurveillance à *Salmonella*

HACCP : système d'analyse des risques et de maîtrise des points critiques. Cette méthode prévoit l'analyse des dangers à chaque étape de la production en vue de leur maîtrise, à partir de laquelle doit découler la mise en place d'une procédure de maîtrise des risques, et une surveillance par des autocontrôles.

INRAE : Institut national de recherche pour l'agriculture, l'alimentation et l'environnement

ITAVI : Institut technique des filières avicoles, cynicoles et piscicoles

Intercéréales : Interprofession des céréales françaises

JECFA : Comité d'experts FAO/OMS sur les additifs alimentaires

kg pc : kilogramme de poids corporel

La Coopération Agricole : Fédération des coopératives agricoles, agroalimentaires, agro-industrielles et forestières

LD : limite de détection, correspond au minimum de concentration d'un composé chimique à partir duquel il est possible de déduire sa présence, avec une certitude statistique raisonnable

LQ : limite de quantification, correspond à la plus basse concentration d'un composé chimique pouvant être mesurée avec une certitude statistique raisonnable

Modalité : valeurs qu'il est possible de renseigner pour une variable

O1, O2, O3 : Objectifs 1, 2 et 3 du GT Cadmium

OASIS : Outil d'analyse de systèmes d'information en santé

OMC : Organisation mondiale du commerce

OMS : Organisation mondiale de la santé

Oniris : École nationale vétérinaire, agroalimentaire et de l'alimentation de Nantes-Atlantique

Oqualim : Association coordonnant les démarches collectives de la nutrition animale française

Plateforme ESA : Plateforme d'épidémiosurveillance en santé animale

Plateforme SCA : Plateforme de surveillance sanitaire de la chaîne alimentaire

PMS : Plan de maîtrise sanitaire. Ensemble de mesures préventives et d'autocontrôle ayant pour but de maintenir l'hygiène alimentaire

PNCOPA : Plan national de contrôle officiel pluriannuel

PSO : Plan de Surveillance des oléo-protéagineux

PSPC : Plans de surveillance / Plans de contrôle

Qualité des données : conformité de la donnée à la réalité à laquelle elle se réfère et à l'usage qui en est prévu. La qualité des données est un concept multidimensionnel ; une donnée de qualité est habituellement définie comme étant complète, conforme, cohérente, exacte, non dupliquée ou encore intègre.

RETEX : Retour d'expérience

SG : Sous-groupes

Spéciation : Distinction des différentes formes (espèces) d'un élément chimique dans un environnement donné

Terres Inovia : Institut technique de la filière des huiles et protéines végétales et de la filière chanvre

TM : Teneur maximale (réglementaire) soit la quantité maximale d'un contaminant qu'une denrée alimentaire peut contenir pour pouvoir être utilisée comme ingrédient ou mise sur le marché

UERALIM : Unité d'évaluation des risques liés aux aliments (Anses)

UNIFA : Union des industries de la fertilisation

Variable : Une colonne ou un champ dans une base de données

VTR : Valeur toxicologique de référence

I. Introduction

Le présent document est le fruit de la collaboration de 16 organismes impliqués dans la surveillance de la chaîne alimentaire qui se sont portés volontaires pour mener une réflexion sur l'amélioration de la surveillance du cadmium en France.

Ce groupe de travail (GT) dédié à la surveillance du cadmium (GT cadmium) a été mis en place sur la proposition du Groupe de Suivi « Priorisation des Dangers Chimiques » de la Plateforme de surveillance de la chaîne alimentaire (Plateforme SCA), qui a souhaité retenir comme premier sujet pour un GT dédié à un danger chimique un contaminant susceptible de servir de « preuve de concept ». Ce GT devait ainsi éprouver la capacité de la Plateforme à rassembler autour d'une thématique commune des représentants de filières très diverses et à travailler sur des données hétérogènes relatives à des matrices très variées, dans le but de mettre en évidence les difficultés inhérentes à ce type de travail collaboratif pour mieux les anticiper et proposer une méthode de travail robuste à mettre en œuvre dans les GT « chimie » ultérieurs.

Dans cette optique, le danger chimique devait présenter les caractéristiques suivantes : faire l'objet de connaissances méthodologiques solides et de méthodes analytiques robustes, disposer de données de contamination préexistantes et suffisantes, avoir une portée multi-sectorielle et présenter un intérêt sur le plan sanitaire, l'ensemble de ces éléments devant permettre d'agréger des données nombreuses d'origines diverses et cohérentes. Contaminant ubiquitaire, le cadmium répond à tous ces critères. Classé dans le Règlement (CE) n°1272/2008 (dit règlement CLP) comme substance cancérigène, mutagène et reprotoxique, il peut également induire des néphropathies et des déminéralisations osseuses. Des effets délétères cognitifs associés au cadmium à de faibles niveaux d'exposition ont également été avancés mais les études nécessitent d'être confirmées. La deuxième Etude de l'Alimentation Totale (EAT2) et l'Etude de l'Alimentation Totale infantile (EATi), publiées respectivement en 2011 et 2016 par l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (Anses), ont estimé des dépassements de la dose hebdomadaire tolérable chez les adultes (0,6 %) et les enfants (14,9 % chez les plus de trois ans et jusqu'à 36 % chez les nourrissons pour la catégorie des 7 à 12 mois). Une hausse des expositions a de plus été calculée entre la première (de 2000 à 2004) et la seconde EAT (2006), due à des contaminations plus élevées, sans que les raisons en soient identifiées. Afin de renforcer les mesures de protection existant pour les consommateurs, l'Anses a révisé à la baisse en septembre 2019 la valeur toxicologique de référence par ingestion, l'établissant à 0,35 µg/kg pc/j (cf. paragraphe III.1.b) et les valeurs sanitaires repères de la cadmiurie, fixant une valeur limite à 0,5 µg/g de créatinine (Anses, 2019 a).

La surveillance de ce contaminant est donc apparue essentielle à renforcer et une réflexion commune de l'ensemble des acteurs de la chaîne alimentaire a été décidée afin de proposer des recommandations pour optimiser celle-ci. L'ensemble des travaux du groupe ont été conduits entre juin 2020 et septembre 2022.

Les conclusions du GT sur le volet méthodologique sont restituées dans un autre document : le « Rapport RETEX du GT Cadmium » (RETEX pour Retour d'Expérience).

Remarque : Ce GT s'est tenu avant la mise en œuvre de la police unique de la sécurité sanitaire des aliments. En effet, au 1^{er} janvier 2023, la DGAL assure l'intégralité de la surveillance officielle de la chaîne alimentaire qui était jusque-là menée conjointement avec la DGCCRF. Le GT a pris le parti de

restituer l'état des lieux de la surveillance tel qu'il a été réalisé sur la période où le groupe s'est réuni, même s'il s'appuie sur des références concernant l'organisation des services de l'Etat devenues obsolètes, bien que n'étant pas encore tout à fait stabilisées Concernant l'Observatoire Hypérion qui a participé à ces travaux, celui-ci a été dissous dans la deuxième moitié du mandat du GT et son activité reprise par Intercéréales. Dans l'état des lieux, il est fait mention de ces évolutions.

II. Objectifs

Les travaux du GT ont été déclinés en trois objectifs :

- Objectif 1 (O1) : Décrire et évaluer le système français de surveillance du cadmium tout au long de la chaîne alimentaire, du champ et de l'alimentation animale jusqu'à l'assiette et le consommateur (section III à section V.3);
- Objectif 2 (O2) : Proposer des recommandations pour l'amélioration des dispositifs de surveillance (section V.4 à section VII) ;
- Objectif 3 (O3) : Formaliser la méthodologie retenue pour mettre en avant les difficultés rencontrées et les solutions proposées afin de faciliter les travaux ultérieurs de la Plateforme SCA.

Le présent rapport restitue les travaux réalisés par le GT Cadmium dans le cadre des objectifs 1 et 2. Comme indiqué dans l'introduction, les réflexions menées dans le cadre de l'objectif 3 sont rassemblées dans un autre document, le rapport « RETEX ».

III. État des lieux de la surveillance

1. État des connaissances

a. Sources

Le cadmium est un élément-trace métallique naturellement présent dans l'écorce terrestre, à des concentrations faibles. Sa dispersion dans l'environnement résulte à la fois de phénomènes naturels et d'activités humaines. Le volcanisme est la première source naturelle de dispersion de ce métal, entraînant le rejet dans l'atmosphère d'environ 1 000 tonnes par an (Nriagu, 1988). A cela s'ajoutent les feux de forêt ainsi que l'érosion et l'altération des roches cadmifères qui contribuent à l'enrichissement des sols et des eaux. Au cadmium d'origine naturelle, s'ajoute localement le cadmium d'origine anthropique (industries, intrants agricoles, effluents, produits domestiques...) qui peut contribuer fortement aux flux de cadmium. Les sources anthropiques sont ainsi notamment à l'origine de 85 à 90 % des émissions atmosphériques de cet élément. (WHO, 2000). En 2011, le Groupement d'intérêt scientifique sur les sols (GIS Sol) a publié un rapport sur l'état des sols en France et a publié une carte (figure 1) élaborée par le Réseau de Mesure de la Qualité des Sols (RMQS) de la

contamination des horizons du sol en cadmium, laquelle permet d'identifier des zones naturellement riches (notamment dans les régions où les sols crayeux et argileux dominent) et des zones de contamination diffuse autour de grands sites miniers ou industriels. (GIS SOL, 2011)¹

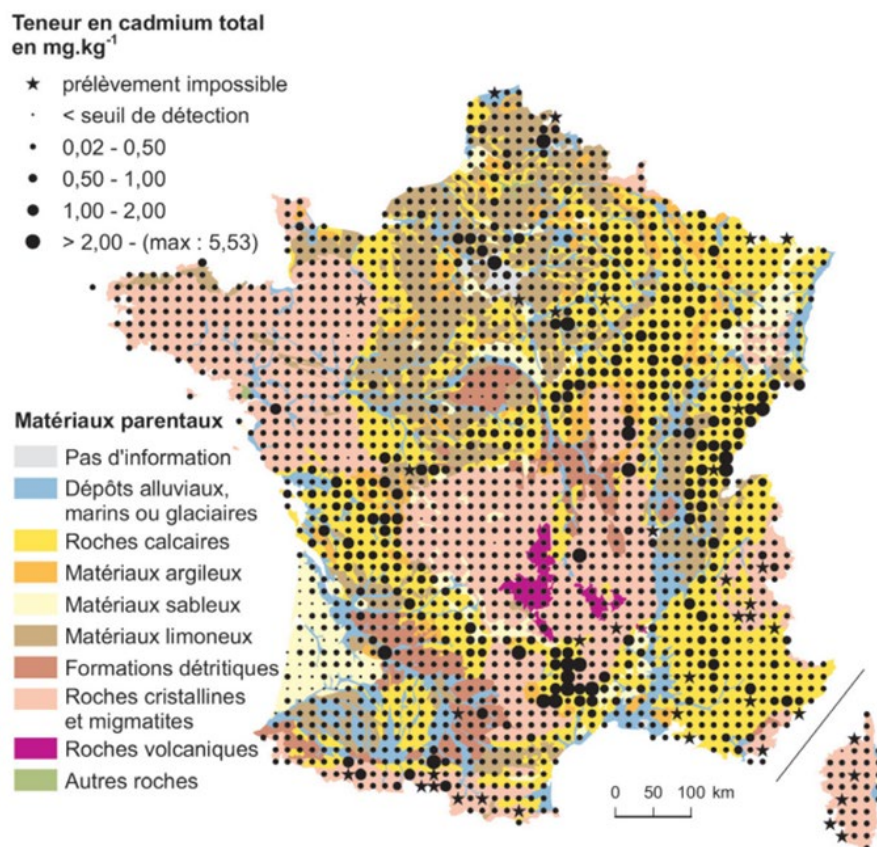


Figure 1 : Teneurs en cadmium total des horizons de surface (0-30 cm) des sols de France (carte issue du rapport du Gis Sol 2011⁴)

Généralement associé dans l'environnement au zinc, et dans une moindre mesure au plomb et au cuivre, le cadmium est un co-produit de la métallurgie de ces éléments, avec en moyenne 3 kg de cadmium extraits par tonne de zinc (EFSA, 2009 a). Le cadmium est également utilisé dans l'industrie pour la fabrication de piles pour laquelle une forte proportion est recyclée à partir de batteries usagées. Il a été longtemps employé comme revêtement sur divers métaux (cadmiage), comme alliage pour les conducteurs électriques et fusibles, comme pigment notamment dans les polymères et comme stabilisant dans le PVC (INRS, 2022), mais plusieurs textes européens^{2,3,4} encadrent de plus en

¹ Gis Sol, RMQS, 2011 ; Inra, BDGSF, 1998

² Directive 2002/95/CE du Parlement Européen et du Conseil relative à la limitation de l'utilisation de certaines substances dangereuses dans les équipements électriques et électroniques

³ Directive 2006/66/CE du Parlement européen et du Conseil du 6 septembre 2006 relative aux piles et accumulateurs ainsi qu'aux déchets de piles et d'accumulateurs et abrogeant la directive 91/157/CEE

⁴ Règlement (UE) n° 835/2012 de la Commission du 18 septembre 2012 modifiant l'annexe XVII du règlement (CE) n° 1907/2006 (REACH)

plus strictement son usage. Outre la sidérurgie et la métallurgie des métaux non-ferreux, la combustion des combustibles minéraux solides, du fioul lourd et de la biomasse, l'incinération des ordures ménagères et des boues ainsi que le transport routier et maritime comptent parmi les principales sources anthropiques d'émission. Le rapport Secten du Centre interprofessionnel technique d'études de la pollution atmosphérique (CITEPA), publié en juin 2022, a réalisé le bilan des émissions de gaz à effet de serre et des polluants atmosphériques en France entre 1990 et 2021. Il y apparaît que les émissions de cadmium dans l'air en France métropolitaine ont fortement diminué sur cette période, passant de 20,4 à 2,8 tonnes/an, reflétant un abaissement global des émissions dans tous les secteurs à l'exception de celui des transports (CITEPA, 2022).

D'après les travaux du projet de recherche européen SOCOPSE (Source Control of Priority Substances in Europe), les premières sources d'apports en cadmium dans les milieux aquatiques en 2000 correspondaient aux dépôts atmosphériques (25 %), aux procédés de fabrication de métaux, produits chimiques et produits pétroliers (25 %), aux dispositifs de traitement des déchets ménagers (20 %), et la production de métaux non-ferreux (20 %) (cité dans Damy, 2011). D'autres sources s'y ajoutent comme l'érosion/altération des roches ou encore les intrants agricoles. Les cours d'eau acheminent ensuite le cadmium vers les océans où il peut s'accumuler sous sa forme particulière au sein des sédiments et matières en suspension ou bien sous sa forme dissoute au sein des organismes aquatiques et de la chaîne trophique (Damy, 2011).

Dans les sols, les activités agricoles ont un rôle prépondérant dans les flux entrants de cadmium. En 2007, l'Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie (ADEME) a estimé la part des sources de contamination en cadmium entrant sur les sols agricoles à 54 % pour les engrais minéraux, 25 % pour les déjections animales, 14 % pour les retombées atmosphériques, 5 % les boues et composts et enfin 2 % pour les amendements calciques et magnésiens. Les engrais minéraux, et tout particulièrement les engrais phosphatés, peuvent comporter du fait de leur origine sédimentaire des impuretés, telles que le cadmium, associées à la matière première et dont la concentration varie en fonction de son origine géographique (ADEME, 2007). Dans un avis de 2019 visant à proposer des niveaux en cadmium dans les matières fertilisantes et supports de culture, l'Anses s'est appuyée sur des travaux rapportant des niveaux de contamination dans les engrais phosphatés variant de non quantifiés à 42 mg/kg d'engrais⁵ (Anses, 2019 a).

Le cadmium présent dans le sol peut être absorbé sous forme libre par les racines des plantes. Si la quantité absorbée est en partie liée à la concentration en cadmium dans le sol, d'autres facteurs entrent en jeu, déterminant la biodisponibilité du cadmium pour la plante, en particulier le pH du sol, mais aussi l'espèce chimique en présence, la teneur en matière organique soluble, en argile, en oxydes métalliques hydratés et en d'autres ions pouvant entrer en compétition (EFSA, 2009). Il est à noter que la biodisponibilité du cadmium est toutefois difficile à prédire, rendant nécessaire l'acquisition de connaissances complémentaires sur les processus identifiés dans le transfert sol/plante afin de mieux comprendre et quantifier. Certains végétaux l'accumulent plus que d'autres (e.g. l'épinard, le tabac, la laitue, etc.). D'une façon générale, le cadmium se concentre préférentiellement dans les racines, puis les feuilles, les tiges et enfin les graines ou grains. En grandes cultures, les espèces accumulant le plus

⁵ A noter que généralement, l'expression de la quantité de Cd en mg/kg MS engrais est réservée aux engrais dont la teneur en P₂O₅ est faible (≤3%). Lorsque le P₂O₅ est présent en quantité significative dans un engrais (>3%), la teneur en Cd est exprimée en mg Cd/kg P₂O₅ (cf. Règlement (UE) n°2019/1009).

le cadmium dans les graines ou grains sont le tournesol, le lin, le riz et le blé dur (Denaix, 2010). Des différences variétales importantes peuvent s'exprimer également au sein d'une même espèce (Damy, 2011). Par voie alimentaire, le cadmium est ainsi transféré jusqu'aux consommateurs, Homme ou animal.

La figure 2 présente un schéma conceptuel du cycle bio-géochimique du cadmium.

Encadré : Présentation de la figure 2.

Le cadmium présent naturellement dans les sols provient de l'érosion/altération de la roche mère sous l'influence de processus physiques, chimiques et biologiques. Sa localisation dans les différents compartiments (sol, air, eau, organismes vivants) et sa forme chimique (Cd forme liée/ Cd^{2+}) peuvent être modifiées par des phénomènes naturels ou par l'activité humaine.

La contamination des plantes par voie aérienne est généralement faible, sauf lorsque les retombées atmosphériques sont importantes. Le cadmium pénètre préférentiellement par voie racinaire à partir du cadmium de la solution du sol (principalement la forme ionique libre Cd^{2+}) disponible pour les racines des plantes. La répartition du cadmium entre la phase solide et la phase liquide du sol change constamment suivant les équilibres chimiques modifiés notamment par les activités industrielles, agricoles et biologiques. Une fois prélevé par les racines, une partie variable du cadmium est stockée, tandis que l'autre est distribuée vers les autres organes végétaux incluant ceux qui seront récoltés, puis consommés directement ou transformés dans la chaîne alimentaire (Tremel-Shaub, 2005). Parallèlement, le cadmium est transporté vers les eaux de surface par ruissellement et vers les eaux souterraines par transfert latéral jusqu'aux océans, où il peut s'accumuler dans les organismes vivants.

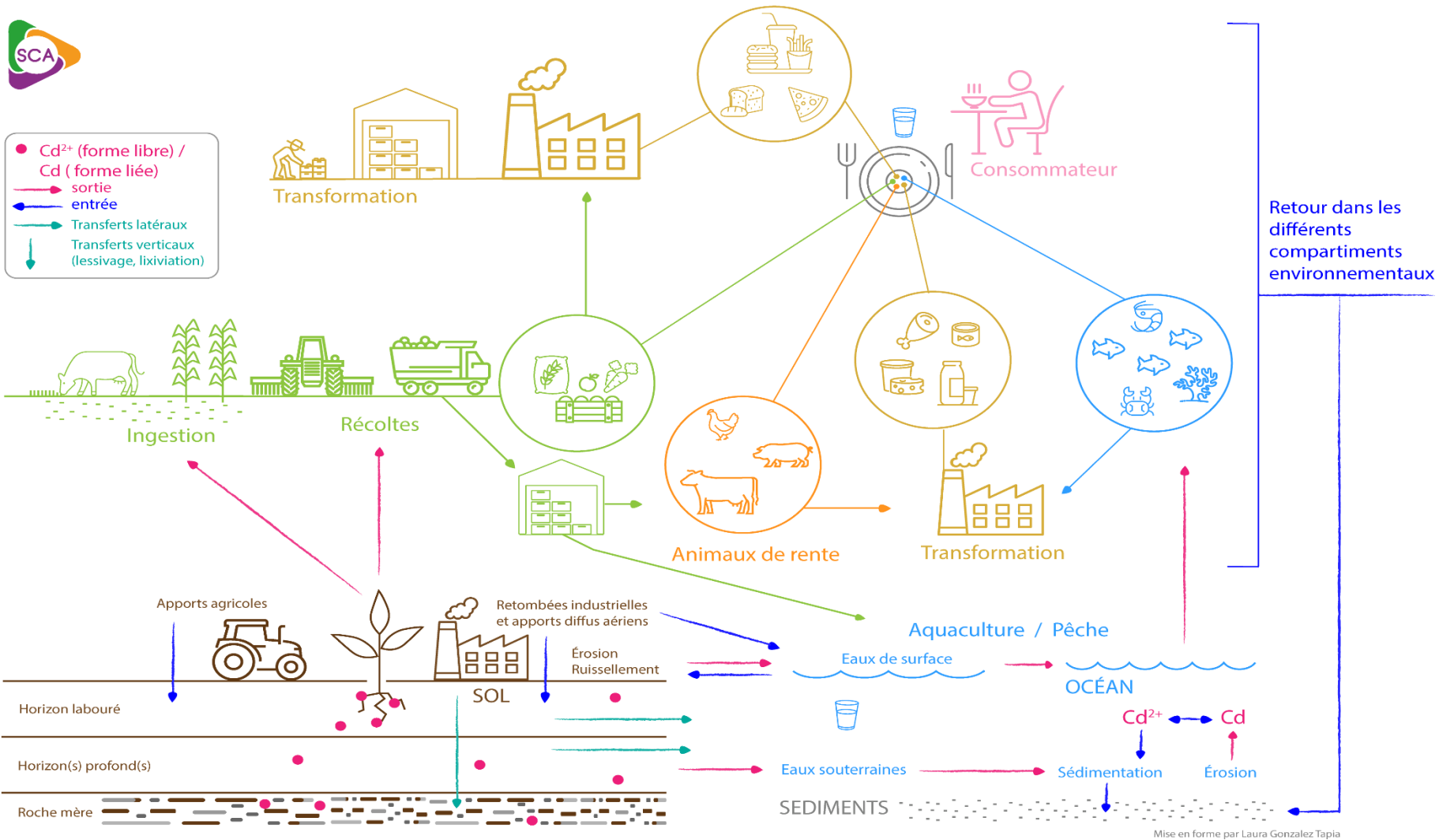


Figure 2 : Schéma conceptuel du cycle bio-géochimique du cadmium

b. Toxicologie

Le cadmium peut être absorbé par inhalation (fumée de cigarettes, exposition professionnelle) et par ingestion (voie alimentaire). Il s'accumule dans l'organisme humain, en particulier dans les reins qui stockent environ 30 à 50 % de la charge corporelle en cadmium, le foie ainsi que le muscle. Il n'est pas métabolisé et sa demi-vie d'élimination biologique est estimée à environ 20-30 ans.

Par voie orale, l'exposition chronique a été associée à deux principaux effets :

- Des néphropathies tubulaires, se traduisant par une dégénérescence des tubules proximaux et une protéinurie;
- Une ostéomalacie avec déminéralisation osseuse, pouvant entraîner des fractures spontanées (EFSA, 2009a ; Anses, 2019 a ; Oleko, 2021).

D'autres effets liés à l'exposition environnementale au cadmium sont également suspectés mais nécessitent d'être confirmés par de nouvelles études. Il s'agit notamment :

- D'effets neuro-développementaux avec diminution du nombre de points de QI et troubles des apprentissages ;
- D'effets staturo-pondéraux avec diminution de la taille, du poids et du périmètre crânien des enfants suite à l'exposition des mères pendant la grossesse ;
- De maladies cardio-vasculaires en lien avec l'athérosclérose (Anses, 2019 a) ;
- Du pré-diabète et diabète (EFSA, 2009), ainsi que de l'obésité (Moon, 2021).

Le cadmium est classé cancérogène chez l'Homme (groupe 1) par le Centre international de recherche sur le cancer (CIRC). Toutefois, par voie orale, cet effet n'est pas démontré même si plusieurs études épidémiologiques ou expérimentales ont suggéré un rôle possible dans le développement de tumeurs du sein, de la prostate, des testicules, du pancréas ou encore du système hématopoïétique (Anses, 2017 ; Djordjevic, 2019).

Depuis les années 70-80, de nombreuses agences sanitaires nationales et internationales ont établi et ré-évalué des valeurs toxicologiques de référence (VTR) pour l'exposition au cadmium par ingestion, voie d'exposition principale des populations non-fumeuses. Parmi les plus récentes :

- L'EFSA en 2009 a fixé une dose hebdomadaire tolérable de 2,5 µg/kg poids corporel (pc)/sem (soit une dose journalière tolérable de 0,36 µg/kg pc/j) ;
- En 2010, le JECFA (Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives) a déterminé une dose mensuelle tolérable provisoire de 25 µg/kg pc/mois, soit une dose hebdomadaire provisoire de 5,6 µg/kg pc/sem (soit l'équivalent d'une dose journalière de 0,8 µg/kg pc/j);
- En 2012, l'ATSDR (Agency for Toxic Substances and Disease Registry) a réaffirmé la valeur qu'elle avait établie en 2008 d'un niveau de risque minimal journalier à 0,1 µg/kg pc/j.

Toutes ces valeurs ont été établies en prenant comme effet critique l'atteinte tubulaire rénale.

En 2019, l'Anses a considéré que des études épidémiologiques plus récentes que celles utilisées dans les élaborations de VTR précédentes permettaient de retenir comme effet critique la diminution de la densité osseuse. A partir des résultats de deux études épidémiologiques suédoises, l'Agence a déterminé une concentration critique dans les milieux biologiques à ne pas dépasser à 60 ans (VTR interne). L'urine est le milieu biologique qui reflète le mieux l'exposition cumulée au cadmium. Une cadmiurie limite a ainsi été fixée à 0,5 µg/g de créatinine, en considérant la voie orale comme seule

source d'exposition. De cette valeur, l'Anses a dérivé une dose journalière tolérable (VTR externe) de 0,35 µg/kg pc/j (Anses, 2019 a).

Dans son rapport sur l'imprégnation de la population française publié en 2021, Santé publique France rappelle qu'en 2011, la commission allemande de biosurveillance avait établi des valeurs toxicologiques de référence HBM I (concentration d'un biomarqueur d'exposition en-dessous de laquelle il n'y a aucun risque connu d'effets défavorables sur la santé) et HBM II (concentration d'un biomarqueur d'exposition au-dessus de laquelle il y a un risque accru d'effets défavorables sur la santé chez les individus sensibles de la population générale, correspondant à un niveau d'action) pour la cadmiurie. Chez les adultes, ces valeurs étaient respectivement de 1 et 4 µg/L et chez les enfants de 0,5 et 2 µg/L ((Santé publique France, 2021).

2. Données d'occurrence de contamination et d'exposition françaises et européennes

a. Données d'occurrence de contamination

Dans l'optique d'obtenir une vue d'ensemble des niveaux de contamination des aliments et de l'exposition des consommateurs, deux Études de l'Alimentation Totale ont été conduites en France chez les adultes et les enfants, et leurs résultats publiés respectivement en 2004 pour l'EAT1 (échantillonnage 2000-2001) (Leblanc, 2004) et 2011 pour l'EAT2 (échantillonnage 2007-2009) (Anses, 2011 a). Une troisième EAT est actuellement en cours de réalisation par l'Anses. De plus, une EAT infantile ciblant les enfants de moins de 3 ans a été publiée en 2016 (échantillonnage 2011-2012) (Anses, 2016). Contrairement aux données de surveillance qui portent généralement sur des produits bruts, ces études fournissent des données sur des aliments « tels que consommés » par la population. De plus, la méthodologie utilisée étant analogue, les limites analytiques et les catégories d'aliments quasiment identiques (exceptées pour l'alimentation infantile), les niveaux de contamination peuvent assez simplement être comparés.

Ainsi, en 2004, le cadmium était détecté dans 31 % des 998 échantillons analysés pour l'EAT1, avec des teneurs moyennes variant selon les catégories d'aliments entre 0,4 µg/kg (lait et divers produits laitiers, chocolats, sucres, eaux etc.) et 82,7 µg/kg (crustacés et mollusques). Lors de l'EAT2 en 2011, le taux de détection du cadmium était de 79 % (1 319 échantillons composites analysés), avec des teneurs moyennes s'échelonnant de 0,5 à 166,7 µg/kg (crustacés et mollusques). La comparaison des niveaux observés dans les deux études montre une très forte augmentation de la contamination en cadmium pour presque toutes les catégories d'aliments, d'un facteur 20 pour les biscuits ou les plats composés, 30 pour les viennoiseries ou les sandwiches et pouvant aller jusqu'à un facteur 80 pour les chocolats comme le notait l'Anses dans le rapport de l'EAT2.

La comparaison des résultats est plus difficile à réaliser avec l'EAT infantile car les produits analysés sont en grande partie différents. De plus, les exigences sur ces produits destinés à une population sensible sont plus fortes que sur des aliments destinés à la population générale. Pour l'EAT infantile, la limite de détection avait été un peu abaissée par rapport à l'EAT1 et le cadmium était détecté dans 65 % des échantillons. Les niveaux de contamination les plus élevés sont observés dans les produits dits « courants », c'est-à-dire destinés à la population générale et pouvant être consommés également par les jeunes enfants. Figurent ainsi parmi les catégories d'aliments les plus contaminées en cadmium dans cette étude les pommes de terre et apparentés (25 µg/kg), les biscuits (22 µg/kg), les pâtes (16 µg/kg), le pain et panification sèche ainsi que les légumes (15,5 µg/kg). Pour les produits céréaliers (pain, pâtes, biscuits...), ainsi que pour les soupes et bouillons, et les entremets, les concentrations

observées dans l'EATi sont beaucoup plus proches de celles retrouvées dans l'EAT2 que dans l'EAT1, tandis que pour d'autres catégories comme les sucres et dérivés, plats composés, boissons fraîches etc., les concentrations sont intermédiaires entre celles indiquées par l'EAT1 et celles de l'EAT2.

En complément de ces données, l'étude Calipso (Leblanc, 2006), ou Étude des Consommations Alimentaires de produits de la mer et Imprégnation aux éléments traces, Polluants et Oméga 3, dont l'échantillonnage a été mené en 2005 dans des régions côtières françaises, a ciblé spécifiquement les produits de la mer et apporte donc des informations plus détaillées sur les niveaux de contamination en cadmium de ce type de produits. Les crabes et tourteaux présentaient les niveaux les plus élevés de contamination (4 095 µg/kg), suivis des pétoncles (1 139 µg/kg) et des crevettes (1 091 µg/kg). Les anchois, espèce la moins contaminée parmi celles échantillonnées, présentaient des niveaux moyens en cadmium de 29 µg/kg. Ces valeurs excèdent toutefois les niveaux de contamination moyens observés dans les poissons dans l'EAT 2 (7,3 µg/kg) ou dans l'EATi (25 µg/kg), ainsi que dans les fruits de mer, et peuvent s'expliquer par des contaminations locales fortes dans l'étude Calipso.

Au niveau européen, dans un avis de 2012, l'EFSA a agrégé des données de contamination transmises par 22 États-membres, principalement pour la période 2003-2007, soit plus de 178 000 données, dont plus de 20 000 ont été adressées par la France (EFSA, 2012). Ces données proviennent essentiellement des plans de surveillance/plans de contrôle officiels et incluent donc des prélèvements issus d'un échantillonnage ciblé. De plus, elles portent pour une grande part sur des produits bruts, bien en amont de l'étape de consommation. Enfin, les matrices sont rassemblées en catégories alimentaires suivant la nomenclature FoodEx, qui diffère de la nomenclature INCA utilisée en France pour les EAT. La comparaison des résultats obtenus est donc limitée. Près de 50 % des résultats étaient censurés à gauche, c'est-à-dire non détectés/non quantifiés, avec des disparités importantes entre les catégories alimentaires (de 19,2 % de censure pour les racines et tubercules à 84,0 % pour les boissons alcoolisées). Concernant les grandes catégories d'aliments (niveau FoodEx n°1), les niveaux moyens de contamination variaient de 0,78-1,51 µg/kg (selon le scénario) pour les boissons alcoolisées à 175-177 µg/kg pour les poissons et fruits de mer. Suivant un grain plus fin (niveau FoodEx n°2 voire 3), les catégories d'aliments les plus contaminées sont les produits à base d'algues (1 514-1 515 µg/kg), les algues (1 122 µg/kg), les graines oléagineuses (371 µg/kg), la viande de cheval (359-366 µg/kg), les champignons sauvages et repas à base de ces produits (344-345 µg/kg), les abats (315-319 µg/kg) et les mollusques (316-319 µg/kg).

La figure 3 présente un schéma conceptuel des aliments les plus contaminés par le cadmium.

Encadré : Présentation de la figure 3.

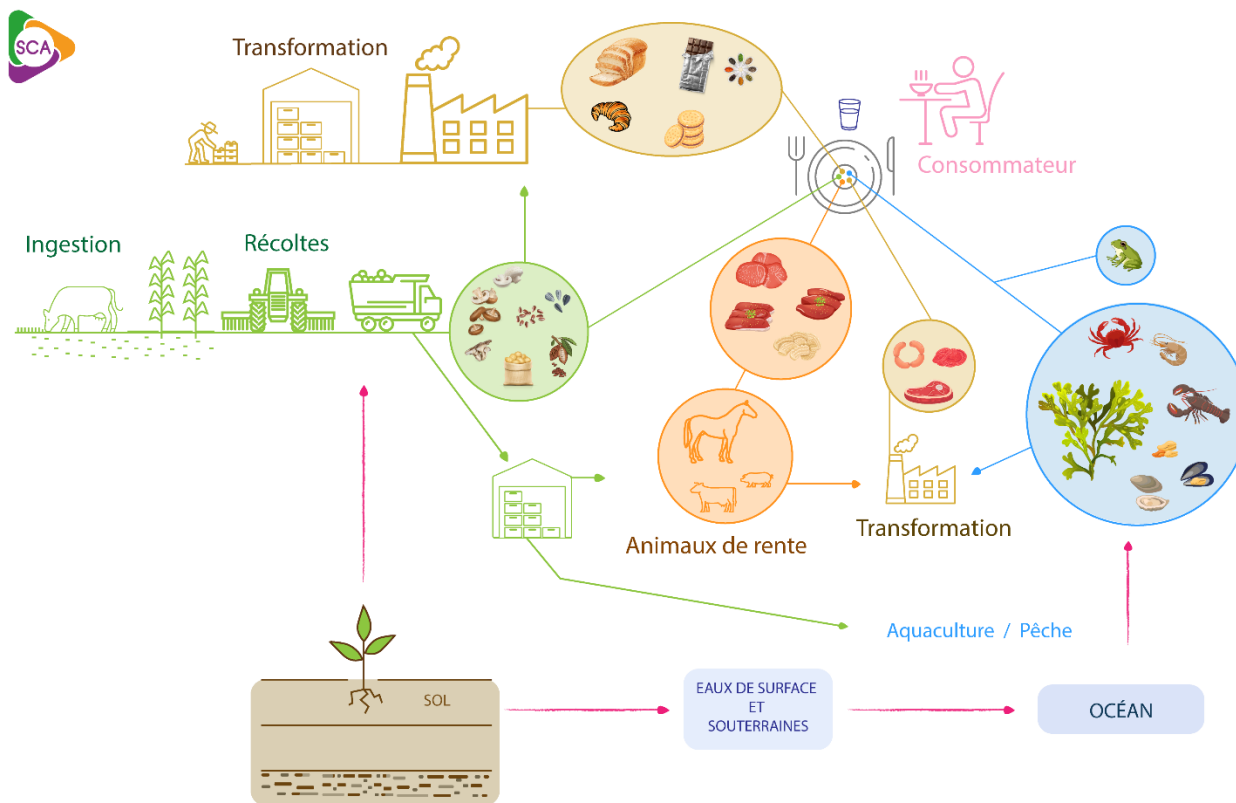
Dans la continuité du schéma conceptuel n°1 présentant le cycle de vie du cadmium, ce deuxième schéma illustre les aliments présentant les niveaux de contamination en cadmium les plus élevés. Deux sources ont été utilisées :

- La 2^e Étude de l'Alimentation Totale française (EAT2) qui fournit des données de contamination sur les produits « tels que consommés » par la population française (Anses, 2011 a);
- L'avis de l'EFSA paru en 2012, agrégeant des données de surveillance de 22 États-membres européens (EFSA, 2012).

Les données issues de travaux français ont ainsi été complétées par des données européennes, ces dernières étant intéressantes à la fois car elles reflètent les niveaux de contamination des denrées alimentaires qui circulent librement dans l'espace européen, mais aussi car elles sont rapportées à

différents niveaux de finesse des catégories alimentaires (nomenclature FoodEx), ce qui permet, en ciblant les catégories H2 et H3, plus fines que la catégorie H1, d'obtenir des niveaux de contamination sur des catégories alimentaires plus précises que celles rapportées dans l'EAT2.

Ainsi, si le cadmium est présent dans toutes les catégories d'aliments, les niveaux de contamination varient fortement d'une matrice à l'autre. La comparaison des études entre elles est complexe car les méthodologies de réalisation diffèrent beaucoup entre chacune d'entre elles. Toutefois, pour les deux premières EAT françaises élaborées suivant le même modèle, la confrontation des niveaux de contamination observés montre une très forte augmentation sur la période 2000-2009 qui interroge sur les causes explicatives. Les résultats de l'EAT3 fourniront des informations sur les niveaux actuels et donc permettront de déterminer si la tendance observée à l'époque s'est poursuivie depuis. Dans le cadre du présent GT, l'exploitation des données transmises volontairement par plusieurs dispositifs de surveillance a permis de dégager des tendances temporelles pour la période 2010-2019. Toutefois la comparaison de ces résultats à ceux des EAT est fortement limitée en raison de nombreux biais (cf. sections VII.3 et VII.4).



Mise en forme par Laura Gonzalez Tapia

Principaux aliments contaminés en cadmium

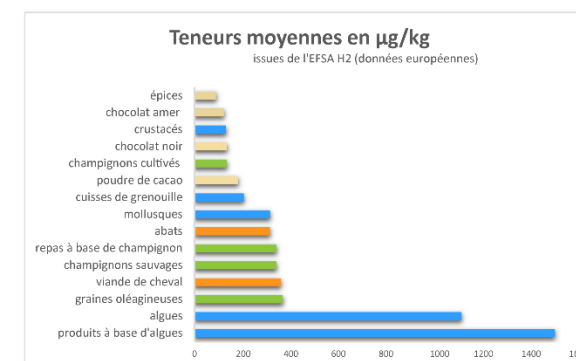
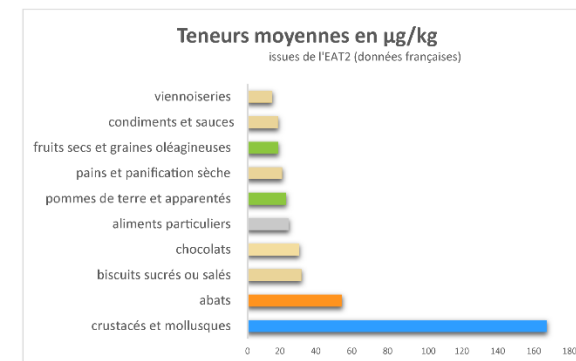


Figure 3 : Schéma conceptuel illustrant les aliments les plus contaminés en cadmium (sources : EAT2, EFSA 2012)

b. Données d'exposition en France et contributeurs

En 2011, l'apport journalier moyen en cadmium par voie alimentaire de la population adulte et enfant dans l'EAT2 était estimée à respectivement 0,16 et 0,24 $\mu\text{g/kg pc/j}$. Au 95^e percentile, les expositions étaient estimées à respectivement 0,27 et 0,45 $\mu\text{g/kg pc/j}$. L'Anses concluait alors que « ces expositions sont quatre fois plus élevées que celles relevées dans l'EAT1, du fait des contaminations plus élevées ».

Les principaux contributeurs à l'exposition identifiés chez les adultes regroupaient les pains et produits de panification sèche (22 %), les pommes de terre et apparentés (12 %) puis les légumes (10 %) et les pâtes (6 %) tandis que l'EAT1 mettait en avant d'abord les légumes (23,7 %), les pommes de terre (21,2 %) puis les crustacés et mollusques (6,4 %).

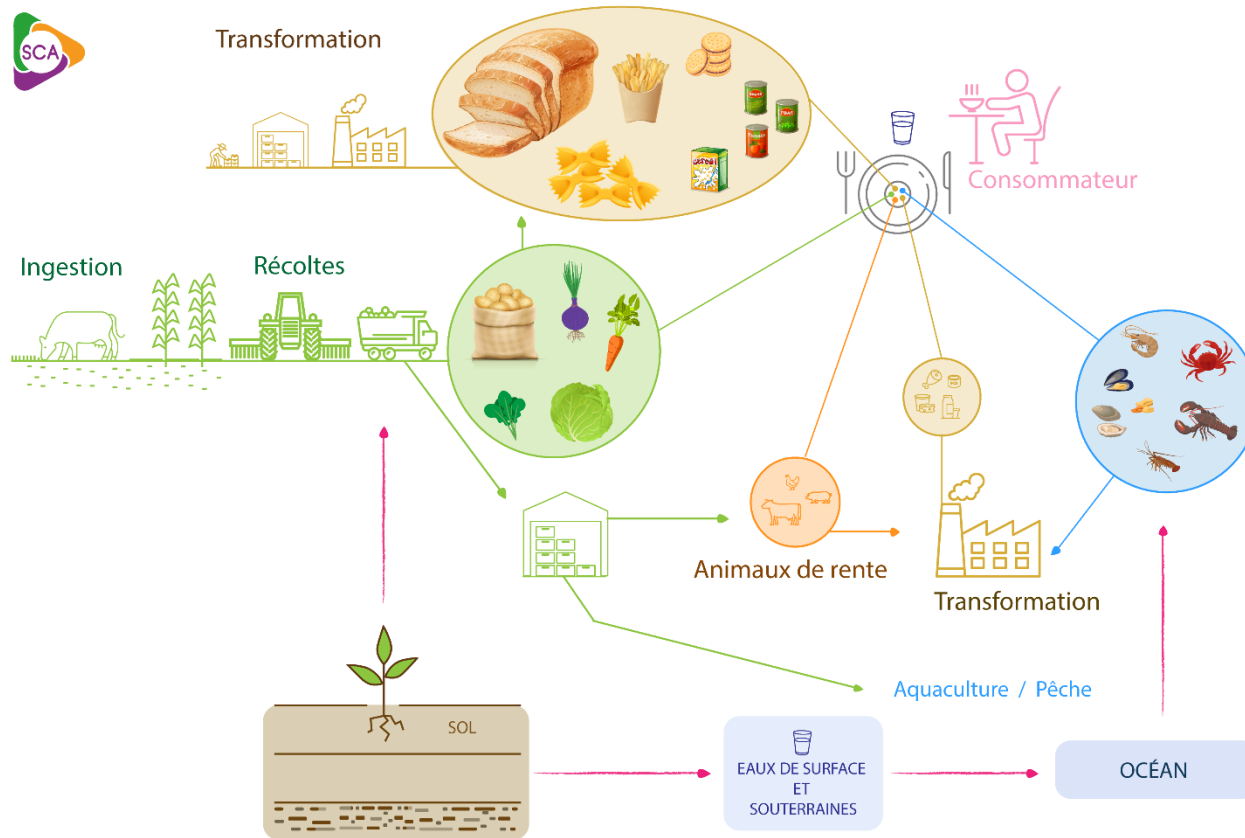
Chez les enfants, les principaux aliments contributeurs à l'exposition dans l'EAT2 rassemblaient les pommes de terre et apparentés (14 %), le pain et les produits de panification sèche (13 %), les légumes ainsi que les pâtes (8 %) puis les plats composés (7 %) tandis que dans l'EAT1 les pommes de terre et apparentés ainsi que les légumes prenaient une part à l'exposition beaucoup plus importante (respectivement 26,9 et 21,2 %).

Pour les jeunes enfants, l'EATi avait estimé les apports journaliers moyens en fonction des catégories d'âge, avec des valeurs allant de 0,055 – 0,095 $\mu\text{g/kg pc/j}$ (selon le scénario) chez les enfants de 1-4 mois, jusqu'à 0,323 - 0,345 $\mu\text{g/kg pc/j}$ chez les enfants de 7-12 mois. L'exposition augmente en effet jusqu'à 12 mois avant de diminuer en raison de la diversification alimentaire croissante la première année conduisant à apporter progressivement davantage d'aliments courants, plus contaminés que les aliments infantiles et du fait du ratio consommation/poids corporel important pour cette tranche d'âge. Chez les 13-36 mois, consommant majoritairement des aliments courants, les principaux contributeurs sont les pommes de terre (24 %), les légumes (18 %) et les pâtes (10 %).

Ces résultats sont schématisés dans la figure 4.

Encadré : Présentation de la figure 4.

Ce troisième volet du triptyque de schémas illustre les aliments les plus contributeurs à l'exposition. Pour celui-ci, seules les données d'exposition de la population française ont été prises en compte (EAT2 et EAT infantile pour les moins de 3 ans). Les histogrammes intégrés dans le schéma présentent, pour les catégories d'aliments les plus contributrices à l'exposition, la part de cette contribution en fonction des classes d'âge.



Mise en forme par Laura Gonzalez Tapia

Part des aliments contributeurs à l'exposition au cadmium de la population française par classe d'âge (données issues de l'EAT2)

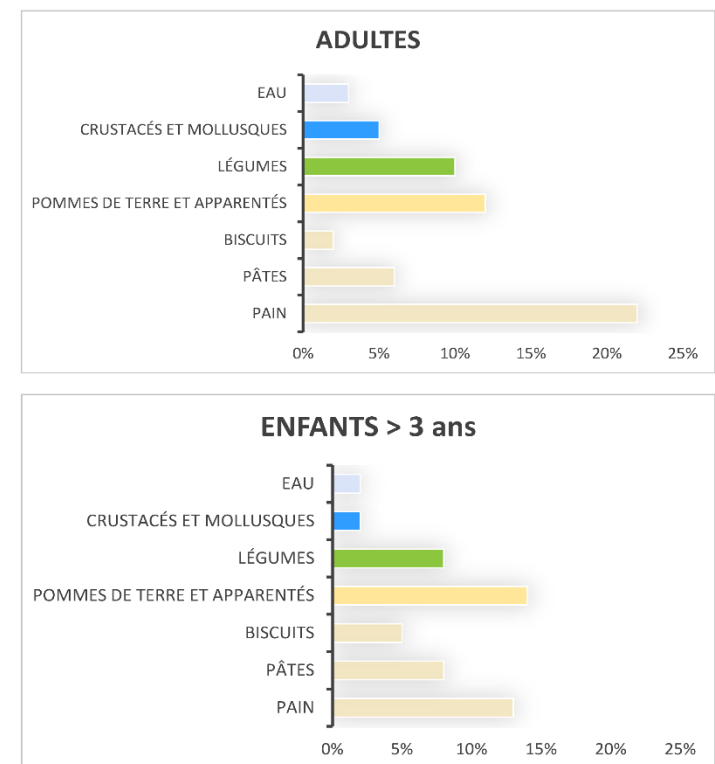


Figure 4 : Schéma conceptuel illustrant les aliments les plus contributeurs à l'exposition au cadmium (sources : EFSA 2012)

En confrontant les données d'exposition journalière aux VTR, les évaluations de risques menées par l'Anses en 2011 et 2016 ont conduit à la conclusion que 0,6 % de la population adulte, 15 % des enfants de 3 à 17 ans et 15 à 36 % (selon la classe d'âge) des enfants de 5-36 mois dépassaient la VTR établie à 2,5 µg/kg pc/sem soit 0,36 µg/kg pc/j (Anses, 2011 a ; 2016).

La comparaison des valeurs moyennes d'exposition de l'EAT2 avec des Études de l'Alimentation Totales conduites dans d'autres pays sur la dernière décennie montre des valeurs assez similaires. Ainsi, comme indiqué précédemment, l'exposition moyenne des adultes en France était estimée à 0,16 µg/kg pc/j. Au Royaume-Uni, l'EAT publiée en 2019 (échantillonnage en 2014) a estimé cette même exposition entre 0,12 et 0,19 µg/kg pc/j (FSA, 2019), tandis qu'elle était comprise entre 0,16 et 0,22 dans l'EAT menée en Irlande (FSAI, 2016) entre 2012 et 2014. A Hong-Kong et en Chine, les expositions estimées étaient plus élevées : lors de la 1^{re} EAT hongkongaise (FEHD, 2013) (échantillonnage 2010-2011), l'exposition moyenne mensuelle de la population adulte était de 8,3 µg/kg pc/mois, soit une valeur journalière d'environ 0,27 µg/kg pc/j tandis que la 6^e EAT chinoise (Zhao, 2022) (échantillonnage 2016-2019) a montré des disparités géographiques très importantes avec des valeurs variant entre 2,6 et 30,02 µg/kg pc/mois (soit 0,08 et 0,99 µg/kg pc/j) selon les régions, et une exposition moyenne globale de 8,26 µg/kg pc/mois (soit 0,27 µg/kg pc/j).

Pour les enfants, l'exposition moyenne journalière française dans l'EAT2 était de 0,24 µg/kg pc/j tandis qu'elle était estimée entre 0,24 et 0,32 µg/kg pc/j en Irlande et entre 0,15 et 0,22 µg/kg pc/j pour les 11-18 ans au Royaume-Uni. Des valeurs plus élevées étaient retrouvées aux États-Unis où la Food and Drug Administration (FDA) avait calculé (échantillonnage 2014-2016) une exposition journalière de 0,38 à 0,44 µg/kg pc/j (Spungen, 2019).

c. Données de biosurveillance

En 2021, Santé publique France a publié les résultats de l'étude Esteban (Santé publique France, 2021) sur l'imprégnation de la population française à divers contaminants dont le cadmium (échantillonnage 2014-2016). Chez les adultes, la cadmiurie moyenne était estimée à 0,57 µg/g de créatinine et au 95^e percentile, la cadmiurie atteignait 2,15 µg/g de créatinine. Chez les enfants, ces valeurs étaient respectivement de 0,27 et 1,0 µg/g de créatinine. En confrontant ces niveaux à la VTR interne à ne pas dépasser à 60 ans, établie par l'Anses en 2019, il ressort que 47,6 % des adultes présentaient une cadmiurie dépassant cette VTR. Les valeurs d'HBM I et II (cf. section V.1) étaient dépassées respectivement pour 12,1 % et 0,08 % des adultes, ainsi que pour 18,1 % et 0,28 % des enfants.

La comparaison des résultats avec ceux de l'étude nationale nutrition santé (ENNS) conduite en 2006-2007 a montré une hausse des niveaux d'imprégnation en cadmium de la population adulte de 40,6 %, confirmant la tendance à la hausse de l'exposition de la population déjà observée précédemment lors de la confrontation des résultats des EAT 1 et 2.

Les données d'imprégnation mesurées dans cette étude chez les adultes étaient supérieures à celles rapportées par des études analogues conduites en Europe, au Canada ou aux États-Unis.

Les déterminants de la concentration urinaire en cadmium identifiés par l'étude Esteban chez les adultes étaient le tabagisme ainsi que la consommation de crustacés, mollusques et coquillages. Chez les enfants, seule la consommation de céréales du petit déjeuner a pu être identifiée comme un facteur explicatif.

3. La réglementation européenne

a. Alimentation humaine et animale

La réglementation européenne encadrant la sécurité sanitaire des aliments a été entièrement refondue au début des années 2000 dans le Paquet Hygiène, en réponse à diverses crises sanitaires survenues à la fin des années 90 comme celle de l'encéphalopathie spongiforme bovine ou celle des dioxines en élevages avicoles. Ce Paquet Hygiène s'appuie sur un texte fondateur, le **Règlement (CE) n°178/2002 modifié, ou Food Law**. Celui-ci établit les principes généraux de la législation alimentaire et fixe les procédures relatives à la sécurité sanitaire des denrées alimentaires. Il affirme la responsabilité première des exploitants du secteur alimentaire et du secteur de l'alimentation animale tout au long de la chaîne alimentaire à produire et distribuer des denrées qui ne soient pas considérées comme dangereuses, c'est-à-dire ni préjudiciables à la santé, ni impropres à la consommation humaine. Il réaffirme le principe de précaution et le principe de transparence et impose le respect des prescriptions de la législation européenne lors du commerce des denrées alimentaires en dehors de certaines exceptions à l'export vers des pays tiers.

D'autres textes viennent compléter ce règlement et font partie intégrante du Paquet Hygiène :

- Le **Règlement (CE) n°183/2005 modifié**, établissant les exigences en matière d'hygiène des aliments pour animaux ;
- Le **Règlement (CE) n°852/2004 modifié**, relatif à l'hygiène des denrées alimentaires qui exige des exploitants la mise en œuvre d'un système de traçabilité des produits et de gestion des non-conformités. Hors production primaire, les opérateurs de la chaîne ont également l'obligation de mettre en place des procédures basées sur les principes HACCP (*Hazard Analysis Critical Control Point*, ou Système d'analyse des dangers – points critiques) en s'appuyant sur des Guides de Bonnes Pratiques d'Hygiène (GBPH) nationaux ou européens et en établissant une stratégie d'autocontrôles garantissant l'efficacité du Plan de Maîtrise Sanitaire (PMS) ;
- Le **Règlement (CE) n°853/2004 modifié**, fixant des règles spécifiques d'hygiène applicables aux denrées alimentaires d'origine animale ;

A ceux-ci s'ajoutaient jusqu'en 2017 les Règlements (CE) n°882/2004 et n°854/2004 portant sur les contrôles officiels. Ces règlements ont été abrogés par le **Règlement (CE) n°2017/625** avec une entrée en application des dispositions principales au 14 décembre 2019. Ce nouveau règlement vise à simplifier et à harmoniser le dispositif de contrôles officiels. Il prévoit notamment que chaque État membre, sur la base d'une analyse de risques qu'il aura réalisée, élabore un plan de contrôle pluriannuel (PNCOPA) décrivant les contrôles tout au long de la chaîne alimentaire qui doivent être réalisés à une fréquence appropriée sur les denrées alimentaires, les aliments pour animaux, les sous-produits animaux etc. Un acte délégué, le Règlement (CE) n°2022/931, et un acte d'exécution, le Règlement (CE) n°2022/932, complètent ce Règlement afin d'établir des règles pour la réalisation des contrôles officiels relatifs aux contaminants dans les denrées alimentaires. Ces textes, relatifs aux contrôles officiels, sont entrés en application le 1^{er} janvier 2023. Ces actes imposent la mise en place d'un plan de contrôle pour les denrées alimentaires produites au sein de l'Union européenne et commercialisées sur le marché intérieur, ainsi qu'un plan de contrôle pour les denrées animales et d'origine animale importées. Des fréquences minimales de contrôles ont été établies par grandes catégories d'aliments, ainsi que les différents critères que les États membres doivent suivre pour définir leur stratégie d'échantillonnage.

Outre cette réglementation générale, l'Union Européenne a également établi une réglementation spécifique pour les contaminants chimiques dans les aliments.

Ainsi, le Règlement (CE) n°315/93 modifié établit les procédures européennes relatives aux contaminants dans les denrées alimentaires. Il impose le maintien des teneurs en contaminants dans les aliments aux niveaux les plus faibles que permettent raisonnablement de bonnes pratiques mises en œuvre tout au long de la chaîne alimentaire (production, fabrication, transformation, préparation, traitement, conditionnement, emballage, transport ou stockage). Celui-ci est complété par le Règlement (UE) n°2023/915 de la Commission du 25 avril 2023 concernant les teneurs maximales pour certains contaminants dans les denrées alimentaires, lequel est entré en vigueur le 25 mai 2023 et interdit la mise sur le marché de toute denrée alimentaire comportant un contaminant listé dans son annexe, à un niveau excédant la teneur maximale autorisée, ainsi que son utilisation comme ingrédient. Ce dernier a abrogé le Règlement (CE) n° 1881/2006.

Concernant le cadmium, la dernière révision du règlement (CE) n°1881/2006 datait du 10 août 2021 (**Règlement (UE) 2021/1323**). L'Autorité européenne de sécurité des aliments (EFSA) avait adopté un avis en 2009 sur l'évaluation du risque lié à présence de cadmium dans les aliments et avait conclu que *« l'exposition moyenne des adultes dans l'Union approche ou dépasse légèrement la dose hebdomadaire tolérable et que l'exposition de sous-groupes tels que les végétariens, les enfants, les fumeurs et les personnes vivant dans des zones hautement contaminées peut atteindre environ le double de ladite dose »* (EFSA, 2009 a). Un second avis de l'EFSA en 2012 avait conclu que les enfants et les consommateurs exposés au 95e percentile pouvaient dépasser les valeurs toxicologiques de référence (EFSA, 2012). En réponse à l'avis de 2009, la Commission européenne, ayant considéré que l'abaissement des TM n'était pas approprié à l'époque, a émis la **recommandation 2014/193/UE**, invitant les États membres à promouvoir des méthodes de réduction de la contamination. L'évaluation de nouvelles données recueillies après la mise en œuvre des mesures de bonnes pratiques a montré que la réduction de la teneur en cadmium dans les aliments était possible. Ainsi, la liste des denrées alimentaires réglementées pour le cadmium s'est progressivement étoffée et les TM ont progressivement été abaissées jusqu'à la dernière modification datant, comme mentionné plus haut, d'août 2021. L'annexe 7 reprend les teneurs maximales réglementaires par matière première et suivant leur destination ainsi que leurs évolutions au cours du temps.

De la même façon, en alimentation animale, la directive n° 2002/32/CE du Parlement européen et du Conseil du 7 mai 2002 sur les substances indésirables dans les aliments pour animaux interdit l'utilisation de produits destinés aux aliments pour animaux dont la teneur en substances indésirables dépasse les teneurs maximales fixées dans son annexe I. Cette annexe a été modifiée par le Règlement n° 2019/1869 de la Commission.

La proposition de fixation ou de révision de la teneur réglementaire pour un couple danger/matrice relève de la compétence de la Commission Européenne. Les propositions sont étudiées sous le contrôle des États membres réunis en comité, le Comité Permanent des Végétaux, des Animaux, des Denrées Alimentaires et des Aliments pour Animaux (CPVADAAA). Il est présidé et animé par la Commission Européenne et l'ensemble des États-membres y participe. Les avis sont pris à la majorité qualifiée (atteinte lorsque deux conditions sont remplies : la décision est soutenue par au moins 55 % des États-membres, soit 15/27, représentant au moins 65 % de la population européenne). Les travaux réglementaires s'appuient sur (i) des avis de l'Autorité Européenne pour la Sécurité des Aliments (EFSA), (ii) l'identification de risques émergents rapportée par des États-membres ou diverses parties prenantes, et (iii) le respect d'un calendrier de révisions périodiques pouvant être fixé lors de la première rédaction d'un texte. Pour un danger donné, les matrices réglementées prioritairement sont celles qui participent fortement à l'exposition à ce danger, ou qui présentent les plus hauts niveaux de

contamination. Dans le cas de contaminants d'origine environnementale ou industrielle non intentionnelle, ou de contaminants d'origine agricole, présents dès l'amont dans la chaîne alimentaire, les TM sont préférentiellement fixées pour des produits de production primaire ou de premières transformations, afin de réduire les catégories réglementées, de faciliter les contrôles et de limiter les contaminations sur l'ensemble de la chaîne. La fixation des TM est fondée sur le principe ALARA (*As Low As Reasonably Achievable*), lequel repose sur la fixation de niveaux aussi bas qu'il est raisonnablement possible d'atteindre en tenant compte de diverses contraintes (économiques, sociétales, d'approvisionnement, de capacités analytiques etc.), et de l'objectif recherché. Elle répond donc à une exigence de protection du consommateur basée sur des arguments sanitaires, issus de l'évaluation du risque, mais doit aussi s'accorder avec des exigences de faisabilité – pour la préservation des filières –, voire, dans certains cas géopolitiques, pour garantir une indépendance et une sécurité d'approvisionnement. Il est également nécessaire de prendre en compte l'hétérogénéité des niveaux de contamination entre États, particulièrement lorsque la contamination est liée aux conditions climatiques, ou au sol comme c'est le cas pour le cadmium. La TM autorisée dans un aliment correspond généralement au 95^e percentile du niveau de contamination observé, conduisant à un rejet maximal de 5 % des denrées. L'objectif est ainsi de retirer de l'offre alimentaire toutes les denrées qui sont fortement contaminées. Cette approche permet notamment de ne pas induire de perturbation majeure dans les filières d'approvisionnement et de garantir la sécurité alimentaire européenne. Ces TM sont ensuite régulièrement révisées, assurant une réduction progressive des niveaux de contamination autorisés, lorsque cela est nécessaire et possible, et permettant aux filières de s'adapter aux évolutions réglementaires. Avant qu'une TM ne soit approuvée, la cohérence entre les données utilisées par la Commission Européenne et les données nationales est vérifiée par les États-membres. Les filières sont également consultées pour s'assurer de la soutenabilité de ces TM.

A noter que le **Règlement (CE) n°853/2004 modifié** établit également des teneurs limites en cadmium dans la gélatine et le collagène (Annexe III, sections XIV et XV).

b. Fertilisants

Le **Règlement (UE) n°2019/1009** fixe pour la première fois des teneurs maximales autorisées pour plusieurs contaminants et pathogènes dans les fertilisants au niveau européen. Pour le cadmium, il prévoit un réexamen des valeurs limites dans les engrais phosphatés en 2026, afin de déterminer s'il est possible de réduire ces valeurs limites à un niveau approprié sur la base de données actualisées en matière d'exposition au cadmium et d'accumulation dans l'environnement, tout en tenant compte des facteurs environnementaux, socio-économiques, y compris des considérations liées à la sécurité d'approvisionnement. Les teneurs en cadmium sont fixées en fonction des catégories fonctionnelles de produits. Cependant, ce règlement est d'application volontaire, il ne s'applique ainsi qu'aux fertilisants porteurs du marquage CE. D'autres fertilisants peuvent donc être mis sur le marché dès lors qu'ils respectent la réglementation nationale de l'État membre (EM). Les réglementations nationales n'étant pas harmonisées, elles varient d'un EM à l'autre, notamment pour ce qui concerne la teneur en éléments traces métalliques comme le cadmium.

Au niveau français, les seuils en cadmium sont fixés dans les normes rendues d'application obligatoires. Les teneurs maximales varient en fonction de la catégorie de fertilisants. Les cahiers de charges pour les digestats de méthanisation prévoient également des seuils en cadmium. L'arrêté du 1^{er} avril 2020 fixant la composition des dossiers de demandes relatives à des autorisations de mise sur le marché et permis de matières fertilisantes, d'adjuvants pour matières fertilisantes et de supports de culture n'impose pas de seuils en cadmium mais une référence pour la qualité des produits.

Un projet de réglementation appelé « socle commun » est en cours d'élaboration. Il vise à imposer un cadre commun d'exigences en termes de contaminants et d'efficacité agronomique pour l'ensemble des catégories de matières fertilisantes et des supports de culture, quelles que soient leurs conditions de mise sur le marché au niveau français : autorisation de mise sur le marché, normes rendues d'application obligatoire, ou cahier des charges. Cette réglementation remplacera à terme la partie « innocuité » ou « spécifications en contaminants » des normes rendues d'application obligatoires.

c. Réglementation internationale : le cas des imports/exports

Des normes internationales ont été édictées par le *Codex Alimentarius*, programme mixte de l'Organisation pour l'Alimentation et l'Agriculture (FAO) et de l'Organisation Mondiale pour la Santé (OMS). Elles ont pour objectif d'assurer la protection des consommateurs tout en garantissant la loyauté des pratiques suivies dans le commerce des produits alimentaires. Non contraignantes, elles sont toutefois considérées comme normes de référence par l'Organisation Mondiale du Commerce (OMC) depuis l'accord relatif à l'application des mesures sanitaires et phytosanitaires de l'OMC (accord SPS) datant de janvier 1995⁶ et s'appliquent pour le commerce international. Si une réglementation sanitaire plus restrictive que cette référence est appliquée dans un pays, ce dernier doit justifier sa décision sur des arguments découlant d'une évaluation du risque. Les limites maximales adoptées pour le cadmium sont référencées dans la Norme générale pour les contaminants et les toxines présents dans les produits de consommation humaine et animale (*Codex Alimentarius*, CXS 193-1995). Les principales matrices concernées sont les légumes, les légumineuses, les céréales, les mollusques, les eaux minérales naturelles, le sel et le chocolat. Ces règles sont généralement moins strictes que les règlements européens, qui s'appliquent à toute denrée circulant dans le territoire de l'Union.

4. Acteurs, dispositifs et collaborations existantes

Le recensement des acteurs et des dispositifs de surveillance du cadmium a été réalisé à partir d'un questionnaire en ligne, diffusé aux membres du groupe de travail et du comité de pilotage de la plateforme SCA qui étaient invités à le relayer à leurs organismes partenaires, susceptibles de mener une surveillance du cadmium. Ce questionnaire a été initialement ouvert du 15/07/20 au 30/09/20, puis prolongé à plusieurs reprises pour permettre la participation de nouveaux répondants jusque fin avril 2021.

Compte tenu de l'ubiquité du cadmium dans la chaîne alimentaire, de très nombreux acteurs sont impliqués dans la surveillance de ce danger, il est donc très probable que tous n'aient pas été identifiés et sollicités pour participer à cette enquête. A cela s'ajoute la participation très variable des organismes interrogés selon les filières. Une forte mobilisation de certaines filières, comme la filière céréalière, est à souligner, même si la participation des organismes interrogés fut très variable selon les filières. Il en résulte que ce recensement ne saurait prétendre à l'exhaustivité. Toutefois, celui-ci illustre la grande diversité des acteurs impliqués dans la surveillance du cadmium et la complexité des interactions qui les lient. Le tableau 1, élaboré à partir des déclarations des répondants à l'enquête et complété par des interviews menées par l'équipe d'animation auprès de certains partenaires, rapporte les principales caractéristiques des acteurs interrogés et des dispositifs de surveillance dont ils ont la charge.

⁶ https://www.wto.org/french/tratop_f/sps_f/spsagr_f.htm, consulté le 27/04/2023.

Tableau 1 : Description structurelle non-exhaustive des dispositifs de surveillance du cadmium en France en avril 2020 basée sur les réponses des dispositifs au questionnaire du GT cadmium. [Les secteurs suivants correspondent aux secteurs de réalisation des prélèvements et de collecte des données : Aa pour Alimentation animale ; Ah pour Alimentation humaine ; EDCH pour Eaux destinées à la consommation humaine ; Env pour Environnement ; Fe pour Matières fertilisantes ; SH : pour Santé humaine].

Nom complet du dispositif	Nom court du dispositif	Gestionnaire	Secteur	Périmètre	Cadre d'application
Autocontrôles des opérateurs de la chaîne alimentaire	Autocontrôles	Opérateurs (privé)	Aa, Ah	Denrées alimentaires et aliments pour animaux tous stades (de la production à la distribution)	Obligatoire
Autocontrôles des professionnels de la fertilisation	-	Professionnels de la fertilisation (privé)	Fe	Matières fertilisantes	Obligatoire
Directive Cadre Stratégie pour le Milieu Marin –Descripteur 9	DCSMM – descripteur 9	DGALN (public)	Env	Écosystèmes marins	Officiel
Etudes d'occurrence Arvalis	Enquêtes Arvalis	Arvalis (privé)	Aa, Ah	Céréales	Volontaire et recherche
Enquêtes collecteurs nationales	-	FranceAgriMer (public)	Aa, Ah	Céréales (commerce)	Volontaire
Enquêtes de la DGCCRF ⁷	-	DGCCRF (public)	Aa, Ah, Fe	Denrées alimentaires d'origine végétale (hors production primaire) et aliments pour animaux	Officiel
Mise en commun des autocontrôles – contaminants de la CITPPM complétée par un plan de surveillance annuel	Dispositif CITPPM	CITPPM (privé)	Ah	Produits de la pêche transformés	Volontaire
Observatoire de la qualité sanitaire des céréales et produits céréaliers	Hypérion ⁸	Professionnels de la filière céréalière (privé)	Aa, Ah	Céréales (production)	Volontaire

⁷ Pour rappel (cf. introduction), le périmètre de la surveillance officielle porté jusqu'en 2022 par la DGCCRF a été repris en janvier 2023 par la DGAL.

⁸ Pour rappel (cf. P33), l'activité de l'Observatoire Hypérion a été reprise en 2023 par Intercéréales

Plan de contrôle CERADEL	Dispositif CERADEL	Organisations de producteurs de légumes et fruits (privé)	Ah	Légumes et fruits	Volontaire
Plan de contrôle IDELE des résidus chimiques	Dispositif IDELE	Professionnels des filières bovines, ovines, caprines et équines (privé)	Ah	Viande (bovine, ovine, caprine, équine)	Volontaire
Plan de contrôle IFIP des résidus chimiques	Dispositif IFIP	Professionnels de la filière porcine (privé)	Ah	Viande (porcine)	Volontaire
Plan mutualisé de la nutrition animale	Dispositif Oqualim	Professionnels de l'alimentation animale (privé)	Aa	Alimentation animale	Volontaire
Plan de surveillance de la qualité sanitaire des oléo-protéagineux	PSO	Professionnels des graines oléagineuses et légumineuses à graines (privé)	Aa, Ah	Graines oléagineuses et produits dérivés ((huiles végétales, tourteaux), graines légumineuses et produits dérivés	Volontaire
Plans de surveillance / plans de contrôle de la DGAL	PS/PC	DGAL (public)	Aa, Ah	Denrées alimentaires d'origine animale et aliments pour animaux	Officiel
Plan de surveillance sanitaire des pommes de terre fraîches	Dispositif CNIPT	Professionnels de la filière pomme de terre (privé)	Ah	Pommes de terre	Volontaire
Programme national de biosurveillance	PNBS	DGS et DGPR (public)	SH	Prélèvements biologiques	Officiel
Réseau de mesures de la Qualité des Sols	RMQS	MTE, MASA, INRAE, ADEME, IRD, IGN, OFB et BRGM (public)	Env	Sols	Recherche
Réseau d'Observation de la Contamination Chimique du littoral	ROCCH	Ifremer (public)	Env	Mollusques bivalves	Officielle et volontaire
Surveillance cadmium du SRPARB	-	SRPARB (privé)	Aa	Algues	Volontaire

Ainsi, dix-neuf dispositifs de surveillance ont été inventoriés dont treize couvrent l'alimentation humaine, six l'alimentation pour animaux, deux les matières fertilisantes, trois la surveillance de l'environnement et un la surveillance de la santé humaine. Ils reposent sur différents types d'acteurs : autorités compétentes, agences sanitaires, opérateurs privés et organisations professionnelles, instituts techniques ou de recherche, laboratoires d'analyses publics ou privés, offices agricoles. Ils contribuent à la réalisation de trois types de surveillance :

- La surveillance officielle, pilotée et coordonnée par les autorités compétentes, dans le respect des obligations réglementaires : ce sont les plans de surveillance et plans de contrôle (PS/PC) ;
- La surveillance obligatoire, coordonnée et mise en œuvre par les opérateurs de la chaîne alimentaire dans le respect du Paquet Hygiène (cf. V.3.a) : ce sont les autocontrôles aux différents maillons et secteurs d'activités ;
- La surveillance volontaire, coordonnée et mise en œuvre par des opérateurs privés ou publics, hors du cadre réglementaire.

À partir des réponses au questionnaire et des interviews menées en complément, une cartographie non-exhaustive des dispositifs de surveillance du cadmium en France et de leurs collaborations, qu'il s'agisse d'un partage d'informations ou de données, a pu être réalisée (figure 5). Le tableau 2 restitue la liste des organismes identifiés dans cette cartographie. Deux dispositifs ont été ajoutés au schéma bien que n'ayant pas fait l'objet de réponses au questionnaire : le dispositif de surveillance de la qualité des eaux de surface et souterraine et le contrôle sanitaire de la qualité de l'eau du robinet pour illustrer les liens entre la surveillance de la chaîne alimentaire et celle des eaux, notamment les eaux destinées à la consommation humaine.

Outre le compartiment de l'eau, celui du sol est également représenté, le Réseau de mesures de la Qualité des Sols (RMQS), intégré dans le Groupement d'Intérêt Scientifique en charge du système d'information sur les sols (GIS SOL), réalisant un suivi à long terme de l'état des sols. La première campagne de prélèvement, conduite entre 2000 et 2009, a ainsi permis de cartographier la contamination en cadmium de plus de 2000 sites en France métropolitaine suivant une maille carrée de 16 kilomètres de côté (figure 1). Une nouvelle analyse du cadmium est prévue sur la seconde campagne qui doit s'étendre de 2016 à 2027. La surveillance du cadmium dans les matières fertilisantes est également figurée sur ce schéma car une fois appliquées aux sols elles peuvent aussi contaminer les végétaux, l'eau, et par voie de conséquence les animaux qui s'en nourrissent.

A ceci s'ajoute la surveillance de la santé humaine, également présente dans le schéma à travers le programme national de biosurveillance, coordonné par Santé publique France, lequel a été initié avec l'Étude nationale nutrition santé (ENNS) menée en 2006-2007, et s'est poursuivi par l'étude Esteban menée en 2014-2016 et construite pour être réitérée périodiquement.

Concernant les dispositifs de surveillance de la chaîne alimentaire (représentés sur fond blanc dans la figure 5), la cartographie fait apparaître le rôle central du dispositif de surveillance officiel, piloté par la DGAL d'une part, et la DGCCRF d'autre part. Outre les collaborations internes entre les deux Ministères à l'échelon central et départemental (programmation et communication des résultats), les données issues de cette surveillance officielle sont analysées conjointement par l'Anses avant leur transmission à l'Autorité Européenne de Sécurité des Aliments (EFSA).

L'Anses participe aussi à la surveillance réalisée en application de la Directive Cadre Stratégie pour le Milieu Marin (DCSMM). La DCSMM est pilotée par le Ministère de la Transition Écologique et de la Cohésion des Territoires (MTECT) et coordonnée au niveau national par l'Office Français de la Biodiversité (OFB) et l'Institut français de recherche pour l'exploitation de la mer (Ifremer). Elle comprend onze

descripteurs. Si l'objectif premier de la DCSMM est de s'assurer du bon état des écosystèmes marins, elle s'intéresse toutefois à la qualité sanitaire des produits de la mer destinés à l'alimentation humaine à travers le descripteur 9, coordonné par l'Anses. Ce dispositif s'appuie notamment sur les données des PS/PC de la DGAL relatives à la contamination des poissons, mollusques et coquillages, ainsi que sur le Réseau d'Observation de la Contamination Chimique du littoral (ROCCH), dispositif de surveillance également coordonné par l'Ifremer.

Outre la surveillance organisée et coordonnée par des dispositifs publics, la contamination des aliments fait l'objet d'une surveillance des opérateurs de la chaîne alimentaire qui réalisent des autocontrôles et informent les autorités compétentes des non-conformités détectées en vertu de l'article 50 de la loi Egalim⁹.

Dans certaines filières, les opérateurs se sont rassemblés au sein de dispositifs pour mutualiser leurs autocontrôles autour d'un organisme coordinateur qui peut être un institut technique, une interprofession, une confédération ou encore une association (e.g. dans le secteur de l'alimentation animale avec le dispositif Oqualim, dans le secteur des céréales avec l'observatoire Hypérion¹⁰ etc.). Certains de ces dispositifs ont développé des collaborations entre eux et partagent des outils, des informations voire des données de surveillance. C'est le cas par exemple de l'observatoire de la qualité sanitaire des céréales Hypérion, du dispositif de surveillance de l'alimentation animale Oqualim et du plan de surveillance des oléo-protéagineux (PSO). Des conventions de partenariat peuvent ainsi encadrer ces échanges. De la même façon, les données d'enquêtes réalisées par Arvalis peuvent être remontées dans l'observatoire Hypérion ainsi que les enquêtes collecteurs nationales coordonnées par FranceAgriMer. Des remontées de données et des partages d'informations se font également entre dispositifs de surveillance privés et autorités compétentes. Ainsi par exemple, la CITPPM échange annuellement avec les autorités sur les niveaux de contamination retrouvés dans les denrées qu'elle surveille.

In fine, une grande disparité existe entre les filières et les dispositifs en matière de mutualisation et de collaborations, ce qu'illustre la cartographie réalisée.

Figure 5 (page suivante) : Cartographie non-exhaustive des dispositifs de surveillance du cadmium en France et de leurs collaborations.

⁹ Loi n° 2018-938 du 30 octobre 2018 pour l'équilibre des relations commerciales dans le secteur agricole et alimentaire et une alimentation saine, durable et accessible à tous.

¹⁰ NB : La dissolution de l'observatoire Hypérion a été prononcée sur la 2^e moitié de mandat du GT cadmium. Son activité a été reprise en 2023 par Intercéréales.

Tableau 2 : Liste des termes utilisés dans la figure 5 « Cartographie non-exhaustive des dispositifs de surveillance du cadmium en France et de leurs collaborations ».

Acronyme / Abréviation / nom court	Nom complet (Informations complémentaires)
4B	Bureau de la qualité des denrées alimentaires (DGCCRF)
ADEME	Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie
Agences de l'eau	Agences de l'eau
Anses	Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail
ARS	Agences Régionales de Santé
AIPCE	Association européenne des industries du poisson
Arvalis	Arvalis – Institut du végétal
BAMRA	Bureau d'appui à la maîtrise des risques alimentaires (DGAL)
BGIR	Bureau de la gestion intégrée du risque (DGAL)
BN FERTI	Bureau de la normalisation de la fertilisation
BPMED	Bureau des produits de la mer et d'eau douce (DGAL)
CE	Commission Européenne
Cerafel	Cerafel (Association d'Organisation de Producteurs regroupant six organisations de producteurs de légumes, fruits, plants et horticulture)
CEREMA	Centre d'Études et Expérience en Risques, Environnement, Mobilité et Urbanisme
Chambres d'agriculture	Chambres d'agriculture
CIEM	Conseil International pour l'Exploration de la Mer
CITPPM	Confédération des Industries de Traitement des Produits des Pêches Maritimes et de l'Aquaculture
CNIEL	Centre national interprofessionnel de l'économie laitière
CNIPT	Comité national interprofessionnel de la pomme de terre
CSNA	Conseil scientifique de la nutrition animale
La Coopération Agricole	La Coopération Agricole (fédération des coopératives agricoles, agroalimentaires, agro-industrielles et forestières)
Culture Viande	Culture Viande (syndicat des entreprises françaises de viande boucherie)
CNP - DMM	Comité national de pilotage de la mise en œuvre des directives relatives aux milieux marins (rassemble)
DCSMM	Directive Cadre Stratégie pour le Milieu Marin
DDTM	Directions départementales des territoires et de la mer
DEB	Direction de l'Eau et de la Biodiversité (DGALN)
DER	Direction d'Évaluation des Risques (Anses)
DGAL	Direction générale de l'alimentation (MASA)
DGALN	Direction générale de l'Aménagement, du Logement et de la Nature (MTECT)
DGCCRF	Direction générale de la Concurrence, de la Consommation et de la Répression des Fraudes (Ministère de l'Économie, des Finances et de la Souveraineté Industrielle et Numérique MEFSIN)
DGPR	Direction générale de la Prévention des risques (MTECT)
DGS	Direction Générale de la Santé (Ministère de la Santé et de la Prévention MSP)
DG Santé	Direction générale de la santé et de la sécurité alimentaire (Commission Européenne)
DIRM	Direction interrégionale de la Mer (MTECT)
DREAL	Direction régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement
DRIEAT	Direction Régionale et Interdépartementale de l'Environnement, de l'Aménagement et des Transports
EA4	Bureau de la Qualité des Eaux (DGS)
EFSA	Autorité européenne de sécurité des aliments
EM	État-membre
FCD	Fédération du commerce et de la distribution
France AgriMer	Établissement national des produits de l'agriculture et de la mer
GIS SOL	Groupement d'Intérêt Scientifique sur les sols
Hypérion	Observatoire de la qualité sanitaire des céréales et des produits céréaliers (activité reprise désormais par Intercéréales)
IDELE	Institut de l'Élevage
IFIP	Institut du porc
IFREMER	Institut français de recherche pour l'exploitation de la mer
IGN	Institut national de l'information géographique et forestière
INAPORC	Interprofession nationale porcine française

INRAE	Institut national de recherche pour l'agriculture, l'alimentation et l'environnement
Inserm	Institut National de la Santé Et de la Recherche Médicale
INTERBEV	Association Nationale Interprofessionnelle du Bétail et des Viandes
Intercéréales	Interprofession de la filière céréalière française
IPLC	Institut Professionnel du Lait de Consommation
ITERG	Institut des Corps Gras
IRD	Institut de recherche pour le développement
LNR	Laboratoire National de Référence
MASA	Ministère de l'Agriculture et de la Souveraineté Alimentaire
Min.	Ministère
MTECT	Ministère de la Transition Ecologique et de la Cohésion des Territoires
OFB	Office Français de la Biodiversité
Oqualim	Association pour la sécurité sanitaire des aliments pour animaux
OSPAR	Convention pour la protection du milieu marin de l'Atlantique du Nord-Est
PSO	Plan de surveillance de la qualité sanitaire des oléo-protéagineux
RMQS	Réseau de Mesure de la Qualité des Sols
ROCCH	Réseau d'Observation de la Contamination Chimique du littoral
Sc.	Scientifique
SCL	Service Commun des Laboratoires
SNIA	Syndicat National de l'Industrie de la Nutrition Animale
SpF	Santé publique France
SRPARB	Syndicat des Récoltants Professionnels d'Algues de Rives de Bretagne
Terres Inovia	Institut technique des professionnels de la filière des huiles et protéines végétales, et de la filière chanvre
Terres Univia	Interprofession des huiles et protéines végétales

IV. Approche méthodologique

Après la réalisation d'un état des lieux de la surveillance, la question d'évaluer cette surveillance s'est posée. Ceci a conduit le GT pour sa deuxième année de mandat, à s'interroger sur les éléments qui permettent de déterminer quelle surveillance est adaptée au danger, et quelle est l'approche à adopter pour répondre à cette question de la manière la plus objective et exhaustive possible. Ce questionnaire général sur la surveillance, dépassant le cadre de la seule surveillance du cadmium, s'inscrit dans la démarche « preuve de concept » de ce GT, qui vise à poser les fondations méthodologiques de la conduite d'un GT « Plateforme » relatif à un danger chimique.

Pour garantir une approche systématique, et reproductible dans le cadre d'autres GT, le groupe a découpé la surveillance en sept points-clés (figure 6), qui suivent le cycle de vie d'un échantillon, du prélèvement au résultat :

- 1) L'échantillonnage et le prélèvement de l'échantillon, incluant donc la programmation du plan d'échantillonnage puis la méthode de prélèvement ;
- 2) La méthode d'analyse ;
- 3) L'exploitation de la donnée, conditionnée par la qualité de cette donnée ;
- 4) La détermination de la conformité du résultat, notamment au regard des exigences réglementaires ;
- 5) L'analyse des tendances, qui peuvent être spatiales ou temporelles et qui permettent de déceler l'évolution des niveaux de contamination, conduisant si besoin à déterminer la fréquence et les modalités de surveillance de ce contaminant ;
- 6) La gestion des non-conformités et de l'évolution des tendances au sens des collaborations mises en place, c'est-à-dire de l'information véhiculée au sein d'une filière, entre filières ou encore entre

autorités compétentes et professionnels, relative à une vigilance particulière à apporter à une matrice, à un lieu, à une période ;

- 7) Le fonctionnement du dispositif de surveillance dans sa globalité, voire du système de surveillance selon l'échelle considérée.

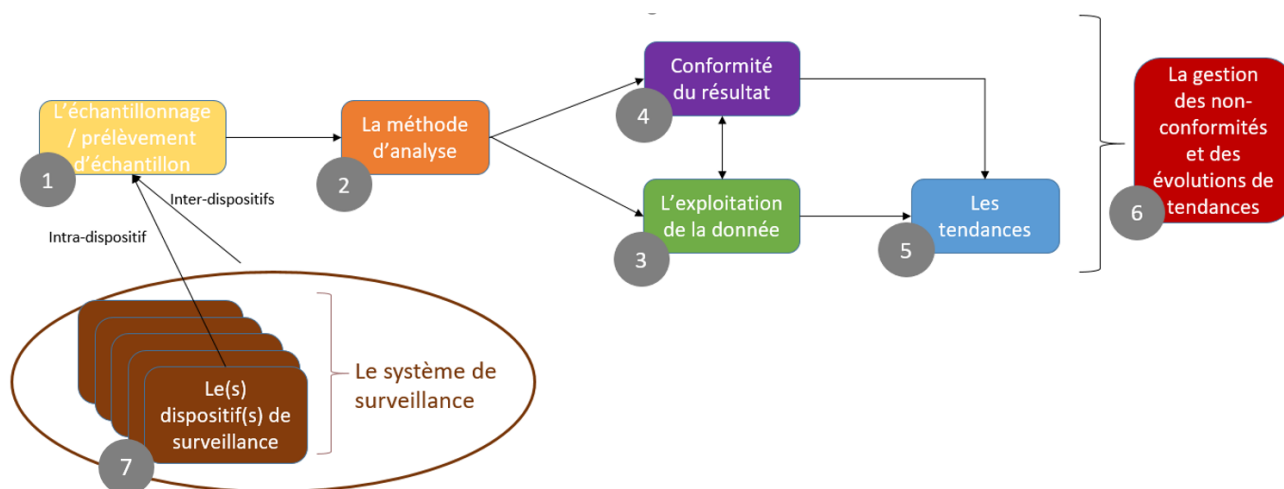


Figure 6 : Schéma des points-clés de la surveillance considérés pour le GT cadmium.

Pour chacun de ces points, le groupe a identifié un ensemble de questions dont les réponses conditionnent la qualité de la surveillance :

- 1) **L'échantillonnage et le prélèvement de l'échantillon :**
 - Le plan d'échantillonnage est-il en adéquation avec le besoin ?
 - Les aliments et les volumes sont-ils bien ciblés ?
 - Le contexte de production (agronomique, pédologique etc.) est-il pris en compte ?
 - Les méthodes de prélèvement sont-elles adaptées et homogénéisées ?
- 2) **La méthode d'analyse :**
 - Les méthodes d'analyse sont-elles adaptées et standardisées au sein d'un dispositif et entre dispositifs ?
- 3) **L'exploitation de la donnée**
 - Les données de surveillance pour le cadmium sont-elles de qualité ?
 - Sont-elles bien exploitées ?
- 4) **La détermination de la conformité du résultat :**
 - Les teneurs réglementaires sont-elles adaptées au danger ?
 - Le choix des matrices réglementées est-il pertinent ?
- 5) **L'analyse des tendances :**
 - Détecte-t-on une évolution de la concentration en cadmium dans les aliments sur une période donnée ?
 - Si oui, dans quels aliments ?
 - Pourquoi ? Peut-on mettre en évidence un facteur explicatif ?
- 6) **La gestion des non-conformités et des évolutions de tendances :**
 - Comment les non-conformités et les évolutions de tendances sont-elles prises en compte par les dispositifs ?
 - Quelles informations circulent entre dispositifs ?
- 7) **Le dispositif de surveillance dans sa globalité :**
 - Le fonctionnement des dispositifs de surveillance est-il satisfaisant ?

Afin de tenter d'apporter des éléments de réponses aux questions relatives aux points 1 à 6, une approche par sous-groupes a été décidée. Trois sous-groupes ont été constitués, en charge respectivement du point 1 pour le SG-1, du point 2 pour le SG-2 et des points 4 à 6 pour le SG-3. Le point 3 a fait l'objet d'un travail préparatoire par l'équipe opérationnelle de la Plateforme avant présentation aux membres du GT en séance plénière pour validation. Le SG-1 et le SG-3 se sont respectivement réunis une et trois fois. Le SG-2 rassemblant moins de participants et ayant un périmètre assez lié à la question de la qualité des données (point 3), le point 2 a finalement été traité en séance plénière. Le point n°4 relevait davantage du domaine de la gestion de risques. Toutefois, la fixation des teneurs maximales réglementaires impacte la surveillance, à la fois en ce qui concerne le nombre d'analyses réalisées mais aussi dans la mesure où ces valeurs déterminent la conformité d'un aliment. Le groupe a estimé que ces questions ne relevaient pas de son champ de compétence mais qu'il était pertinent d'échanger avec les autorités compétentes et l'Anses pour recueillir leurs avis sur l'adéquation de ces teneurs au danger et sur l'identification d'éventuels leviers d'actions en découlant. D'autres aspects en lien avec la détermination de la conformité auraient pu être investigués, tels que la prise en compte des marges d'erreur, les délais d'obtention des résultats et leur impact sur la réponse apportée en cas de non-conformité par exemple.

L'ensemble des réflexions de ces sous-groupes, et les recommandations qui en découlent, sont rassemblés dans les sections VII et VIII du présent rapport.

Enfin, le point n°7 a été traité en fin de GT. Pour illustrer la façon dont un dispositif de surveillance peut être évalué dans sa globalité, l'utilisation de la méthode Oasis a été proposée. Cette méthode semi-quantitative permet une analyse structurée, standardisée et approfondie du fonctionnement et de la qualité d'un dispositif de surveillance (Hendrikx, 2011). Elle offre une visualisation des points forts et faibles du dispositif à travers trois sorties graphiques complémentaires. Ce modèle d'évaluation de dispositifs de surveillance du cadmium est intéressant à plus d'un titre. Il peut en effet permettre :

- L'amélioration individuelle du fonctionnement de dispositifs ;
- L'identification de recommandations globales sur le fonctionnement de dispositifs, lesquelles pourraient ensuite être transposées et appliquées à d'autres dispositifs non-évalués ;
- La démonstration, suivant l'approche « preuve de concept » du GT, de l'applicabilité de cette méthode à des dispositifs de surveillance de dangers chimiques, celle-ci ayant jusqu'ici été majoritairement exploitée dans le secteur de la santé animale et de la surveillance de la chaîne alimentaire pour des dispositifs de surveillance des pathogènes zoonotiques ;
- La mise en évidence d'éventuels besoins de faire évoluer cette méthode pour s'adapter aux spécificités des contaminants chimiques, incluant notamment une révision du vocabulaire employé. Cette réflexion est actuellement en cours dans le GS EDS (« Évaluation de dispositifs de surveillance »), groupe de travail commun aux trois plateformes d'épidémiosurveillance constitué pour mener des réflexions sur l'amélioration des méthodes d'évaluation de dispositifs telles que Oasis.

Le Plan de Surveillance de la qualité sanitaire des Oléo-protéagineux (PSO) s'est porté volontaire pour être évalué par la méthode Oasis, l'évaluation a débuté à l'automne 2022, après la finalisation des travaux du GT cadmium. Par ailleurs, l'axe 3 de ce GT, relatif au retour d'expérience méthodologique a fait l'objet d'un rapport spécifique.

V. Exploitation des données transmises volontairement par des dispositifs de surveillance

1. Objectifs

Afin d'appuyer les travaux du GT Cadmium, dix-huit jeux de données provenant de onze partenaires distincts ont été transmis volontairement à l'équipe opérationnelle de la Plateforme SCA. Les données collectées provenaient de la surveillance officielle, de celle opérée par les filières dans le cadre des autocontrôles, du programme de surveillance du littoral français mené par l'Ifremer ou encore de programmes de recherche (cf. paragraphe V.1.b). Afin d'obtenir des résultats représentatifs des niveaux de contamination actuels et de pouvoir réaliser des analyses statistiques assorties de la mise en évidence de tendances temporelles, il a été décidé d'analyser les données de surveillance collectées sur une période de dix ans, entre **2010 et 2019**. La mutualisation de ces données de surveillance avait pour but de produire des recommandations à destination des partenaires, en déclinant les objectifs suivants :

1 - Valider une méthodologie de travail pour les futurs GT « dangers chimiques »

Le premier objectif consistait à évaluer la **faisabilité** d'une mutualisation des données de surveillance entre partenaires institutionnels et opérateurs de la chaîne alimentaire, issus de filières et de maillons variés. Dans une optique « preuve de concept », le GT cadmium devait permettre de nourrir les réflexions des futurs groupes de travail de la plateforme relatifs à des dangers chimiques en proposant une méthode de travail et en identifiant les obstacles à cette mutualisation ainsi que les solutions envisageables pour les lever.

2 - Evaluer la qualité des données de surveillance

La qualité des données est le facteur clé dans la mise en commun puis l'exploitation de données. La notion de qualité de la donnée est liée à l'usage qui en est projeté. Des données de mauvaise qualité sont donc des données qui ne pourront pas être exploitées de façon satisfaisante. Cette évaluation devait fournir un aperçu de la qualité des données de surveillance du cadmium en France et d'identifier les éventuels **points d'amélioration** pour les dispositifs évalués et les recommandations en résultant, lesquelles sont susceptibles d'intéresser tous les dispositifs de surveillance.

3 - Produire des indicateurs facilitant la hiérarchisation des matrices à surveiller

Enfin, le traitement des données mutualisées et nettoyées devait conduire à la production **d'indicateurs sanitaires**, c'est-à-dire d'outils permettant de suivre les niveaux de contamination de la chaîne alimentaire et **d'indicateurs de tendance** (évolution temporelle de la contamination), afin d'avoir une représentation de l'ensemble de la contamination de la chaîne alimentaire. Ce troisième objectif a été décliné en trois composantes énumérées ci-dessous.

3.1 - Estimation des teneurs moyennes en cadmium dans les aliments (2017-2019)

Le premier objectif consistait à décrire les données d'occurrence de contamination. Au vu de l'évolution des performances analytiques observée entre 2010 et 2017 pour certaines matrices et

afin d'estimer les niveaux moyens de contamination les plus actuels, cette partie de l'exploitation des données s'est concentrée sur les données obtenues entre 2017 et 2019. A cette fin, différents estimateurs statistiques ont été calculés (moyenne, médiane, 75e percentile, 95e percentile etc.) pour chaque matrice et catégorie alimentaire. En raison de la présence de données censurées (inférieures aux limites analytiques), des scénarios maximisant (« UB ») ou minimisant (« LB ») ont été proposés. Lorsque cela était possible, les résultats ont été comparés à ceux rapportés dans l'EAT2 (Anses, 2011 a) et dans les avis de l'EFSA datés de 2009 et 2012 (EFSA, 2009 ; EFSA, 2012).

3.2 - Confrontation des résultats aux seuils réglementaires (2010-2019)

L'objectif initial était de confronter les données à la réglementation pour déterminer les catégories alimentaires les plus fréquemment associées à des non-conformités, sur l'ensemble de la période ciblée (2010-2019). Cependant la réglementation impose de soustraire l'incertitude de mesure au résultat avant de statuer sur sa conformité. Cette information étant souvent parcellaire ou ambiguë dans les jeux de données transmis, il a été choisi de confronter les **valeurs de contamination brutes** aux seuils réglementaires, permettant d'identifier des matrices dont les concentrations en cadmium avoisineraient fréquemment ces seuils.

3.3 - Évaluation de l'évolution temporelle des niveaux de contamination (2010-2019)

Enfin, le dernier objectif était d'identifier les évolutions temporelles des niveaux de contamination par le cadmium, afin notamment de comparer ces résultats aux évolutions observées entre les EAT1 et EAT2. Lorsque cela était possible, les distributions annuelles des concentrations en cadmium ont donc été comparées entre elles, de 2010 à 2019.

2. Transmission volontaire de données

a. Périmètre de la surveillance des dispositifs participants

Les informations relatives aux dispositifs de surveillance publics et privés ayant transmis des données figurent dans le tableau 3. Les données transmises couvraient à la fois les filières animales et végétales, l'alimentation humaine et animale, les maillons de la production primaire, de la transformation et de la distribution. Les plans officiels et privés contribuent chacun à hauteur de 50 % environ (figure 7).

Tableau 3 : Informations relatives aux dispositifs ayant transmis leurs données de surveillance dans le cadre du GT cadmium

Partenaire(s)	Contexte de la surveillance	Périmètre	Nombre de jeux de données transmis	Nombre de données transmises
DGAL et DGCCRF (transmission via l'Anses qui centralise ces données avant envoi à l'EFSA)	Contrôles officiels et surveillance officielle (PS/PC de la DGAL et enquêtes de la DGCCRF)	Productions primaires, denrées d'origine animale et végétale	1	39 362
Enseignes de grande distribution A et B (anonymisées, transmission via la FCD)	Autocontrôles	Grande distribution	4	8 149
CITPPM	Autocontrôles	Produits de la pêche et de l'aquaculture	3	6 111
Terres Inovia	Autocontrôles	Colza, tournesol, soja	2	3 321
IPLC	Autocontrôles	Lait de consommation	1	489
Ifremer	Surveillance du littoral (DCE)	Matrices environnementales (Mollusques)	1	1 880
Hypérion	Autocontrôles	Céréales et produits céréaliers	1	2 054
Arvalis	Recherche	Blé dur et blé tendre	2	1 898
CNIPT	Autocontrôles	Pommes de terre fraîches	1	1 784
Oqualim	Autocontrôles	Alimentation animale	2	9 521
		TOTAL	18	74 569

b. Formalisation de la transmission de données

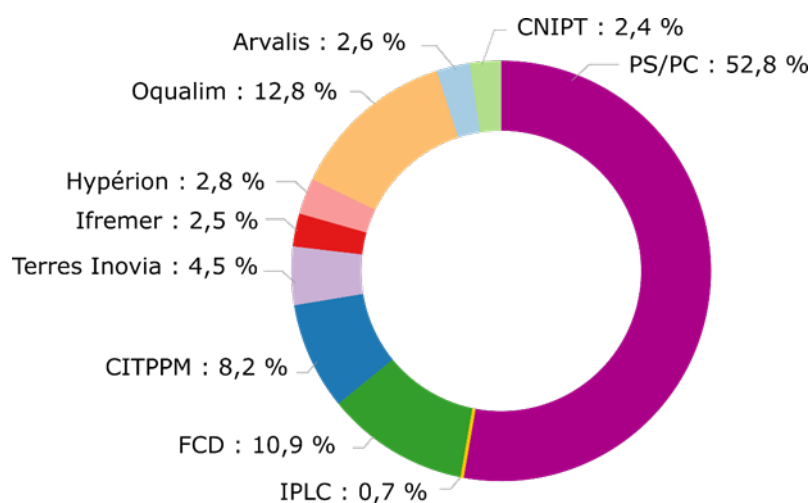


Figure 7 : Proportion de résultats d'analyse transmis par chaque dispositif de surveillance du cadmium.

Pour encadrer la transmission des jeux de données de surveillance, une fiche technique a été adressée aux partenaires volontaires, laquelle spécifiait les formats attendus et les informations minimales nécessaires à l'exploitation de ces données. Cette fiche précisait la période de transmission concernée, les données attendues, les commémoratifs indispensables à joindre avec ces données (matrice analysée, unité du résultat, date de prélèvement et d'analyse, méthode analytique utilisée et les performances associées) et les modalités de transmission. La transmission de résultats individuels était à privilégier fortement et les données devaient impérativement être anonymisées.

La transmission de ces données était encadrée par la convention du GT cadmium, signée par tous les participants à l'exception des données d'Arvalis qui n'en était pas membre. Une convention spécifique a donc été rédigée entre cet institut technique et la DGAL.

Dans le cadre de ces travaux, 74 569 **données** de surveillance ont ainsi transmises (cf. Tableau 3)).

3. Méthodologie de l'analyse des données

a. Vue d'ensemble du traitement des données, de leur nettoyage à leur exploitation

La figure 8 résume les principales étapes de l'analyse des données depuis leur réception jusqu'à leur exploitation. L'analyse de la qualité des données constitue la première étape puisqu'elle est effectuée sur les jeux de données (JDD) reçus. Les résultats de l'analyse qualité sont présentés dans la **section V.4**.

Les jeux de données ont ensuite été fusionnés entre eux lorsqu'ils provenaient du même dispositif. Un identifiant unique a été créé afin d'assurer la traçabilité de chaque résultat d'analyse, puis l'ensemble des jeux ont été fusionnés. Afin de regrouper les matrices similaires, un référentiel a été créé en attribuant à chaque matrice une catégorie alimentaire de niveau 1 (Ex : Fruits et produits à base de fruits) et de niveau 2 (Ex : Fruits à pépins), ainsi qu'une catégorie réglementaire (Ex : Framboises), en tenant compte de l'évolution du Règlement CE n°1881/2006, abrogé par la suite par le Règlement (CE) n°2023/915. Enfin, en s'appuyant sur les anomalies repérées lors de l'analyse qualité des données, le jeu final a été nettoyé avant d'être exploité. Les résultats des analyses sont détaillés au sein de la **section V.5**.

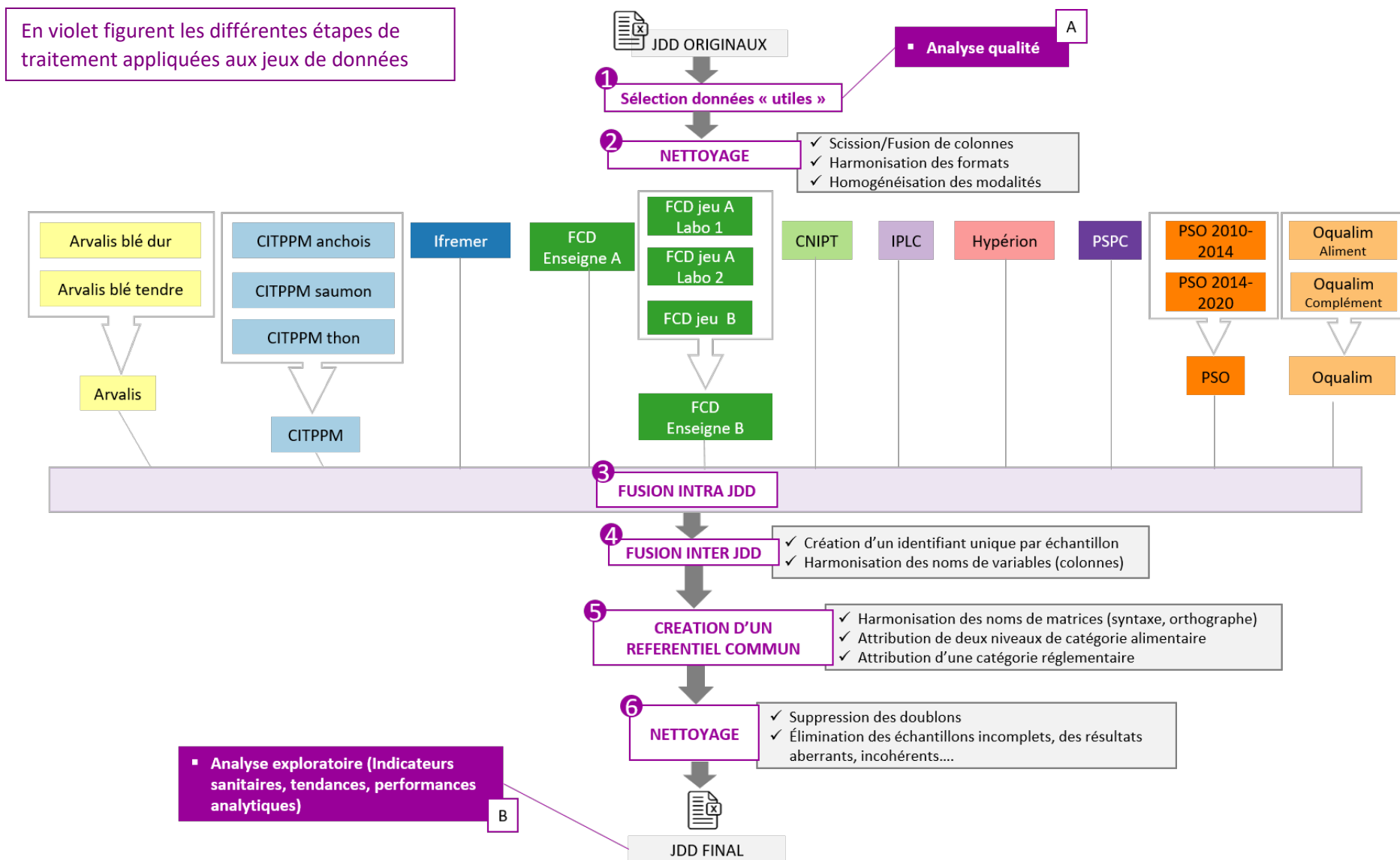


Figure 8 : Vue d'ensemble du traitement des données transmises par les dispositifs volontaires dans le cadre des travaux du GT cadmium. JDD : jeux de données.

b. Méthodologie de l'analyse qualité

L'évaluation de la qualité des données sert à déterminer dans quelle mesure un jeu de données peut être exploité. Une donnée de qualité peut être définie comme complète, fiable, précise, facilement interprétable par une personne tierce, homogène et cohérente. Pour une meilleure comparabilité des indicateurs de qualité entre dispositifs, il n'est pas apparu pertinent de réaliser cette analyse pour toutes les variables de chaque jeu de données. L'analyse de la qualité des données s'est donc concentrée sur les informations estimées utiles dans le cadre de ce travail. L'analyse a été effectuée sur les données originales, à l'exception des PS/PC pour lesquelles un nettoyage préalable avait été effectué par l'Anses dans le cadre de la transmission de ces données à l'EFSA. Les indicateurs de qualité retenus et calculés sont les suivants :

- **La complétude**, c'est-à-dire le pourcentage de données renseignées ;
- **La validité du format et l'homogénéité**, c'est-à-dire le pourcentage de données respectant un format prédéfini et homogène dans leur écriture (Ex : « 02/05/2010 » et « 03 mai 2011 » dans une même colonne sont un exemple de non homogénéité du format des dates) ;
- **L'exactitude** ou tout au moins la vraisemblance de la donnée, c'est-à-dire le pourcentage de données non-aberrantes (Ex : « 0 » est une valeur aberrante pour un résultat d'analyse) ;
- **La cohérence**, c'est-à-dire le pourcentage d'échantillons pour lesquels les informations renseignées sont logiques entre elles lorsqu'elles sont liées (Ex : une LD supérieure à une LQ constitue un résultat incohérent).

Remarque : sur les dix-huit jeux de données transmis, un seul comportait des données agrégées. Celui-ci n'a donc pu être exploité pour cette étape d'évaluation de la qualité des données.

L'**annexe 2** résume les indicateurs calculés par type de variable ainsi que les règles de vérification appliquées. Par exemple, des dates seront considérées comme valides dans leur format si elles sont toutes renseignées au même format.

Les modalités de calcul des indicateurs sont développées dans l'**annexe 3**.

c. Méthodologie de l'analyse des données de contamination

Le détail de la méthodologie figure à l'annexe 6. Les principales étapes sont résumées ici.

Dans un premier temps, les données ont été nettoyées afin d'écarter les résultats parcellaires (ex : absence de matrice, absence de date, absence de résultat analytique), aberrants (ex : unité indiquée conduisant à des résultats aberrants) ou encore incohérents (ex : LD et LQ renseignées identiques (cf. Section VI.2.b), résultat indiqué comme quantifié mais inférieur à la LQ renseignée). De même, les résultats correspondant à l'analyse de produits destinés à l'alimentation d'animaux domestiques (ex : croquettes pour chat) n'ont pas été conservés. Un référentiel a ensuite été construit afin d'associer chaque matrice à des niveaux plus ou moins détaillés de catégories d'aliments, suivant la nomenclature FoodEx. Les matrices réglementées ont été associées à leurs teneurs maximales respectives, en considérant le règlement en vigueur au 1^{er} janvier de l'année d'échantillonnage.

Le premier objectif consistait à décrire les données d'occurrence de contamination et à identifier, au sein de chaque catégorie alimentaire, les matrices les plus contaminées. Afin de rendre compte des niveaux de contamination les plus récents et de s'affranchir d'éventuelles évolutions des teneurs et/ou des performances analytiques, ce volet de l'analyse s'est concentré sur les données obtenues entre 2017 et 2019. Différents estimateurs statistiques ont ensuite été calculés pour chaque matrice en tenant compte des données censurées (c'est-à-dire inférieures à la LQ ou la LD), selon les recommandations émises par l'OMS (WHO, 2013) et l'EFSA (EFSA, 2010). Ainsi, en présence de données censurées, deux estimations selon les scénarios « upper-bound » (UB) et « lower-bound » (LB) ont été proposées lorsqu'ils donnaient des estimations différentes.

Le second objectif consistait à identifier les matrices pour lesquelles des non-conformités avaient été observées au cours de la période 2010-2019. Cependant, l'information relative à la conformité ou non-conformité de l'échantillon était rapportée pour 22,5 % des échantillons seulement. Par conséquent, il n'a pas été possible de produire un bilan des non-conformités. Il n'a pas été possible non plus de retrouver cette information *a posteriori* car des informations manquaient (notamment l'incertitude de mesure). Aussi, ce sont les résultats bruts qui ont été confrontés aux teneurs maximales. Les indicateurs obtenus ici ne portent donc pas sur la non-conformité des échantillons au regard de la réglementation. Ils renseignent sur un dépassement potentiel et donc la « proximité » des résultats par rapport aux seuils réglementaires. Au regard des dépassements de la valeur toxicologique de référence constatés dans les EAT 2 et infantile (cf. Section III.2.b), il est apparu pertinent de porter attention à ces résultats qui peuvent être conformes au regard de la réglementation mais qui peuvent toutefois peser dans l'estimation de l'exposition des consommateurs.

Enfin, compte tenu des fortes augmentations des niveaux de contamination observées entre les EAT 1 et 2, le GT a souhaité savoir si ces tendances se retrouvaient dans les données exploitées pour la période 2010-2019. Le dernier objectif était donc de comparer l'évolution des concentrations en cadmium au cours de cette période pour identifier une éventuelle hausse (ou baisse) des niveaux de contamination. Dans cet objectif, seules les matrices présentant des effectifs suffisants (au moins 25 résultats quantifiés par an et moins de 80 % de données censurées) sur une période temporelle d'au moins 3 ans ont été retenues. Pour chaque matrice, les teneurs moyennes annuelles ont été comparées à l'aide de tests statistiques appropriés (paramétriques ou non paramétriques). Lorsqu'une évolution significative des teneurs était observée, elle a ensuite été confirmée ou non par une régression linéaire dont la significativité a été testée.

4. Résultats de l'analyse qualité des données

a. Description des jeux de données analysés

Les jeux de données contenaient entre 171 et 39 362 résultats analytiques, pour un total de 74 569 résultats avant nettoyage. Dans l'ensemble, entre 6 et 22 variables ont été retenues pour l'évaluation de la qualité des données en ne conservant que les données jugées par le groupe comme étant utiles ou indispensables. Selon les jeux de données, cela représentait entre 16 et 100 % des variables (médiane = 80 %).

b. Présence/absence des données jugées indispensables

Identification des données utiles/indispensables à la surveillance du cadmium

En amont de l'évaluation de la qualité des données, une réflexion a été menée par le GT afin de définir **une liste de variables indispensables ou utiles à la surveillance** du cadmium.

Cette réflexion s'est opérée en deux temps. Dans un premier temps, les membres ont été invités lors d'un atelier « post-it » à lister toutes les informations qu'ils jugeaient utiles voire indispensables à la surveillance et à préciser si ces informations devaient apparaître dans les jeux de données de surveillance, ou pouvaient être apportées par des sources extérieures. Dans un second temps, une liste de commémoratifs utiles voire indispensables à collecter et à faire figurer dans un jeu de données de surveillance a été dressée en caractérisant la localisation de ces informations, leur accessibilité et leur usage. Suite à l'exploitation des jeux de données, cette liste a fait l'objet de quelques modifications avec l'approbation du GT.

La liste de ces variables ainsi que les motifs justifiant leur caractère essentiel ou utile sont résumées dans le tableau 4.

Ces variables peuvent être classées en fonction de leur usage et de leur apport pour la surveillance. On distinguera ainsi des informations permettant :

① **De garantir la traçabilité de l'échantillon et de mettre en évidence les non-conformités**, c'est-à-dire les produits échantillonnés réglementés dont le niveau de contamination dépasse les teneurs maximales réglementaires. Dans ce but, il est indispensable que figure l'incertitude du résultat, puisque la réglementation impose de retrancher l'incertitude au résultat avant de le confronter à la TM (teneur maximale réglementaire)¹¹. De même, la matrice doit être renseignée avec un niveau de précision permettant **d'appliquer correctement la réglementation** (Ex : la réglementation diffère en fonction du pourcentage de cacao pour le chocolat), ou à défaut le résultat de non-conformité et le détail des calculs doivent pouvoir être retrouvés.

② **De réaliser des analyses statistiques et de surveiller les tendances**, c'est-à-dire l'évolution temporelle des niveaux de contamination en cadmium des matrices. A cet effet, il est particulièrement important que les jeux de données renseignent des **informations ayant potentiellement une incidence sur la contamination en cadmium** (Ex : agriculture biologique ou conventionnelle, origine géographique de la matière première). De même, il est indispensable de pouvoir identifier sans ambiguïté si le résultat est quantifié ou non et lorsqu'un résultat est indiqué comme inférieur à une performance analytique, s'il s'agit d'une limite de détection ou de quantification.

③ **De s'assurer du bon fonctionnement de la surveillance** elle-même, en évaluant par exemple les performances analytiques des laboratoires réalisant les analyses, les délais d'obtention des résultats d'analyse ou encore la couverture géographique de la surveillance.

IMPORTANT : La liste des variables jugées utiles ou indispensables figurant dans le tableau 4 a été élaborée dans le but d'aider les gestionnaires de dispositifs de surveillance à identifier les informations

¹¹ Règlement CE n°1881/2006

nécessaires pour répondre de manière optimale aux différents enjeux de la surveillance. Toutefois, en fonction des objectifs poursuivis et de l'usage prévu des données de surveillance collectées, toutes ces variables ne seront pas nécessaires. De la même façon, des informations complémentaires ne figurant pas dans le tableau 4 peuvent apporter des informations utiles à un dispositif de surveillance particulier. Cette liste est donc indicative, à considérer comme minimale, et doit être adaptée aux besoins de chaque dispositif.

Tableau 4 : Liste des variables jugées indispensables/utiles par le GT pour la surveillance du cadmium et retenues pour l'évaluation de la qualité des données.

Échantillon		Usage		Commentaires
*	Identifiant unique			Garantit la traçabilité des opérations effectuées sur les données (corrections, suppressions, ajouts...)
*	Matrice			
*	Espèce			Permet d'appliquer correctement la réglementation, cette dernière pouvant varier en fonction des espèces
*	Type de produit (matière 1 ^{ère} /transformée....)			Permet d'appliquer correctement la réglementation, un facteur de conversion pouvant être employé si le produit est transformé
*	Alimentation animale/humaine			Permet d'appliquer correctement la réglementation
*	Type de production (Biologique/Conventionnelle...)			Facteur important à pouvoir croiser avec les teneurs en cadmium retrouvées, potentiellement impactées par les pratiques agricoles
*	Mode de production (élevage/sauvage)			Facteur important à pouvoir croiser avec les teneurs en cadmium retrouvées, potentiellement impactées par les pratiques d'élevage
*	Origine géographique du produit/matière 1 ^{ère} (Pays)			Permet de dégager d'éventuelles tendances géographiques et de remonter aux origines des contaminations en cas de non-conformités
*	Zone de pêche (FAO)			
*	Identifiant du lot/traçabilité			Permet de retrouver les échantillons appartenant à un même lot
*	Date de prélèvement			Permet la traçabilité de l'échantillon, l'application de la réglementation, l'analyse des tendances et le suivi dans le temps des performances du laboratoire avec vérification du respect des exigences réglementaires en vigueur. A minima l'année doit être présente.
u	Variété			Permet le suivi des particularités variétales en termes de bioaccumulation
u	Origine matière 1 ^{ère} si produite en France (Région/Département)			Permet de dégager d'éventuelles tendances géographiques à l'échelle nationale
Analyse		Usage		Commentaires
*	Contaminant recherché (Analyte)			
*	Valeur du résultat			
*	Unité du résultat			
*	Statut du résultat			Permet de vérifier l'absence d'erreurs dans le report des valeurs, de différencier les résultats quantifiés, non quantifiés et non détectés préalablement à leur exploitation
*	Incertitude			Permet de vérifier la conformité à la réglementation, d'assurer une comparaison fiable des valeurs entre-elles, d'évaluer l'évolution des performances analytiques. Il doit être précisé dans la base si elle a été retranchée ou non du résultat.
*	LQ			Permet de vérifier l'absence d'erreurs dans le report des valeurs, d'évaluer les performances analytiques, de réaliser des analyses statistiques
*	LD			
*	Méthode analytique			Permet de suivre l'évolution des performances analytiques, nuancer la confiance accordée au résultat
*	Identifiant du laboratoire			Permet de repérer d'éventuelles erreurs récurrentes et d'améliorer la qualité des données au moment de leur saisie par le laboratoire. Permet la traçabilité lors de l'étape d'analyse.
u	Accréditation du laboratoire			Renseigne sur la qualité/fiabilité de l'analyse
u	Date de mise en analyse			Permet d'évaluer le laps de temps entre la date de prélèvement et la date de réception du résultat
u	Date de rendu du résultat			
Réglementation		Usage		Commentaires
*	Conformité			Permet de retrouver l'information relative à la de conformité. En l'absence de cette information, il est nécessaire de disposer de la TM en vigueur à la date du prélèvement pour la matrice analysée, de l'incertitude, et des facteurs de conversion appliqués (cas des produits transformés).
u	Teneur maximale en vigueur			Permet de vérifier l'absence d'erreur dans l'attribution des non-conformités, permet le report de l'information « conforme » / « non-conforme »

Analyse des non-conformités et traçabilité

Analyses statistiques

Performances de la surveillance

* Information jugée indispensable par le GT
(nécessaire pour au moins 1 des usages décrits)

u Information jugée utile mais non indispensable par le GT

La figure 9 indique, pour l'ensemble des jeux de données, si les informations sont globalement renseignées ou au contraire rarement collectées. Le statut de chaque variable a été décliné en six catégories. Ainsi une information peut être :

- 1) Non pertinente pour un dispositif, qui ne sera alors pas concerné par son renseignement.
- 2) Absente, lorsqu'elle n'est pas renseignée par le dispositif, soit parce qu'elle n'est pas collectée, soit plus rarement parce qu'elle n'a pas été transmise dans le cas de données considérées sensibles.
- 3) Déductible lorsqu'elle n'est pas renseignée mais qu'elle peut être déduite en connaissant d'autres éléments (Ex : si le résultat est précédé du symbole « < » on peut en déduire qu'il s'agit d'une valeur non quantifiée).
- 4) Présente et perfectible lorsqu'elle est renseignée mais mélangée à d'autres informations ou qu'elle ne fait pas l'objet d'une colonne propre (Ex : l'unité du résultat est indiquée dans un titre de colonne, ou est combinée avec le résultat. Il faut alors extraire ces informations pour les exploiter).
- 5) Présente et accessible, lorsqu'elle est renseignée et exploitable directement sans avoir besoin de modifier la structure du jeu de données.
- 6) Connue par le dispositif mais non renseignée : cas particulier de l'incertitude. En effet, cette information étant manquante dans un grand nombre de jeux de données à l'issue de la première transmission, les dispositifs ont été sollicités afin d'obtenir cette information dont ils disposent parfois mais qui n'est pas systématiquement rapportée dans la base de données.

Parmi les informations indispensables à la surveillance du cadmium, **trois variables ne figuraient pas de façon systématique dans les jeux de données transmis, peut-être en raison de leur sensibilité**. Il s'agit de l'identifiant du lot échantillonné, de l'identifiant du laboratoire (et donc de l'information relative à son accréditation) et de la conformité du résultat. Cette dernière a été transmise pour 17 % (3/18) des jeux. Il se peut également que cette information soit vérifiée au moment de la réception du résultat mais non conservée par la suite. Elle peut être retrouvée *a posteriori* mais le travail mené pour calculer des indicateurs sanitaires (cf. section V.3) a démontré que les informations nécessaires pour déterminer la conformité d'un prélèvement (incertitude de mesure, taux d'humidité etc...) étaient souvent parcellaires, rendant quasi impossible la récupération de cette information.

Neuf autres informations indispensables ne sont pas systématiquement renseignées :

- Le **mode de production** (biologique, conventionnel...) est renseigné pour 50 % (8/16) des jeux de données concernés.
- L'**origine géographique** du produit (pays d'importation ou zone FAO pour la pêche) est renseignée pour 72 % (13/18) des jeux de données.
- La **date exacte de prélèvement** (JJ-MM-AAAA) est renseignée dans 61 % (11/18) des jeux de données. Cette date est celle faisant foi pour appliquer la réglementation. Cependant une année est au moins toujours renseignée.
- Un **identifiant unique** est présent pour 83 % (15/18) des jeux de données.
- L'**unité du résultat** est renseignée pour 83 % (15/18) des jeux. Même si cette information peut sembler évidente à un dispositif faisant toujours appel au même laboratoire, le principe d'interopérabilité des données veut que des informations aussi importantes que l'unité soient renseignées sans ambiguïté pour la personne analysant les données.

- La **méthode analytique** est indiquée pour 72 % (13/18) des jeux. Les dispositifs pour lesquels cette information n'est pas renseignée ont cependant connaissance des différentes méthodes employées par les laboratoires à qui sont confiées les analyses, même s'il n'est pas toujours possible de rattacher chaque échantillon à une méthode.
- La **limite de détection (LD)** et la **limite de quantification (LQ)** figurent dans respectivement 44 % (8/18) et 83 % (15/18) des jeux de données. Dans plusieurs jeux de données cependant, celles-ci ne sont collectées que lorsque le résultat est inférieur à la LD ou à la LQ et non systématiquement.
- L'**incertitude** liée à la mesure est une information majoritairement absente car non collectée pour 44 % (8/18) des jeux, connue mais non renseignée pour 17 % (3/18) d'entre eux et collectée pour les 7 jeux de données restants. Plusieurs dispositifs ne rapportent l'incertitude que dans le cas où le résultat d'analyse brut dépasse la TM réglementaire. Cependant l'incertitude est une information importante pour vérifier également l'adéquation de l'analyse aux exigences réglementaires et pour mieux interpréter les analyses statistiques qui peuvent être réalisées à partir de l'ensemble des résultats. En effet, l'incertitude de mesure varie en fonction des méthodes analytiques, des laboratoires, des matrices, de l'évolution des performances analytiques. Lorsque des données de surveillance sur des matrices très hétérogènes et obtenues depuis plusieurs années sont mutualisées comme c'était ici l'objectif, des biais importants peuvent être introduits en comparant des résultats obtenus par des laboratoires différents.

Enfin, **cinq informations utiles** ne sont pas systématiquement renseignées :

- Pour les **matières premières françaises**, l'**origine** géographique est renseignée pour 40 % (6/15) des jeux de données concernés. Pour les productions agricoles terrestres, cette information pourrait être croisée avec des données cartographiques de la contamination des sols, telles que celle élaborée à partir de la 1^{re} campagne de mesures des sites du Réseau de Mesures de la Qualité des Sols RMQS (cf. Section III.1.a), mesures qui sont reconduites actuellement dans le cadre de la 2^e campagne (2016-2027).
- Les **variétés végétales** sont renseignées pour 27 % (3/11) des jeux de données concernés mais cette information, bien qu'utile, ne semble pas essentielle à collecter pour certains dispositifs et ne demeure pas indispensable. Cette information peut toutefois se révéler très importante pour la recherche.
- Les **dates de mise en analyse et d'obtention du résultat** sont renseignées pour respectivement 17 % (3/18) et 39 % (7/18) des jeux de données mais ces informations n'apparaissent pas primordiales pour la surveillance.
- La **teneur maximale réglementaire (TM)** n'est renseignée pour aucun jeu de données. Le GT estime que cette information n'est pas indispensable si le résultat de conformité est renseigné. Toutefois, il est fortement recommandé d'indiquer la TM, ce qui facilite fortement la vérification des conclusions relatives à la conformité et permet d'éviter des erreurs lors de l'analyse des résultats, en cas de non prise en compte de l'incertitude de mesure par exemple. De plus, si la TM peut être retrouvée pour les produits bruts ou les produits transformés tels qu'indiqués dans la réglementation, dans le cas d'autres produits transformés, des facteurs de correction s'appliquent en vertu de l'article 2 du Règlement (CE) n°2023/915 En alimentation animale, les TM de certains aliments d'origine minérale sont définies en fonction du pourcentage de phosphore contenu dans l'aliment (Directive 2002/32/CE). Ces éléments

n'étant quasiment jamais renseignés dans les jeux analysés, il n'est pas possible de vérifier la conformité de ces produits.

c. Complétude

Un deuxième niveau d'analyse permet d'identifier, parmi les informations présentes, lesquelles sont complètes ou à l'inverse, lesquelles sont souvent parcellaires. Ces résultats sont présentés sur la figure 10 A.

Dans l'ensemble, les données renseignées présentent des niveaux de complétude proches de 100 % et la plupart des défauts de complétude sont observés ponctuellement dans quelques jeux de données, comme l'attestent les valeurs médianes élevées de cet indicateur. Les informations les plus parcellaires concernent la variété végétale, les performances analytiques (LD et LQ), le type de production (biologique, conventionnelle...), l'origine géographique du produit ou de la matière première et enfin l'incertitude liée au résultat, avec des taux de complétude pour ces variables qui peuvent être inférieurs à 40 % dans certains jeux de données. Cela démontre une hétérogénéité de renseignement de la donnée sur la plage temporelle définie (2010-2019).

d. Format et homogénéité

Le temps requis pour le nettoyage de tout jeu de données, préalable à son exploitation, est conditionné par le niveau d'homogénéité des modalités renseignées. Par exemple, des dates écrites dans différents formats, des valeurs numériques renseignées dans des unités différentes, des noms de matrices avec plusieurs orthographes sont autant de freins à l'exploitation facile et rapide des données. La figure 10 B ci-après présente le pourcentage de données qui respectent, pour chaque variable et chaque jeu de données, une homogénéité d'écriture et un format attendu. Par exemple, uniquement des chiffres sont attendus pour une variable numérique.

Dans l'ensemble, les valeurs de l'indicateur « validité du format » sont les plus élevées pour les valeurs numériques. Des inadéquations de format observées sont par exemple :

- Un résultat d'analyse renseigné avec son unité dans la même colonne ;
- Une incertitude liée au résultat renseignée en commentaire avec des indications textuelles.

Pour les dates, les inadéquations le plus souvent observées sont des dates renseignées au format JJ/MM/AAAA puis au format mois(texte)-AAAA.

Les chaînes de caractères, ou données « texte », sont le type de données pour lesquelles le plus d'hétérogénéité a été observé. Il a parfois été impossible d'estimer un indicateur de qualité du format de ces variables en raison d'un trop grand nombre de modalités différentes. Les anomalies les plus souvent observées sont :

- Des noms de produits identiques renseignés au pluriel ou au singulier, en majuscules ou en minuscules, avec ou sans accent ;
- Des noms de produits mélangés avec d'autres informations relatives au packaging (Ex : « Épinards hachés 150 g en boîte de conserve ») ;
- Des départements renseignés parfois sous forme de code ou alors en toutes lettres, avec une casse différente, avec ou sans accent (Ex : « 26 », « 26-Drôme », « DROME », « Drôme », « Drome » ...)

- Des méthodes analytiques renseignées avec des niveaux de précision différents (Ex : « ICP », « ICP-MS », « ICP-MS avec digestion acide », « ICP-MS NF méthode accréditée » etc...).

Des solutions sont proposées en recommandations afin d'homogénéiser au mieux un jeu de données (cf. section V.4.a et annexe 5).

e. Exactitude

Le pourcentage d'exactitude d'une variable permet d'évaluer la concordance entre la donnée collectée et la donnée réelle. Celle-ci étant difficile à vérifier, elle a été substituée par la proportion de données vraisemblables, c'est-à-dire renseignées par une valeur numérique ou une date plausibles, ou encore une modalité (matrice, pays. . .) attendue. Dans la suite des travaux présentés, l'indicateur « Exactitude » recouvre donc cette notion de vraisemblance.

Dans l'ensemble, le niveau de vraisemblance des données est très élevé et proche de 100 % (figure 10 C). Les principales anomalies observées sont :

- Des problèmes de décalage dans la saisie (e.g. des dates figurent dans des colonnes « Pays », des matrices dans des colonnes « Dates » etc...) ;
- Des saisies de doublons pour les identifiants uniques ;
- Des codes géographiques (numéro de département ou zone FAO) erronés du fait probablement d'une incrémentation des valeurs dans Excel ;
- Des incertitudes, résultats, LD ou LQ renseignées par « 0 », ou par des valeurs aberrantes.

Des exemples de tests logiques sont proposées en recommandations afin d'identifier les valeurs aberrantes dans un jeu de données (cf. section V.4.a et annexe 5).

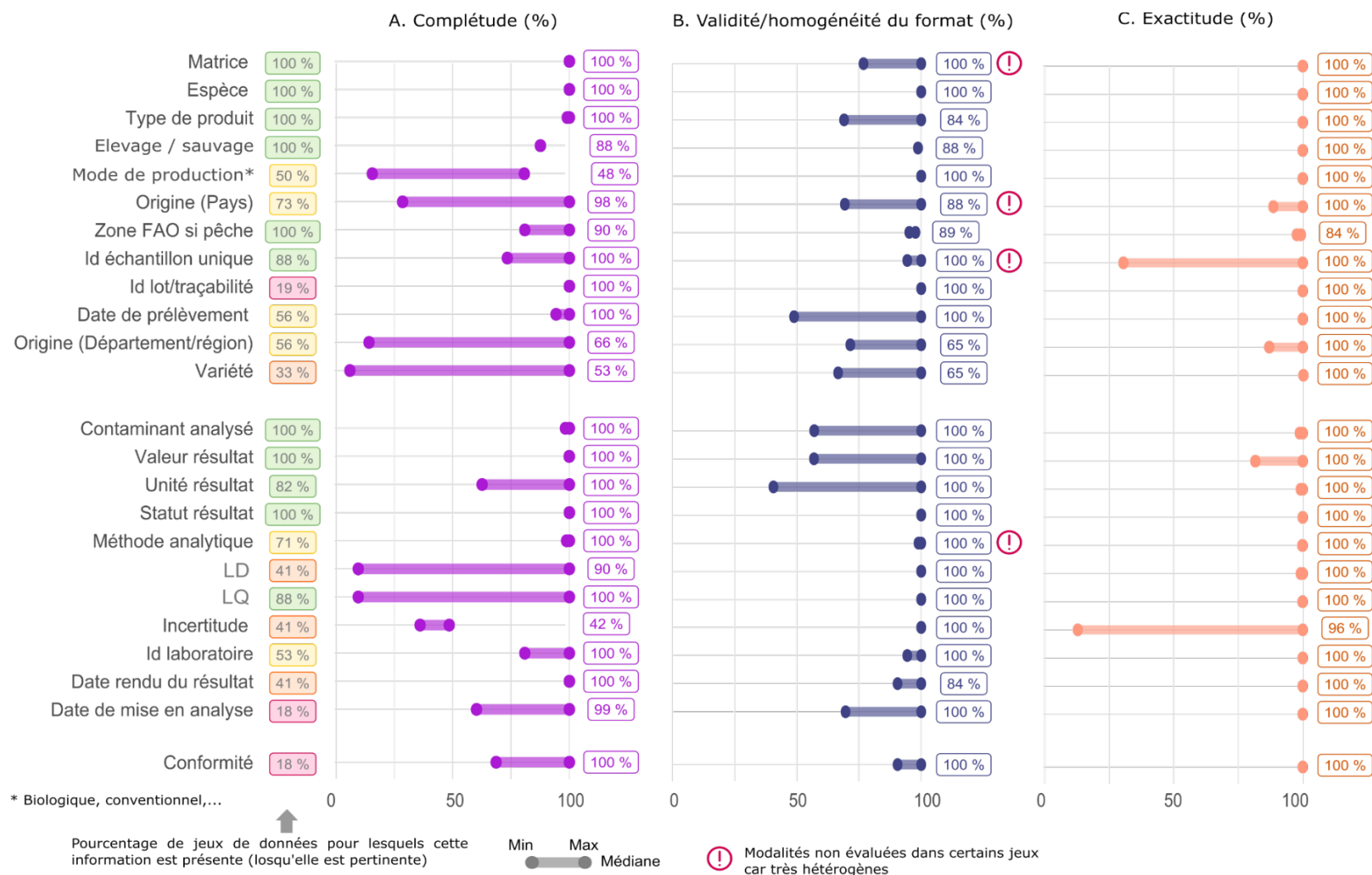


Figure 10 : Valeurs minimales, maximales et médianes obtenues pour chaque indicateur de qualité, par variable. Les encadrés à gauche indiquent le pourcentage de jeux de données pour lesquels l'information est présente (connue et transmise). Les encadrés à droite de chaque graphique indiquent la valeur médiane calculée sur l'ensemble des jeux de données évalués.

f. Cohérence

Lorsque cela était possible, des indicateurs de cohérence des jeux de données ont été calculés. La cohérence est évaluée non pas pour une variable mais pour un échantillon, par exemple en vérifiant que les dates de prélèvement renseignées sont bien antérieures aux dates de rendu des résultats. Ces tests logiques permettent d'identifier des erreurs de saisie qui pouvaient ne pas être détectées lors de l'étape de vérification de l'exactitude. La **figure 11** résume la valeur de chaque indicateur de cohérence obtenu par l'ensemble des jeux de données. Les données renseignées présentaient dans l'ensemble un très bon niveau de cohérence. Quelques anomalies ont toutefois été observées, par exemple :

- L'inversion systématique des LD et LQ pour un laboratoire ayant réalisé 95 % des analyses d'un dispositif (ce qui explique le pourcentage de cohérence de 5,5 % obtenu pour un jeu de données) ;
- La saisie de résultats non quantifiés avec des valeurs différentes des LQ ou LD renseignées ;
- Des résultats indiqués comme non quantifiés mais supérieurs aux LQ renseignées.

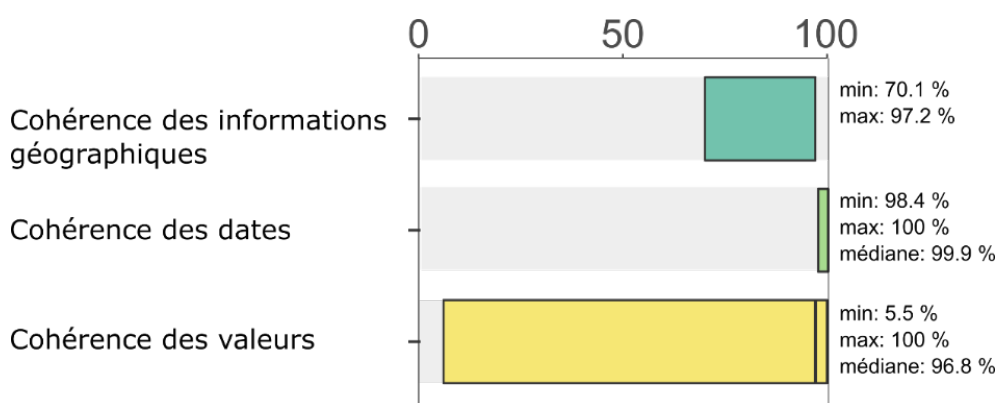


Figure 11 : Valeur des indicateurs de cohérence obtenus pour l'ensemble des jeux de données. La cohérence des informations géographiques n'a été évaluée que pour deux jeux de données, les autres ne comportant pas plusieurs variables géographiques.

g. Livrables

A l'issue de ce travail, tous les dispositifs ayant volontairement transmis des données ont pu disposer d'une évaluation de la qualité de leurs données et de recommandations personnalisées via la transmission d'un rapport confidentiel. Celui-ci était adressé au dispositif concerné si celui-ci en faisait la demande, ce qui fut le cas pour tous les dispositifs ayant transmis volontairement des données au GT cadmium. Un modèle-type de ces rapports figure en annexe 4. Comme indiqué précédemment, en complément de ces rapports étaient jointes une notice de calcul des indicateurs (annexe 3) et une note de recommandations générales (annexe 5). Cette dernière a été rédigée sur la base des principes formulés dans le guide inter-plateformes « Qualité des données »¹², en ciblant spécifiquement les axes d'amélioration identifiés dans les jeux de données de surveillance du cadmium.

¹² Guide pratique sur la qualité des données de surveillance, <https://wiki.esa.inrae.fr/books/guide-pratique-sur-la-qualite-des-donnees-de-surveillance>

D'une façon plus générale, ces recommandations pourront servir également à l'ensemble des acteurs de la surveillance du cadmium, voire d'autres dangers d'une façon plus générale.

5. Résultats de l'analyse des données de contamination dans l'alimentation

a. Description générale du jeu de données

i. Répartition des échantillons par année

Après nettoyage, les données transmises par les différents dispositifs de surveillance représentaient un total de 71 059 résultats d'analyse. 4,9 % (3 634 /74 569) des données initialement transmises n'ont pas été conservées, principalement parce que la date de prélèvement était antérieure à 2010. La figure 12 indique le nombre de résultats d'analyse disponibles par année. Le nombre de résultats d'analyse tend à croître de 2010 à 2019.

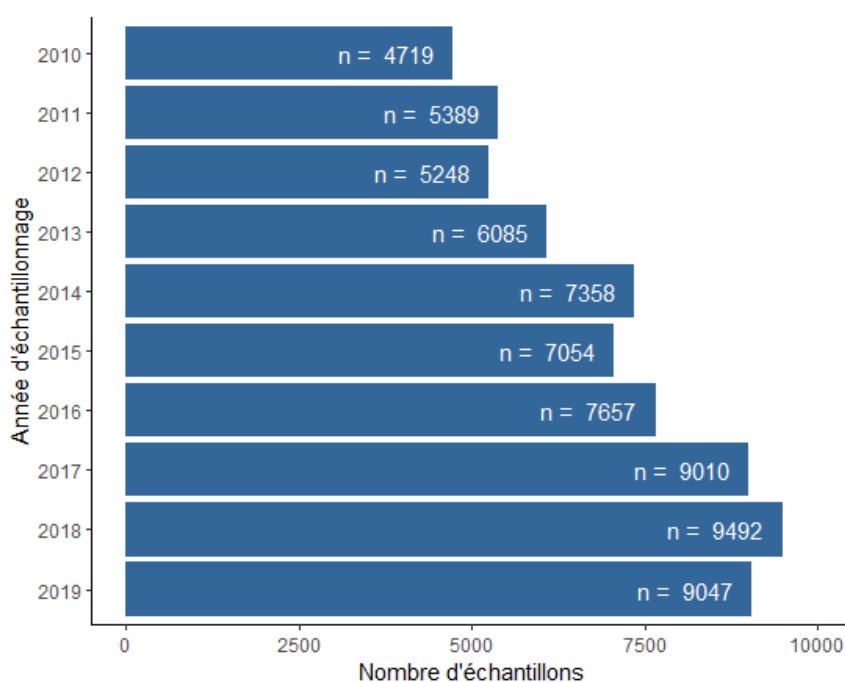


Figure 12 : Nombre d'échantillons par année de prélèvement.

ii. Répartition des échantillons par catégorie d'aliments

La part de l'alimentation humaine représentait environ 82 % des échantillons, et celle de l'alimentation animale 18 %. Cependant, pour plusieurs filières, la destination des aliments n'est pas connue au moment de l'analyse et n'est décidée qu'après confirmation du respect des teneurs réglementaires, les teneurs maximales autorisées étant plus strictes en alimentation humaine. Ainsi, lorsqu'aucune indication n'était présente, les matrices ont été considérées comme **destinées à l'alimentation humaine par défaut**. C'est par exemple le cas des graines de tournesol.

En ce qui concerne l'alimentation humaine, la répartition des analyses entre les différentes catégories alimentaires est fortement hétérogène. Les effectifs sont les plus importants pour les denrées d'origine animale tandis que certaines catégories alimentaires sont sous-représentées, notamment les eaux d'alimentation et les additifs (Figure 13). Les matières premières non transformées réglementées sont majoritaires (67,2 %) et on dénombre 22,5 % de produits transformés (comprenant les matières premières surgelées). Les matières premières non réglementées (Ex : viande de gibier sauvage) sont minoritaires et représentent 3,5 % des échantillons. Enfin, pour l'alimentation animale, les matières premières et leurs produits de transformation représentent la catégorie la plus importante avec celle des additifs (Figure 14).

Tel qu'indiqué dans la section VIII.4.b, la clé de répartition des analyses à réaliser entre les différentes catégories d'aliments dans les plans de contrôle suit la production nationale. Elle n'est donc pas toujours un bon reflet de la contribution à l'exposition des catégories d'aliments. Plus de la moitié des données exploitées dans le cadre du GT cadmium étant issues des plans officiels, cela explique en partie la forte représentation de certaines catégories peu contributrices à l'exposition telles que les viandes et produits carnés. Ainsi, dans les données exploitées, 97 % (26 621/27 391) des données de cette catégorie provenaient de la surveillance officielle.

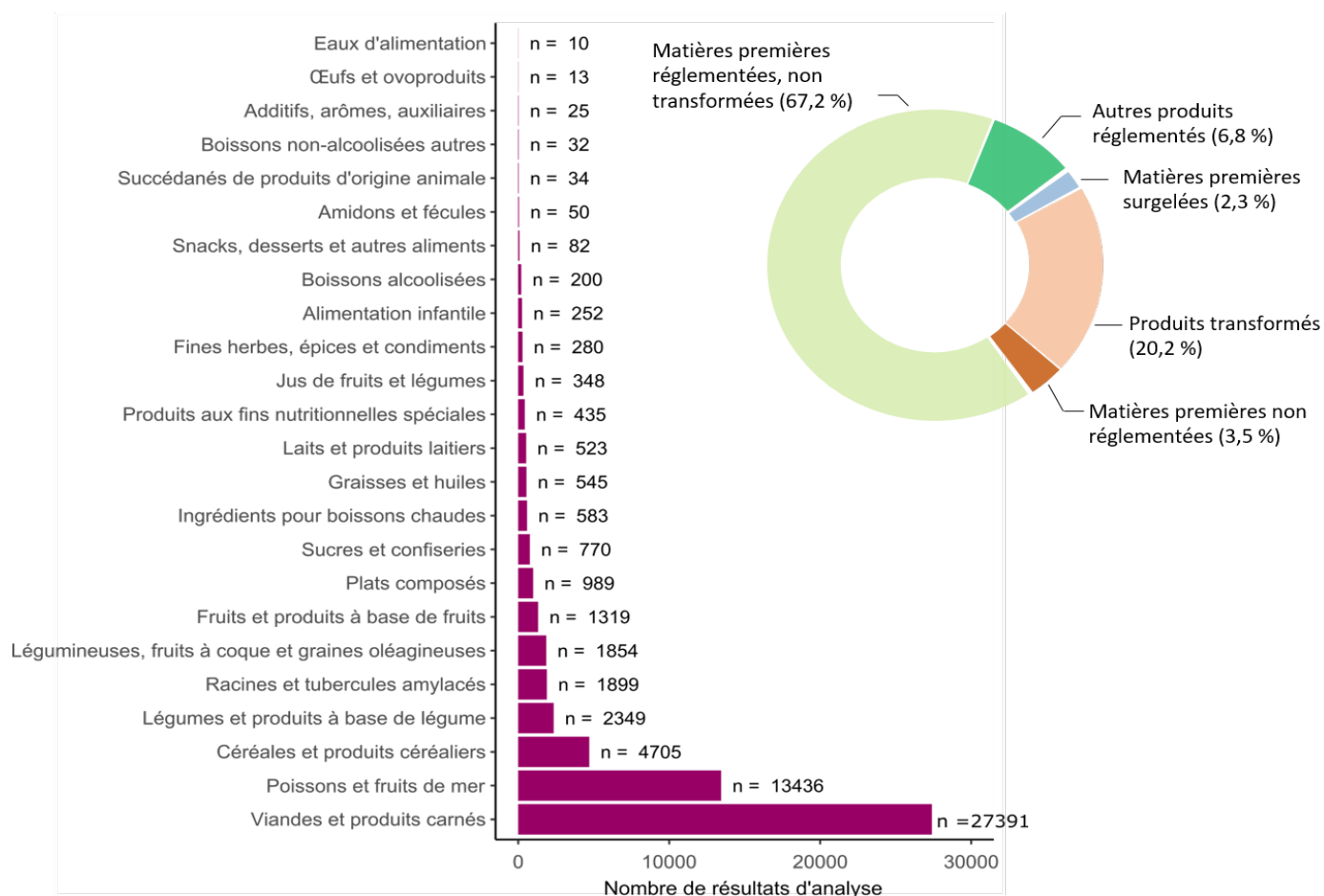


Figure 13 : Nombre de résultats d'analyse par catégorie alimentaire pour l'alimentation humaine. Le graphique de gauche donne le nombre de résultats d'analyse par catégorie, celui de droite la proportion des différents types de produits (nomenclature FoodEx2).

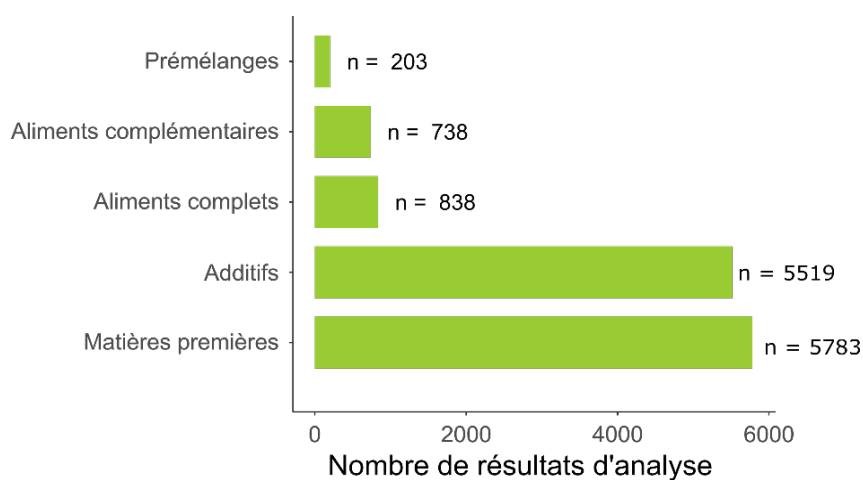


Figure 14 : Nombre de résultats d'analyse par catégorie alimentaire pour l'alimentation animale. La catégorie "Matières premières" recouvre les matières premières brutes ou transformées, d'origine animale ou végétale.

b. Résultats par catégorie alimentaire : Alimentation humaine

Dans cette section, les résultats ont été présentés en prenant la catégorie alimentaire comme entrée, afin de faciliter leur lecture. Elle comporte, pour chaque catégorie alimentaire :

- Une description statistique des résultats les plus récents, *via* un premier tableau rassemblant divers estimateurs, permettant de décrire les données de contamination de la période 2017-2019 : effectifs, moyennes, médianes, écarts-types, valeurs aux 25^e, 75^e et 95^e percentiles, valeurs maximales quantifiées, taux de censure et amplitudes des limites de détection et quantification. Des scénarios UB et LB ont été appliqués mais seul le scénario UB est présenté lorsque les deux scénarios donnaient des résultats similaires. Les moyennes arithmétiques et géométriques sont présentées. Pour chaque catégorie d'aliments, la concentration maximale observée et la teneur moyenne la plus élevée retrouvée pour une matrice ou une sous-catégorie ont été indiquées en rouge. Une représentation graphique est également proposée en annexe 10 pour les matrices présentant au moins 25 résultats quantifiés. Lorsque cela était possible, les résultats ont été comparés aux résultats rapportés dans l'EAT2 et dans les avis de 2009 et 2012 de l'EFSA.

Remarque : Dans chacun des tableaux, les calculs ont été réalisés pour chaque matrice dans la mesure du possible (couleurs claires), puis pour chaque grande catégorie d'aliments (correspondant à la nomenclature FoodEx2, couleurs foncées). Cependant, les effectifs des grandes catégories peuvent parfois être plus élevés que la somme des effectifs des matrices présentées. Par exemple, pour les céréales destinées à la consommation humaine, les matrices « blé dur », « blé tendre » et « riz » ont pu être exploitées individuellement, mais la moyenne de la catégorie « Céréales » a été calculée en incluant également des échantillons de « quinoa », « orge », « maïs » etc., trop peu nombreux pour être exploités individuellement. Le détail des matrices incluses dans chaque catégorie est indiqué dans le tableau en Annexe 9.

- Des indicateurs sanitaires, à travers un tableau synthétisant le nombre de résultats atteignant ou dépassant les teneurs maximales réglementaires au cours de la période 2010-2019, lorsque les produits étaient inscrits dans le Règlement (CE) n°1881/2006 (abrogé par le Règlement (CE) n°2023/915) pour l'alimentation humaine. Ces résultats ne doivent cependant pas être interprétés comme un bilan des non-conformités, ils permettent simplement d'identifier les matrices présentant des valeurs brutes avoisinant les teneurs réglementaires.
- Une représentation graphique des évolutions annuelles des concentrations en cadmium, lorsque cela était possible. Seul le scénario UB est présenté puisque les tendances observées en utilisant un scénario LB étaient similaires.

Un tableau en annexe 9 donne le détail des produits figurant dans chaque catégorie alimentaire. Enfin, une synthèse des résultats commune à l'alimentation humaine et animale est présentée en conclusion.

Céréales et produits céréaliers



Données d'occurrence de contamination (2017-2019)

Le tableau 5 présente les données de contamination obtenues pour la catégorie « Céréales et produits céréaliers » entre 2017 et 2019. Il est à noter que les données transmises pour les céréales brutes non transformées ont été traitées dans la partie relative à l'alimentation humaine mais la destination finale de ces produits n'était pas toujours connue ou évidente et il est possible que certains de ces échantillons aient été finalement destinés à l'alimentation animale.

Parmi les céréales, il est connu que les blés durs (*Triticum durum*) accumulent plus le cadmium que les blés tendres (blés panifiables) (Stolt, 2003), ce que reflètent les résultats obtenus ici. En effet, les blés durs présentent la teneur moyenne la plus élevée (0,056 mg/kg), devant les blés tendres (0,034 mg/kg). Dans son rapport de 2012, l'EFSA rapportait des teneurs moyennes suivantes : 0,034 mg/kg (UB) pour les céréales en grain ; 0,022 mg/kg (UB) pour les pâtes (cruées) et 0,026 mg/kg (UB) pour les produits de mouture des grains. Ces valeurs sont du même ordre de grandeur que les teneurs observées ici.

Le riz présente un taux de censure plus important (43,7 %) que ce qui est observé pour les blés (0 et 3,3 %) mais il faut noter que les performances analytiques renseignées sont parfois deux à trois fois plus élevées que celles renseignées pour les blés (Annexe 10). En 2009, l'EFSA rapportait une teneur moyenne de 0,025 mg/kg pour le riz, identique au scénario UB calculé ici. Des teneurs élevées sont par ailleurs retrouvées pour quelques produits à base de riz : toutes sous-catégories confondues, la valeur maximale rapportée s'élève à 0,210 mg/kg et correspond à un échantillon de farine de riz, tandis que pour les biscuits, gâteaux et viennoiseries, la teneur maximale correspond à un échantillon de galette de riz soufflée (0,122 mg/kg).

Dans l'EAT2 (échantillonnage en 2006), des teneurs moyennes de 0,030 mg/kg étaient rapportées pour les biscuits sucrés ou salés et les barres, et de 0,008 mg/kg pour les pâtisseries et gâteaux. Ici, ces sous-catégories ont été rassemblées par manque de données ce qui limite la comparaison avec les résultats de l'EAT2.

Tableau 5: Description statistique des concentrations en cadmium (2017-2019) pour la catégorie « Céréales et produits céréaliers », exprimées en mg/kg. Le détail des sous-catégories est donné en Annexe 10.

	Effectif total	% censure	Moyenne (arith.)	Écart-type	Moyenne (géo.)	P25	Médiane	P75	P95	Max	Scénario	Nombre de résultats < LD	Étendue LD	Nombre de résultats < LQ	Étendue LQ
Céréales pour la consommation humaine	1092	7,9	0,036	0,001	0,031	0,025	0,033	0,042	0,075	0,203	UB	6	0,0005-0,04	80	0,0025-0,041
> Blé dur	174	0,0	0,056	0,002	0,048	0,033	0,048	0,071	0,121	0,203	UB	-	-	-	-
> Blé tendre	735	3,3	0,034	0,001	0,032	0,027	0,032	0,040	0,055	0,120	UB	3	0,0025-0,015	21	0,0025-0,025
> Riz	135	44	0,025	0,002	0,018	0,010	0,02	0,037	-	0,170	UB	3	0,0005-0,04	56	0,005-0,041
			0,015	0,002	-	0,00	0,007	0,020	-		LB	3	0,0005-0,04		
Dérivés primaires de céréales	27	7,4	0,028	0,004	0,021	0,016	0,027	-	-	0,077	UB	-	-	2	0,002
			0,017	0,001	0,014	0,010	0,014	0,020	-		UB	-	-		
Pâtes et produits similaires	76	13	0,016	0,001	-	0,010	0,014	0,019	-	0,055	LB	-	-	10	0,005-0,041
> Pâtes (blé)	60	5,0	0,019	0,001	0,016	0,012	0,016	0,021	-	0,055	UB	-	-	3	0,005
Produits de mouture des grains	583	1,2	0,025	0,001	0,023	0,019	0,022	0,026	0,042	0,210	UB	2	0,0038-0,0115	5	0,0025-0,039
> Farine de blé tendre	522	0,8	0,024	0,001	0,023	0,019	0,022	0,026	0,038	0,150	UB	2	0,0038-0,0115	2	0,0025-0,005
Biscuits, gâteaux et viennoiseries	61	12	0,018	0,003	0,013	0,008	0,013	0,016	-	0,122	UB	-	-	7	0,005

Indicateurs sanitaires (2010-2019)

Jusqu'en 2021, le règlement n°1881/2006 définissait des teneurs maximales de 0,20 mg/kg pour le blé dur, le riz et le blé tendre. Sur l'ensemble des résultats d'analyses collectées entre 2010 et 2019, de très rares dépassements sont observés pour le blé dur et le blé tendre (Tableau 6). Aucun dépassement n'a été observé pour le riz. Depuis 2021, les teneurs réglementaires ont été abaissées à 0,18 mg/kg pour le blé dur, 0,15 mg/kg pour le riz et 0,10 mg/kg pour le blé tendre. En confrontant les résultats à ces nouvelles teneurs, quatre dépassements supplémentaires pour le blé dur, deux pour le blé tendre et un dépassement pour un échantillon de riz auraient été retrouvés.

Tableau 6: Détail des résultats bruts atteignant ou dépassant les teneurs réglementaires sur la période 2010-2019 pour la catégorie « Céréales »

	Nombre d'échantillons analysés (2010-2019)	Valeurs brutes $\geq$ TM	Étendue des résultats dépassant la TM (mg/kg)
Blé dur	664	5	0,2-0,2352
Blé tendre	1994	-	-
Épeautre	5	-	-
Maïs	20	-	-
Millet	2	-	-
Orge	22	-	-
Quinoa	13	-	-
Riz	362	-	-
Sarrasin	4	-	-
Seigle	8	-	-
Triticale	2	-	-
Dérivés primaires de céréales (son de blé et avoine)	20	-	-

Tendances (2010-2019)

Pour les blés durs (Figure 15), les données proviennent pour l'essentiel d'un même partenaire, ayant fait appel au même laboratoire sur l'ensemble de cette période. Mis à part un échantillon, la totalité des résultats observés pour cette période sont quantifiés (Figure 15, A). Les moyennes annuelles mesurées en 2018 (0,060 mg/kg) et 2019 (0,052 mg/kg) sont significativement plus faibles que celles observées entre 2010 et 2012 (0,076-0,082 mg/kg). Un modèle linéaire simple permet de confirmer une baisse significative des teneurs moyennes en cadmium dans les blés durs entre 2010 et 2019 (Figure 15B). Les cultivars, ainsi que les caractéristiques du sol de la parcelle, sont deux facteurs pouvant impacter la concentration en cadmium retrouvée dans les grains (Nguyen, 2021). Ces deux informations n'étant pas connues, il n'est pas possible d'estimer leur influence sur les résultats observés ici. Cependant, la tendance à la baisse observée pourrait s'expliquer par la sélection progressive, en France et ailleurs, de variétés moins accumulatrices de cadmium. Au Canada par exemple, une étude portant sur l'évolution des teneurs en cadmium dans les blés durs destinés à

l'exportation a montré que le programme national de sélection variétale était à l'origine d'une baisse de plus d'un facteur deux entre les concentrations médianes mesurées en 2003-2004 (0,016 mg/kg) et celles mesurées en 2019-2020 (0,070 mg/kg) (Tittlemier, 2022).

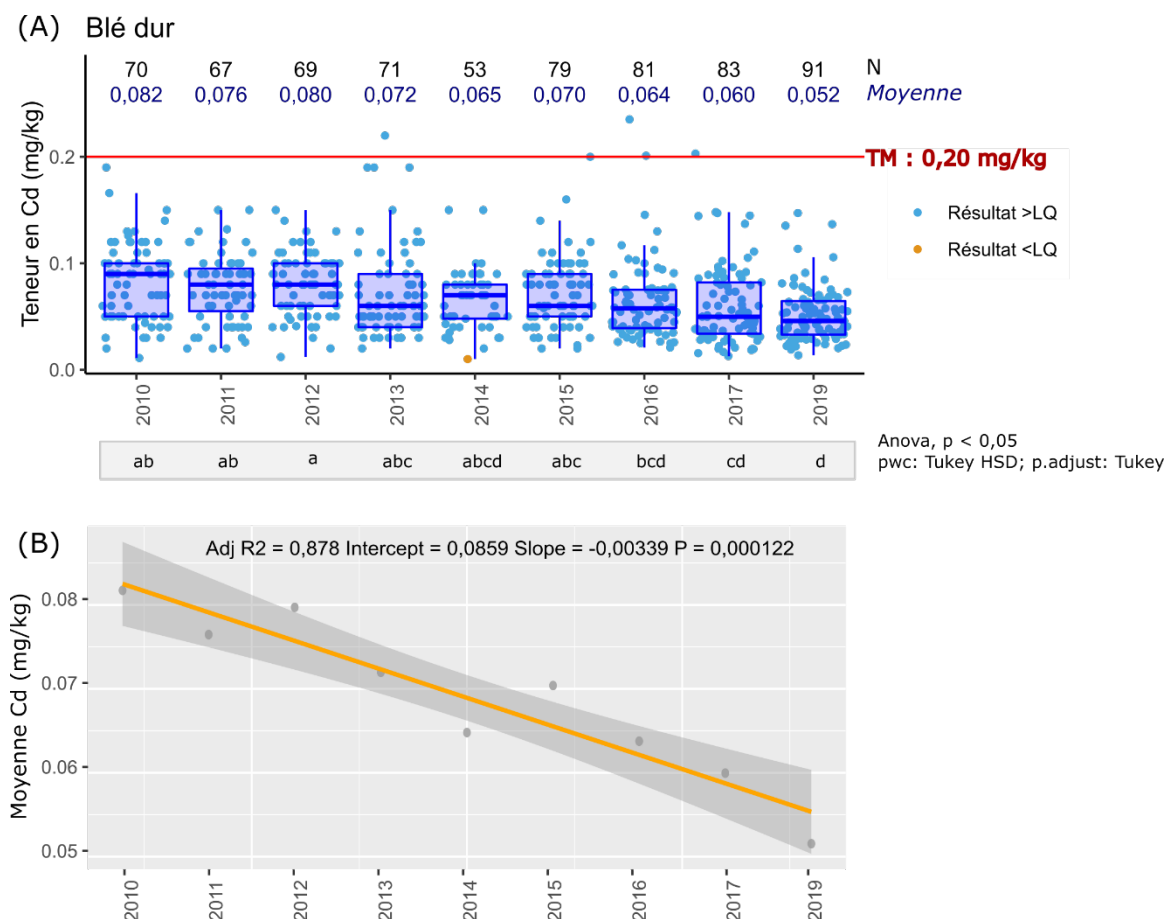


Figure 15 : Évolution temporelle des teneurs en cadmium dans le blé dur. (A) Distribution annuelle des résultats d'analyse du cadmium dans le blé dur. Les résultats des années qui partagent une lettre en commun ne sont pas significativement différents (Anova suivie d'un test de Tukey). La moyenne indiquée correspond à la moyenne arithmétique. Lorsque les résultats sont inférieurs à la LD ou à la LQ, ce sont les valeurs correspondantes des LD et LQ qui sont rapportées. La teneur maximale en vigueur entre 2010 et 2019 est donnée à titre indicatif. (B) Régression linéaire à partir des moyennes.

Concernant les blés tendres (Figure 16), les résultats ont été présentés séparément pour chacun des deux partenaires ayant transmis des données. A part quelques années qui se distinguent par des teneurs ponctuellement plus élevées (2012 et 2013, partenaire A) ou plus faibles (année 2016, partenaire B), aucune évolution significative n'est observée. Les teneurs rapportées par chacun des partenaires sont par ailleurs similaires. Enfin, la majorité des échantillons se situent bien en deçà de la teneur réglementaire de 0,20 mg/kg qui s'appliquait entre 2010 et 2019.

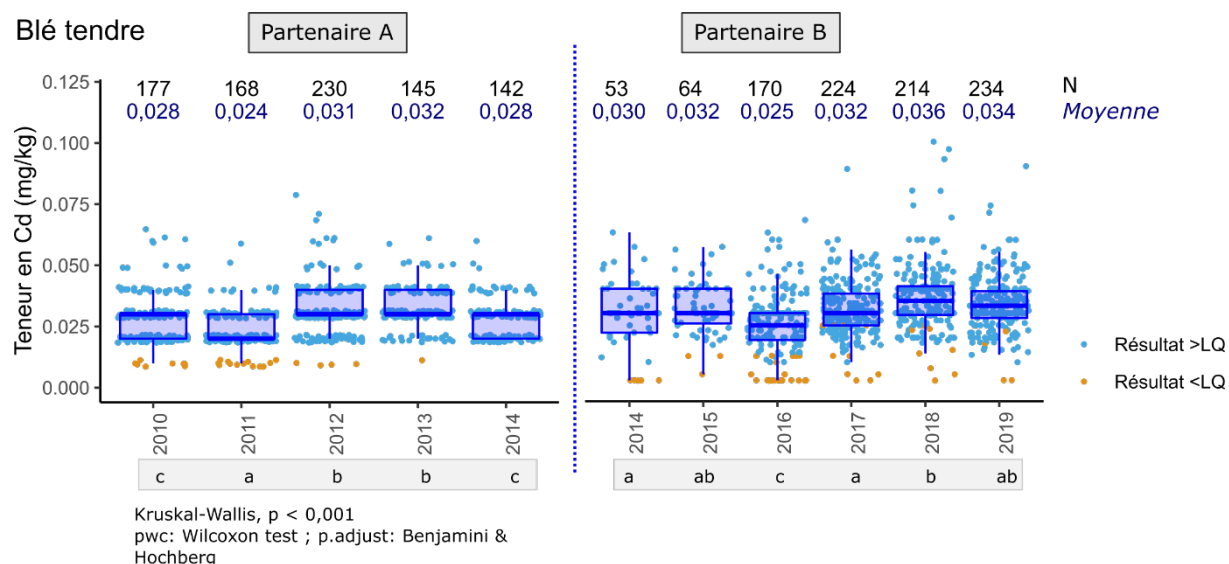


Figure 16 : Distribution annuelle des teneurs en cadmium dans le blé tendre. Les résultats des années qui partagent une lettre en commun ne sont pas significativement différents (Anova suivie d'un test de Tukey). La moyenne indiquée correspond à la moyenne arithmétique. Lorsque les résultats sont inférieurs à la LD ou la LQ, ce sont les valeurs correspondantes des LD et LQ qui sont rapportées.

Pour les farines de blé tendre (Figure 17), les données proviennent pour la totalité du partenaire B ayant également analysé les blés tendres de 2014 à 2019 présentés ci-dessus. Les teneurs moyennes estimées en 2018 et 2019 sont plus élevées que celles des années précédentes mais aucune tendance significative n'est observée.

Farine de blé tendre

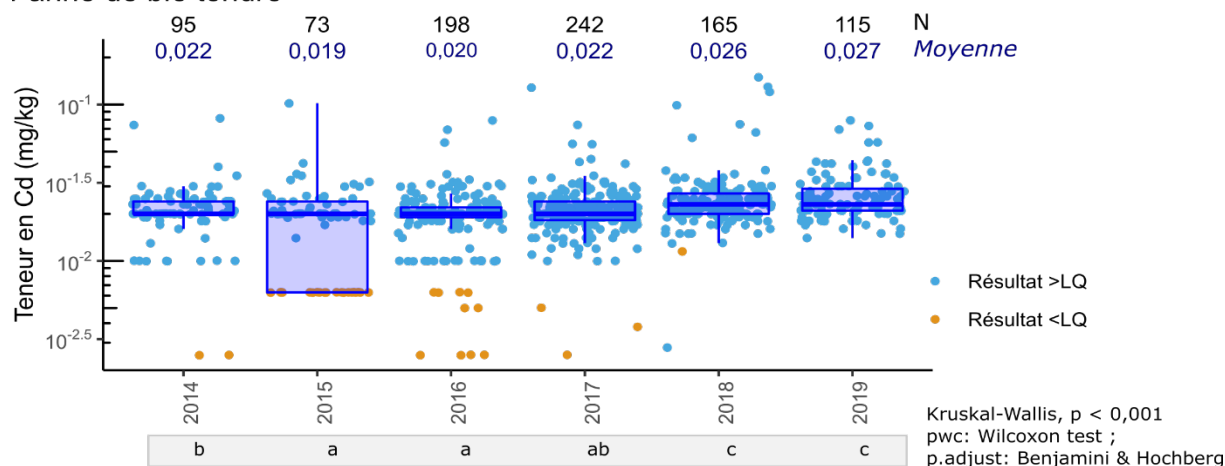


Figure 17 : Distribution annuelle des teneurs en cadmium dans la farine de blé tendre. Les résultats des années qui partagent une lettre en commun ne sont pas significativement différents (Anova suivie d'un test de Tukey). La moyenne indiquée correspond à la moyenne arithmétique. Lorsque les résultats sont inférieurs à la LD ou la LQ, ce sont les valeurs correspondantes des LD et LQ qui sont rapportées.

Graisses et huiles



Données de contamination (2017-2019)

Dans cette catégorie, les huiles de colza et tournesol présentent un nombre d'analyses suffisant pour permettre leur exploitation (Tableau 7). Les autres huiles végétales ont été regroupées dans une troisième catégorie qui recouvre des huiles issues de 12 matières premières différentes dont une majorité d'huiles extraites des fruits du palmier à huile. Le cadmium est détecté dans la majorité des échantillons mais la totalité des résultats d'analyse collectés entre 2017 et 2019 se situe en-dessous des seuils de quantification. Les LD n'étant pas renseignées pour les résultats non quantifiés, seul le scénario UB est présenté.

A titre indicatif, en 2012, l'EFSA rapportait des teneurs moyennes (LB-UB) de 0,004 – 0,006 mg/kg pour les huiles végétales. Il est cependant difficile de comparer ces valeurs à celles présentées ici puisqu'elles reflètent plus les valeurs des seuils de quantification que les teneurs réelles mesurées dans les huiles.

Tableau 7: Description statistique des concentrations en cadmium (2017-2019) pour la catégorie « Huiles végétales ». Le détail des sous-catégories est donné en Annexe 10.

		Catégories	Effectif total	% censure	Moyenne (arith.)	Scénario	Nombre de résultats < LD	Étendue LD	Nombre de résultats < LQ	Étendue LQ
Huiles végétales	Huiles de colza	150	100	0,005	UB			150	0,0025-0,04	
	Huiles de tournesol	176	100	0,005	UB	2	0,0005	174	0,002-0,04	
	Autres huiles végétales	49	100	0,009	UB	1	0,0005	48	0,0013-0,05	

Indicateurs sanitaires (2010-2019)

Les huiles ne figurant pas dans la liste des denrées réglementées en Europe (Règlement CE n°1881/2006 modifié, puis règlement n°2023/915), aucune confrontation aux teneurs maximales réglementaires n'a été effectuée.

Tendances (2010-2019)

Enfin, des données de contamination sont disponibles entre 2015 et 2019 pour les huiles de colza et tournesol. Aucune différence n'a été notée et les taux de censure restent proches de 100 % quelle que soit l'année considérée (Tableau 8).

Tableau 8: Pourcentage de résultats d'analyse censurés (<LQ) par année pour les huiles de colza et tournesol.

Huile de colza				
Année	2015	2016	2017	2018
Nombre d'échantillons	29	40	64	62
% censure	100	100	100	100
Huile de tournesol				
Année	2015	2017	2018	2019
Nombre d'échantillons	42	57	80	39
% censure	95,2	100	100	100

Légumes et produits à base de légumes (incluant les herbes, les champignons et les algues)



Données de contamination (2017-2019)

Pour la catégorie des légumes, fines herbes et champignons, les produits ont été, sauf exceptions, regroupés par sous-catégorie afin d'atteindre des effectifs satisfaisants (Tableau 9). Les teneurs les plus élevées sont observées pour les produits séchés ou lyophilisés. La teneur moyenne la plus élevée est ainsi observée pour les algues séchées, suivies des légumes séchés puis des fines herbes séchées. La concentration maximale observée (3,70 mg/kg) correspond à un échantillon d'algues nori. En 2020, l'Anses avait déjà publié un avis relatif aux teneurs maximales en cadmium dans les algues destinées à la consommation humaine et avait retrouvé les concentrations les plus élevées de cadmium dans des échantillons d'algues wakamé et nori (Anses, 2020 b).

Au sein des produits frais, les teneurs moyennes les plus élevées sont observées pour les fines herbes et les champignons (voir aussi Annexe 10). Les données du rapport EFSA de 2012 montraient une différence notable entre les champignons cultivés et sauvages, ces derniers présentant des concentrations moyennes presque trois fois supérieures. Ici, les effectifs ne permettent pas de faire cette distinction ; les concentrations les plus élevées retrouvées concernent toutefois des champignons sauvages. Pour les fines herbes fraîches, il n'est pas possible de comparer les résultats à ceux rapportés par l'EFSA car la nomenclature FoodEx regroupe les fines herbes avec les légumes-feuilles.

Pour les autres catégories de légumes, les teneurs moyennes des plus élevées au moins élevées suivent l'ordre ci-après : Légumes-feuilles > Légumes-racines > Légumes-tiges > Légumes-fruits > Légumes du genre *Brassica*. Le même ordre est observé pour les résultats présentés dans le rapport 2012 de l'EFSA, avec des concentrations similaires. Au sein des légumes-feuilles, les épinards présentent des concentrations quasiment quatre fois plus élevées que les salades et laitues. La teneur moyenne rapportée en 2009 par l'EFSA pour les épinards (0,061 mg/kg) est similaire à celle observée ici (0,064 mg/kg). Dans sa récente EAT la FDA identifie également les épinards comme le deuxième produit le plus contaminé avec une teneur moyenne de 0,222 mg/kg (FDA, 2022).

Enfin pour les épices, une teneur moyenne (UB) de 0,058 mg/kg est estimée. En 2012, l'EFSA rapportait une teneur moyenne de 0,093 mg/kg pour les épices, et de 0,068 mg/kg pour les mélanges d'herbes et épices. Dans la présente étude, la concentration maximale (0,513 mg/kg) correspond à un échantillon de cannelle moulue. Ce sont d'ailleurs les échantillons de cannelle et gingembre qui présentent les teneurs les plus élevées de façon générale dans ce jeu de données.

Tableau 9 : Description statistique des concentrations en cadmium (2017-2019) pour la catégorie « Légumes et produits à base de légumes », incluant les algues, les herbes fraîches, les épices et les champignons. Le détail des sous-catégories est donné en Annexe 10.

	Effectif	total	% censure	Moyenne (arith.)	Écart-type	Moyenne (géo.)	P25	Médiane	P75	P95	Max	Scénario	Nombre de résultats <LD	Étendue LD	Nombre de résultats <LQ	Étendue LQ
Fines herbes	88	8	0,114	0,017	0,048	0,016	0,040	0,141	-	0,910	UB	1	0,0005	6	0,005-0,04	
> fraîches	50	8	0,106	0,023	0,039	0,012	0,031	0,115	-	0,910	UB	1	0,0005	3	0,0100	
> lyophilisées, séchées	38	7,9	0,123	0,024	0,064	0,025	0,078	0,158	-	0,635	UB	-	-	3	0,005-0,04	
Champignons, cultivés ou sauvages	51	39	0,100	0,049	0,018	0,005	0,016	0,022	-	2,10	UB	-	-	20	0,005-0,04	
			0,095	0,049	-	0,000	0,005	0,021	-		LB					
Algues marines (séchées)	26	19	1,02	0,223	0,264	0,032	0,650	-	-	3,70	UB	-	-	5	0,011-0,031	
Légumes-fruits	63	56	0,010	0,002	0,006	0,005	0,007	0,011	-	0,093	UB	-	-	35	0,001-0,017	
			0,006	0,002	-	0,000	0,000	0,003	-		LB					
Légumes-racines	65	28	0,025	0,006	0,014	0,010	0,012	0,019	-	0,380	UB	-	-	18	0,002-0,017	
			0,022	0,006	-	0,000	0,011	0,019	-		LB					
Légumes-tiges	45	58	0,024	0,010	0,009	0,005	0,007	0,011	-	0,365	UB	-	-	26	0,0009-0,021	
			0,020	0,011	-	0,000	0,000	0,009	-		LB					
Légumes-feuilles	106	16	0,040	0,004	0,024	0,012	0,028	0,054	-	0,180	UB	-	-	17	0,0017-0,02	
> Épinards	48	0,0	0,064	0,006	0,054	0,041	0,051	0,076	-	0,180	UB	-	-	-	-	
> Laitues et salades	34	32	0,016	0,003	0,011	0,007	0,011	0,015	-	0,064	UB	-	-	11	0,017-0,01	
			0,014	0,003	-	0,000	0,011	0,015	-		LB					
Légumes du genre Brassica	74	82	0,005	-	-	-	-	-	-	0,012	UB	1	0,0005	60	0,005-0,01	
			0,001								LB					

Tableau 9 (suite)

	Effectif total		% censure	Moyenne (arith.)	Écart-type	Moyenne (géo.)	P25	Médiane	P75	P95	Max	Scénario	Nombre de résultats <LD	Étendue LD	Nombre de résultats <LQ	Étendue LQ
Produits à base de légumes	319	54	0,034	0,008	0,009	0,005	0,005	0,013	0,143	1,76	UB	-	-	173	0,017-0,021	
			0,031	0,008	-	0,000	0,000	0,013	0,143		LB					
> Légumes en conserve, cuits	241	69	0,007	0,000	0,006	0,005	0,005	0,006	0,016	0,039	UB	-	-	167	0,0017-0,01	
			0,003	0,000	-	0,000	0,000	0,005	0,016		LB					
> Légumes séchés ou lyophilisés	44	6,8	0,186	0,049	0,062	0,020	0,063	0,196	-	1,76	UB	-	-	3	0,005-0,021	
> Concentrés, coulis et pulpes	29	10	0,018	0,002	0,015	0,012	0,015	-	-	0,053	UB	-	-	3	0,005	
Epices	91	28	0,058	0,009	0,029	0,011	0,037	0,073	-	0,513	UB	1	0,0005	24	0,005-0,04	
			0,051	0,009	-	0,003	0,019	0,073			LB					

Indicateurs sanitaires (2010-2019)

Après confrontation des résultats collectés entre 2010 et 2019 aux teneurs réglementaires, peu de résultats supérieurs à ces seuils sont observés (Tableau 10). On retrouve le plus de dépassements pour les fines herbes, pour lesquelles la teneur de 0,20 mg/kg est demeurée inchangée entre 2010 et 2019. D'autres dépassements très ponctuels sont observés pour chaque catégorie de légumes, à l'exception des légumes du genre *Brassica* où aucune valeur supérieure n'est identifiée. Aucune valeur supérieure n'a été identifiée pour les champignons de Paris, réglementés à 0,20 mg/kg sur cette période. En revanche, deux échantillons de champignons sauvages présentent des valeurs brutes supérieures au seuil de 1,0 mg/kg fixé jusqu'en 2021. Après 2021, ces seuils ont été abaissés à 0,50 mg/kg pour les champignons sauvages et 0,05 mg/kg pour les champignons de Paris (*Agaricus bisporus*). Si ces nouveaux seuils avaient été mis en application sur la période 2010-2019, seuls deux dépassements supplémentaires auraient été observés pour des échantillons de cèpes.

Excepté le cas des compléments alimentaires à base d'algues, le règlement 1881/2006 révisé, ainsi que le règlement n°2023/915 qui l'a remplacé, n'ont pas prévu de seuil réglementaire pour les algues séchées. En 2020, l'évaluation de risque menée par l'Anses a conduit à identifier une concentration seuil de 0,35 mg/kg de matière sèche, qui permettrait à la population consommatrice d'algues de ne pas dépasser la dose journalière admissible (DJA) de cadmium dans 95 % des cas (Anses, 2020 b). Sur les 28 échantillons d'algues analysés entre 2010 et 2019, 15 dépassent ce seuil.

Tableau 10 : Détail des résultats bruts atteignant ou dépassant les teneurs réglementaires sur la période 2010-2019 pour la catégorie « Légumes »

	Nombre d'échantillons analysés (2010-2019)	Valeurs brutes ≥ TM	Étendue des résultats dépassant la TM (mg/kg)	Détail
Fines herbes	70	12	0,209-0,91	Ciboulette (3), estragon (3), persil (3), aneth (1), coriandre (1), cerfeuil (1)
Champignons sauvages ou cultivés	268	2	1,3-2,1	Cèpe (1), morille (1)
Légumes-fruits	246	3	0,057-0,093	Piment d'Espelette (2), cucurbitacée (1)
Légumes-Racines	250	3	0,11-0,38	Navet (1), radis (1), bardane (1)
Légumes-tiges	117	3	0,316-0,4	Asperge (2), blette (1)
Légumes à feuilles	204	1	0,25	Épinard (1)
Légumes-bulbes	59	4	0,055-0,083	Oignon (3), ail (1)
Légumes du genre Brassica	124	-	-	-

Tendances (2010-2019)

Les catégories sont trop hétérogènes ou bien les échantillons présentent des effectifs insuffisants pour pouvoir analyser les évolutions temporelles et comparer les teneurs annuelles en cadmium de ces produits.

Racines et tubercules amylacés



Données de contaminations (2017-2019)

Dans la catégorie des tubercules et racines amylacées, seules les pommes de terre atteignaient des effectifs suffisants pour être exploitées (Tableau 11). La teneur moyenne de 0,026 mg/kg obtenue ici pour les pommes de terre est du même ordre de grandeur que celle rapportée dans le rapport EFSA de 2009 (0,021 mg/kg). Les frites surgelées, flocons de pommes de terre, « potatoes » aromatisées et pommes de terre en conserve ont été regroupés dans une même sous-catégorie et présentent une teneur moyenne de 0,041 mg/kg. Cette valeur est plus élevée que celle rapportée dans l'EAT2 pour les produits à base de pomme de terre (0,021 mg/kg), mais la comparaison est difficile car l'EAT2 ne couvrait pas exactement les mêmes produits (pomme de terre cuite à l'eau, sautée, frite et purée). Ici, les teneurs les plus élevées sont systématiquement rapportées pour les flocons de pomme de terre, ce qui pourrait s'expliquer par la concentration du cadmium dans le produit lors de l'étape de déshydratation de la pomme de terre (voir aussi Annexe 10).

Tableau 11: Description statistique des concentrations en cadmium (2017-2019) pour la catégorie « Racines et tubercules amylacées ». Le détail des sous-catégories est donné en Annexe 10.

	Effectif total	% censure	Moyenne (arith.)	Écart-type	Moyenne (géo.)	P25	Médiane	P75	P95	Max	Scénario	Nombre de résultats <LD	Étendue LD	Nombre de résultats <LQ	Étendue LQ
Pommes de terre et produits à base de pommes de terre	733	9,4	0,027	0,001	0,021	0,013	0,023	0,036	0,062	0,127	UB	-	-	69	0,005-0,01
> Pommes de terre	667	10	0,026	0,001	0,020	0,012	0,022	0,035	0,060	0,120	UB	-	-	69	0,005-0,01
> Produits à base de pommes de terre	66	0,0	0,041	0,003	0,036	0,026	0,035	0,044	0,0922	0,127	UB	-	-	-	-

Indicateurs sanitaires (2010-2019)

Parmi les 1724 échantillons de pomme de terre analysés entre 2010 et 2019, seuls 10 présentaient des concentrations supérieures à la teneur réglementaire de 0,10 mg/kg, inchangée sur cette période (Tableau 12). Aucun dépassement n'a été observé pour ce même seuil de 0,10 mg/kg fixé au cours de cette période pour les tubercules tropicaux de type igname, manioc, patate douce et taro. Ces échantillons sont cependant peu nombreux. Depuis 2021, la teneur réglementaire a été abaissée à 0,05 mg/kg pour ces produits, toutefois, aucun des 51 échantillons analysés ici ne dépassait cette valeur.

Tableau 12: Détail des résultats bruts atteignant ou dépassant les teneurs réglementaires sur la période 2010-2019

	Nombre d'échantillons analysés (2010-2019)	Valeurs brutes $\geq$ TM	Étendue des résultats dépassant la TM (mg/kg)
Pommes de terre	1724	10	0,104-0,25
Autres racines et tubercules amyliacés (Igname, manioc, patate douce et taro)	51	-	-

Tendances (2010-2019)

Entre 2010 et 2019, aucune différence significative n'est observée après comparaison des concentrations en cadmium observées annuellement pour les pommes de terre (Figure 18). Les teneurs moyennes oscillent ainsi entre 0,023 et 0,029 mg/kg, sans qu'aucune tendance à la hausse ou à la baisse ne soit identifiée. Des tendances plus fines entre parcelles n'ont cependant pas été explorées, en l'absence d'informations permettant cette étude dans les jeux de données.

Légumineuses, fruits à coque et graines oléagineuses



Données de contamination (2017-2019)

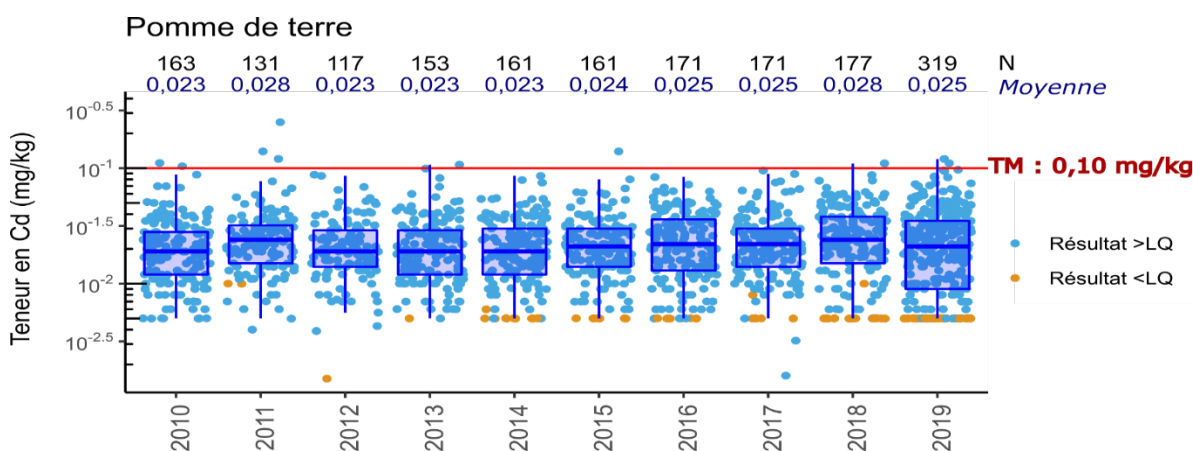


Figure 18 : Distribution annuelle des résultats d'analyse du cadmium dans les pommes de terre. La moyenne indiquée correspond à la moyenne arithmétique. Lorsque les résultats sont inférieurs à la LD ou la LQ, ce sont les valeurs correspondantes des LD et LQ qui sont rapportées. La teneur maximale en vigueur au cours de la période 2010-2019 est donnée à titre indicatif.

Dans la catégorie des légumineuses, fruits à coques et graines oléagineuses, ce sont les graines de tournesol (oléagineux) pour lesquelles les concentrations moyennes les plus élevées sont observées (0,354 mg/kg), suivies des graines de colza (0,047 mg/kg), produits pour lesquels les taux de censure sont par ailleurs très faibles (Tableau 13). Dans le rapport EFSA de 2012, les graines oléagineuses atteignent une concentration moyenne de 0,317 mg/kg mais l'avis ne détaille pas les différences de contamination entre les espèces végétales. Une différence d'un facteur 10 entre les concentrations rapportées pour les graines de colza et celles de tournesol est pourtant observée ici (voir aussi Annexe 10).

Pour les légumineuses séchées, la teneur moyenne oscille entre 0,021 mg/kg (LB) et 0,022 mg/kg (UB), des valeurs similaires à celles trouvées dans le rapport EFSA (2012) pour la catégorie des légumineuses séchées (0,020 – 0,021 mg/kg). Il est à noter cependant que la teneur moyenne des arachides (0,044 mg/kg) est nettement au-dessus de celles des lentilles, pois secs et pois chiches. Pour les légumineuses fraîches (type petits pois et haricots verts), près de 87 % des échantillons se situent en-dessous de la limite de quantification, leur concentration moyenne n'a donc pas été confrontée à celle rapportée dans d'autres études.

Enfin, concernant les fruits à coque et leurs dérivés, les effectifs sont très faibles. Pour les fruits à coque, 100 % des résultats sont inférieurs au seuil de quantification.

Tableau 13 : Description statistique des concentrations en cadmium (2017-2019) pour la catégorie « Légumineuses, fruits à coque et graines oléagineuses ». Le détail des sous-catégories est donné en Annexe 10

	Effectif total		% censure	Moyenne (arith.)	Écart-type	Moyenne (géo.)	P25	Médiane	P75	P95	Max	Scénario	Nombre de résultats < LD	Étendue LD	Nombre de résultats < LQ	Étendue LQ
Dérivés primaires de fruits à coque et graines similaires	45	36	0,016	0,002	0,012	0,005	0,009	0,025	-	0,059	UB	-	-	16	0,005-0,04	
			0,013	0,002	-	0,000	0,009	0,023	-		LB					
Fruits à coque	25	100	0,024	-	-	-	-	-	-	-	UB	-	-	25	0,005-0,043	
Graines oléagineuses	381	2,3	0,169	0,009	0,096	0,044	0,060	0,280	0,505	0,922	UB	2	0,005	7	0,0025-0,042	
> Graines de colza	226	3,5	0,047	0,001	0,043	0,040	0,047	0,054	0,071	0,120	UB	2	0,005	6	0,025-0,042	
> Graines de tournesol	152	0,7	0,354	0,012	0,312	0,250	0,330	0,446	-	0,922	UB	-	-	1	0,0025	
Légumineuses, haricots verts, frais	54	87	0,008	-	-	-	-	-	-	0,068	UB	1	0,0005	46	0,0007-0,018	
			0,002	-	-	-	-	LB								
Légumineuses, haricots, séchés	248	29	0,022	0,002	0,013	0,005	0,013	0,026	0,081	0,190	UB	9	0,0005	63	0,0025-0,05	
			0,021	0,002	-	0,000	0,012	0,025	0,081		LB					
> Arachides	32	0	0,044	0,005	0,038	0,027	0,034	0,049	-	0,150	UB	-	-	-	-	
> Lentilles	62	40	0,008	0,001	0,007	0,005	0,005	0,009	-	0,070	UB	4	0,0025-0,05	21	0,005-0,032	
			0,006	0,001	-	0,000	0,004	0,009	LB							
> Pois secs et pois chiches	79	20	0,014	0,001	0,012	0,006	0,014	0,019	-	0,038	UB	2	0,0005	14	0,0025-0,005	
			0,014	0,001	-	0,006	0,014	0,019	LB							

Indicateurs sanitaires (2010-2019)

Les résultats bruts supérieurs aux teneurs réglementaires sont très rares dans cette catégorie au cours de la période 2010-2019 (Tableau 14) : quatre dépassements ont ainsi été observés pour les fruits à coques (seuil de 0,050 mg/kg). En comparant les niveaux de contamination observés avec les teneurs maximales établies en 2021 pour les graines destinées à l'alimentation humaine, il apparaît que 11,9 % (54/454) des graines de tournesol auraient dépassé ce seuil si celui-ci avait été en vigueur lors de l'analyse. Il convient toutefois de souligner que les données transmises portent sur des graines à destination de la fabrication d'huile et que les résidus de pressage qui concentrent le cadmium sont eux destinés à la fabrication des tourteaux en alimentation animale. Ainsi, 100 % des échantillons de graines de tournesol sont inférieurs au seuil de 1 mg/kg fixé pour l'alimentation animale. Le jeu de données ne comportait pas de résultats d'analyse pour les graines de bouche (destinées à l'alimentation humaine), ce qui serait pourtant intéressant à analyser au vu des concentrations élevées observées dans ce produit. De la même façon, quelques valeurs étaient supérieures à ces nouveaux seuils parmi les échantillons de lentilles (seuil de 0,040 mg/kg depuis 2021), d'arachides (seuil de 0,20 mg/kg depuis 2021) et de pois sec (seuil de 0,040 mg/kg depuis 2021).

Tableau 14 : Détail des résultats bruts atteignant ou dépassant les teneurs réglementaires sur la période 2010-2019

		Nombre d'échantillons analysés (2010-2019)	Valeurs brutes ≥ TM	Étendue des résultats dépassant la TM (mg/kg)	Détail
Fruits à coque	Fruits à coque	99	4	0,079-0,304	Pignons (2), noix de pécan (1), non précisé (1)
Graines oléagineuses*	Graines de tournesol**	454	54	0,5-0,922	
	Graines de citrouille	2	-	-	
	Graines de colza	600	-	-	
	Graines de lin	7	-	-	
	Graines de moutarde	2	-	-	
	Graines de sésame	7	-	-	
Légumineuses	Lentilles*	127	3	0,04-0,07	
	Arachides*	55	1	0,31	
	Pois secs et pois chiches*	111	1	0,04	
	Haricots et pois frais	147	-	-	
	Haricots et fèves sèches*	110	-	-	
	Lupin*	2	-	-	
	Soja	36	-	-	

* ces denrées n'étaient pas réglementées entre 2010 et 2019. A titre indicatif, elles ont été confrontées aux TM établies par le Règlement 2021/1323 du 10/08/21, modifiant le Règlement (CE) n°1881/2006 actualisé du 31/08/2021.

** hypothèse de denrées à destination de l'alimentation humaine. Dans le cas de l'alimentation animale, la TM correspondante est de 1 mg/kg.

Tendances (2010-2019)

Concernant les tendances, seules les graines de tournesol (Figure 19) et colza (Figure 20) réunissaient les conditions nécessaires à une exploitation statistique. Mis à part des concentrations un peu plus faibles pour l'année 2013 en comparaison des années 2018 et 2019, aucune tendance ne semble se

dégager et la distribution des résultats est similaire d'une année à l'autre. Les teneurs moyennes (UB) oscillent entre 0,277 mg/kg et 0,393 mg/kg.

Pour les graines de colza, l'année 2013 semble également se distinguer par des valeurs légèrement plus faibles mais aucune tendance ne semble se profiler non plus. Les teneurs moyennes (UB) oscillent ainsi entre 0,038 mg/kg et 0,050 mg/kg.

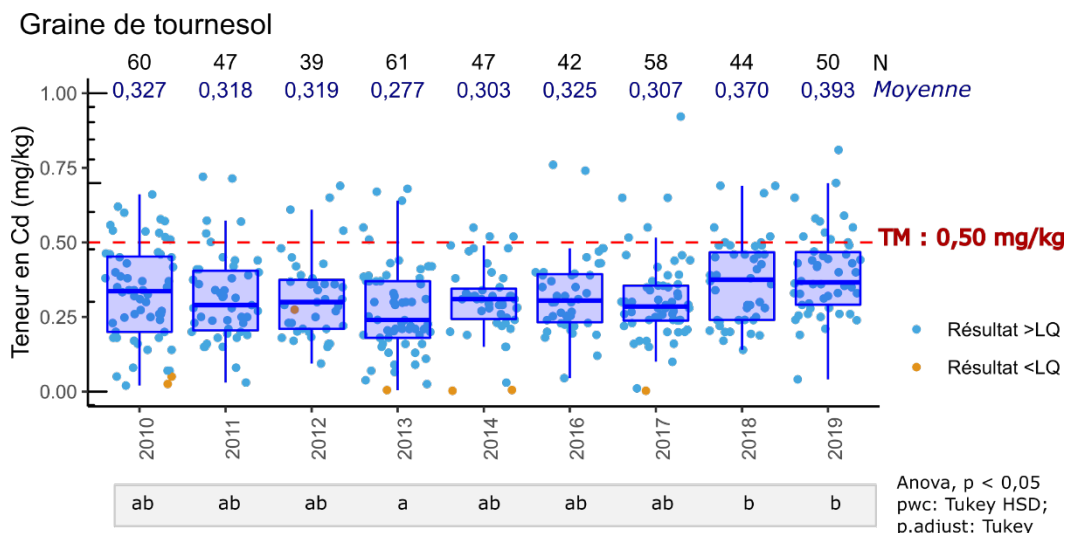


Figure 19: Distribution annuelle des résultats d'analyse du cadmium dans les graines de tournesol. Les résultats des années qui partagent une lettre en commun ne sont pas significativement différents (Anova suivie d'un test de Tukey). La moyenne indiquée correspond à la moyenne arithmétique. Lorsque les résultats sont inférieurs à la LD ou la LQ, ce sont les valeurs correspondantes des LD et LQ qui sont rapportées. La teneur maximale en vigueur depuis 2021 et applicable aux graines destinées à l'alimentation humaine est donnée à titre indicatif.

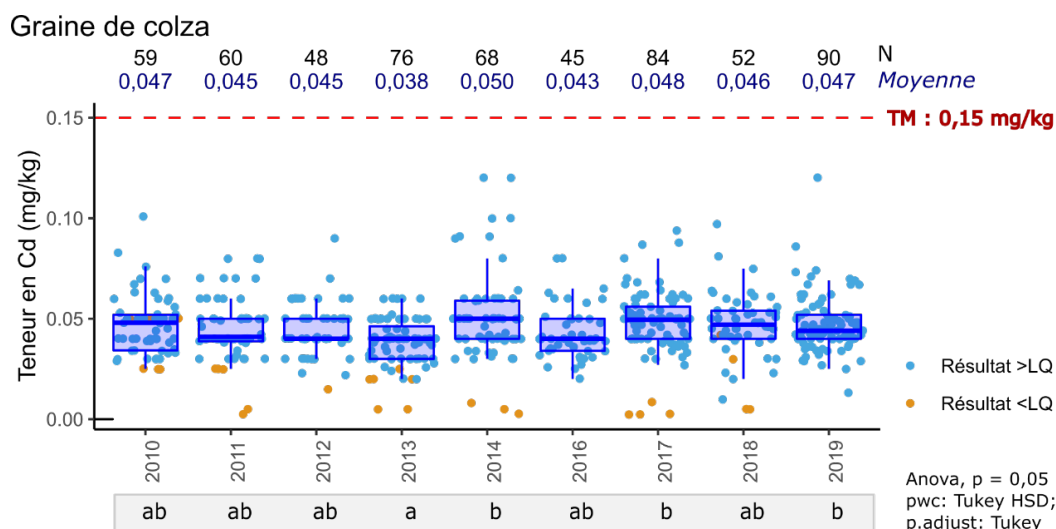


Figure 20 : Distribution annuelle des résultats d'analyse du cadmium dans les graines de colza. Les résultats des années qui partagent une lettre en commun ne sont pas significativement différents (Anova suivie d'un test de Tukey). La moyenne indiquée correspond à la moyenne arithmétique. Lorsque les résultats sont inférieurs à la LD ou la LQ, ce sont les valeurs correspondantes des LD et LQ qui sont rapportées. La teneur maximale en vigueur depuis 2021 est donnée à titre indicatif. 2021 est donnée à titre indicatif.

Fruits et produits à base de fruits (incluant les jus)



Données de contamination (2017-2019)

Pour la catégorie des fruits et produits à base de fruits, les résultats sont difficilement comparables car les effectifs sont faibles et la majorité des échantillons sont en-dessous des seuils de quantification (Tableau 15). Pour cette raison, seules les moyennes sont présentées. La concentration maximale quantifiée (0,120 mg/kg) correspond à un échantillon de fruit de la passion. Dans le rapport EFSA de 2009, sur 4 300 échantillons de fruits analysés, 56 % étaient en-dessous des seuils de détection, ce qui semble confirmer les faibles niveaux de contamination de ces produits.

Tableau 15: Description statistique des concentrations en cadmium (2017-2019) pour la catégorie « Fruits et produits à base de fruits », incluant les jus. Le détail des sous-catégories est donné en Annexe 10.

	Effectif total	% censure	Moyenne (arith.)	Max	Scénario	Nombre de résultats < LD	Étendue LD	Nombre de résultats < LQ	Étendue LQ
Agrumes	29	86	$\frac{0,007}{0,002}$	0,040	UB LB	2	0,0005	23	0,0002-0,017
Autres produits à base de fruits (hormis les boissons)	107	90	$\frac{0,005}{0,001}$	0,011	UB LB	1	0,0005	95	0,0006-0,028
> Compotes et purées de fruits	33	100	0,006	-	UB	-	-	33	0,005-0,02
> Fruits au sirop	62	92	0,004	0,001	UB	1	0,0005	56	0,0006-0,01
Baies et petits fruits	33	61	$\frac{0,007}{0,004}$	0,027	UB LB	-	-	20	0,0005-0,018
Fruits à noyau	77	84	$\frac{0,007}{0,001}$	0,030	UB LB	-	-	65	0,0006-0,019
> Olives	38	79	$\frac{0,006}{0,002}$	0,030	UB LB	-	-	30	0,005
Fruits à pépins	57	83	$\frac{0,006}{0,000}$	0,010	UB LB	2	0,0005	45	0,0004-0,018
Fruits divers	26	73	$\frac{0,011}{0,007}$	0,120	UB LB	3	0,0005	16	0,0007-0,019
Fruits secs	45	93	$\frac{0,024}{0,002}$	0,046	UB LB	1	0,0005	41	0,005-0,04
Jus de fruits	75	97	$\frac{0,006}{0,000}$	0,012	UB LB	-	-	73	0,003-0,01

Indicateurs sanitaires (2010-2019)

Par conséquent, très peu de résultats supérieurs aux teneurs maximales réglementaires sont observés entre 2010 et 2019 (Tableau 16). Seuls trois échantillons d'avocat, figue et fruit de la passion présentent des concentrations supérieures à la teneur réglementaire de 0,05 mg/kg fixée au cours de cette période. En 2021, la teneur a été abaissée à 0,02 mg/kg pour un ensemble de fruits regroupant entre autres les agrumes, fruits à noyaux et fruits à pépins. Les teneurs réglementaires ont également été abaissées à 0,04 mg/kg pour les framboises et 0,03 mg/kg pour les autres baies et petits fruits. En confrontant les résultats obtenus entre 2010 et 2019 à ces valeurs, seuls trois dépassements supplémentaires auraient été relevés pour un échantillon d'olive, un échantillon de mandarine et un avocat si ces teneurs avaient été en vigueur à l'époque.

Tableau 16 : Détail des résultats bruts atteignant ou dépassant les teneurs réglementaires sur la période 2010-2019.

	Nombre d'échantillons analysés (2010-2019)	Valeurs brutes ≥ TM	Étendue des résultats dépassant la TM (mg/kg)	Détail
Fruits divers	100	3	0,061-0,13	Avocat (1), figue (1), fruit de la passion (1)
Agrumes	114	-	-	
Baies et petits fruits	69	-	-	
Autres fruits à noyau	143	-	-	
Olives	81	-	-	
Fruits à pépins	296	-	-	

Tendances (2010-2019)

Les effectifs annuels sont trop faibles pour pouvoir explorer d'éventuelles tendances temporelles pour cette catégorie.

Ingrédients pour boissons chaudes



Données de contamination (2017-2019)

Les teneurs moyennes les plus élevées sont observées pour la catégorie des fèves de cacao et produits à base de cacao (Tableau 17). Cette catégorie recouvre cependant essentiellement des échantillons de poudre de cacao, et quelques échantillons de fèves et masse de cacao (pâte issue du broyage de fèves de cacao torréfiées, après extraction du beurre). Entre le café, le thé, les infusions et le cacao, les teneurs les plus élevées sont observées pour le cacao en poudre (0,191 mg/kg). Cette valeur est proche de celle présentée dans le rapport EFSA 2012 (0,183 mg/kg). Dans ce même rapport, la concentration moyenne des thés et autres herbes pour infusion est estimée à 0,055 mg/kg, une valeur proche de la teneur moyenne de 0,057 mg/kg retrouvée ici. La majorité des échantillons de cette sous-catégorie présente des valeurs inférieures à 0,150 mg/kg sauf un échantillon d'infusion (non spécifiée) qui culmine à 1,63 mg/kg (Annexe 10). Pour les produits du café, les taux de censure sont relativement

élevés (64,2 %), voire très élevés (81,6 %) pour les grains torréfiés, ce qui limite la pertinence d'une comparaison avec les teneurs rapportées par d'autres études.

Tableau 17 : Description statistique des concentrations en cadmium (2017-2019) pour la catégorie « Ingrédients pour boissons chaudes ». Le détail des sous-catégories est donné en Annexe 10.

	Effectif total	% censure	Moyenne (arith.)	Écart-type	Moyenne (géo.)	P25	Médiane	P75	P95	Max	Scénario	Nombre de résultats < LD	Étendue LD	Nombre de résultats < LQ	Étendue LQ
Fèves de cacao et produits à base de cacao	58	5,2	0,205	0,034	0,124	0,062	0,115	0,202	-	1,40	UB	-	-	3	0,039-0,043
> Cacao en poudre	53	5,7	0,191	0,035	0,116	0,052	0,110	0,174	-	1,40	UB	-	-	3	0,039-0,043
Grains de café et produits à base de café (solide)	201	64	0,015 0,004	0,001 0,001	0,011 -	0,005 0,00	0,008 0,00	0,024 0,007	0,040 0,011	0,058	UB LB	1	0,0005	128	0,005-0,043
> Café moulu, torréfié	142	56	0,010 0,005	0,001 0,001	0,008 -	0,005 0,00	0,006 0,00	0,010 0,008	- -	0,043	UB LB	1	0,0005	78	0,007-0,042
> Grains de café torréfiés	49	82	0,026 0,003	-	-	-	-	-	-	0,058	UB LB	-	-	40	0,005-0,042
Thé, herbes et autres ingrédients pour infusion (solide)	105	26	0,057	0,015	0,026	0,016	0,037	0,068	-	1,63	UB	14	0,002-0,008	13	0,0004-0,043

Indicateurs sanitaires (2010-2019)

Le Règlement n°1881/2006, ainsi que le règlement n°2023/915 qui l'a remplacé, ont fixé un seuil de 0,60 mg/kg pour la poudre de cacao telle que vendue au consommateur final depuis 2014 avec entrée en application depuis 2019 seulement. Si ce seuil avait été en vigueur sur la période 2010-2019, 6 des échantillons analysés auraient dépassé la teneur réglementaire (Tableau 18).

Tableau 18 : Détail des résultats bruts atteignant ou dépassant les teneurs réglementaires sur la période 2010-2019.

	Nombre d'échantillons analysés (2010-2019)	Valeurs brutes $\geq$ TM	Étendue des résultats dépassant la TM (mg/kg)
Cacao en poudre	99	6	0,64-1,45

Tendances (2010-2019)

Les effectifs annuels sont trop faibles pour pouvoir explorer d'éventuelles tendances temporelles pour cette catégorie.

Boissons alcoolisées



Données de contamination (2017-2019)

Les boissons alcoolisées sont très peu représentées dans le jeu de données et seules les données pour la bière étaient exploitables (Tableau 19). L'ensemble des 65 échantillons analysés entre 2017 et 2019 se situe en-dessous des seuils de quantification. Dans le rapport EFSA de 2009, 50 % des 874 échantillons de bières et boissons similaires se situaient en-dessous du seuil de détection, confirmant la faible contamination de ces produits.

Tableau 19 : Description statistique des concentrations en cadmium (2017-2019) pour la catégorie « Boissons alcoolisées ». Le détail des sous-catégories est donné en Annexe 10.

Boissons alcoolisées	Boissons de type bière	> Bières	Effectif total				Scénario	Nombre de résultats < LD				Étendue LD		Nombre de résultats < LQ		Étendue LQ	
			65	100	0,005	UB		1	0,0005	64	0,003-0,04						

Indicateurs sanitaires (2010-2019)

Le règlement 1831/2003, ainsi que le règlement n°2023/915 qui l'a remplacé, n'ont pas prévu de seuil réglementaire pour les boissons alcoolisées.

Tendances (2010-2019)

Les effectifs annuels sont trop faibles et la majorité des échantillons sont censurés. Il n'est donc pas possible d'analyser les tendances temporelles.

Viandes et autres produits carnés



Données de contamination (2017-2019)

Pour la viande et les autres produits carnés, les résultats sont résumés dans le tableau 20. De manière générale, il ressort que les abats sont beaucoup plus fréquemment contaminés que les viandes et charcuteries pour lesquelles les taux de censure avoisinent 100 %. Les produits équinés, qu'il s'agisse d'abats ou de viandes, sortent nettement du lot avec des concentrations moyennes culminant à 12,8 mg/kg pour les reins d'équins ; 1,25 mg/kg pour les foies puis 0,039 mg/kg pour la viande de cheval.

Concernant les abats d'équins, la quasi-totalité des échantillons de reins dépassent la teneur réglementaire de 1 mg/kg fixée par le Règlement (CE) n°1181/2006, et une forte proportion d'échantillons de foie sont également supérieurs à la valeur réglementaire de 0,5 mg/kg (Annexe 10). Suite au signalement de nombreuses non-conformités sur ces produits, la France a publié le 28 juin 2019 un arrêté¹³ instaurant le retrait systématique des foies et reins d'équidés domestiques à l'abattoir quel que soit leur âge. Ce texte stipule que ces produits sont impropres à la consommation suite au constat d'un nombre important de non-conformités relevées au cours des plans de surveillance et de contrôle, pour le cadmium.

Dans les années 90, une enquête conduite par la DGAL et citée dans un article de 1997 relatif aux dangers pour la santé publique liés à la consommation de la viande de cheval (Magras, 1997) rapportait des niveaux de contamination en cadmium particulièrement élevés chez les équins importés de Pologne et de divers pays de l'Est qui pouvaient être expliqués par un haut niveau de contamination locale des pâtures. Les données disponibles dans le cadre du présent GT ne permettaient toutefois pas d'explorer la variabilité des niveaux de contamination en cadmium dans les produits carnés équinés en lien avec leur origine géographique. En ce qui concerne les autres espèces animales (voir aussi annexe 10), les teneurs les plus élevées sont retrouvées dans les foies de sangliers (0,285mg/kg) et cerfs (0,191 mg/kg). Pour les animaux d'élevage, ce sont les foies de dindes (0,167 mg/kg), moutons (0,129 mg/kg) et bovins de plus de deux ans (0,122 mg/kg) qui présentent les niveaux de contamination les plus élevés. Les foies de veaux et jeunes bovins de moins de deux ans sont moins contaminés que ceux des bovins adultes, ce qui peut s'expliquer par une exposition moins longue aux contaminants environnementaux. Ces données ne peuvent être comparées à celles rapportées par l'EFSA car le détail des contaminations par espèce animale n'y est pas développé.

¹³ Ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation - Arrêté du 28 juin 2019 modifiant l'arrêté du 18 décembre 2009 relatif aux règles sanitaires applicables aux produits d'origine animale et aux denrées alimentaires en contenant. Journal officiel, n°0158 du 10 juillet 2019, texte n°37.

En 2018, l'Anses avait publié une évaluation de risque en lien avec la consommation de viande de gibier contaminée par des polluants environnementaux, en s'appuyant sur les données des plans de contrôle officiels de la période 2006-2015. Les niveaux de contamination du cadmium dans les foies de sangliers sauvages étaient significativement supérieurs à ceux retrouvés dans les foies d'animaux de boucherie, d'un facteur 2 pour les médianes et moyennes et d'un facteur 3 au 95^e percentile. Concernant la matrice « muscle », cette différence entre animaux de boucherie et gibier n'était pas retrouvée (Anses, 2018). Des résultats similaires sont observés ici pour la période 2010-2019.

Pour les viandes, la totalité des échantillons présentent des taux de censure compris entre 94,4 % et 100 %, exception faite de la viande de cheval pour laquelle 77 % des résultats sont quantifiés, avec une moyenne de 0,039 mg/kg. Cette valeur est inférieure à celle du rapport 2009 de l'EFSA (0,171 mg/kg), cependant pour évaluer la comparabilité des données, il faudrait pouvoir confronter les origines géographiques des viandes ainsi que l'âge des animaux.

Tableau 20 : Description statistique des concentrations en cadmium (2017-2019) pour la catégorie « Viandes et autres produits carnés ». Le détail des sous-catégories est donné en Annexe 10

	Effectif total	% censure	Moyenne (arith.)	Écart-type	Moyenne (géo.)	P25	Médiane	P75	P95	Max	Scénario	Nombre de résultats < LD	Étendue LD	Nombre de résultats < LQ	Étendue LQ
Abats comestibles issus d'animaux d'élevage*	4779	5,5	0,093	0,001	0,066	0,037	0,063	0,120	0,268	1,34	UB	2	0,005-0,01	265	0,005-0,441
> Foies d'équin	265	0,0	1,25	0,083	0,874	0,490	0,910	1,40	3,23	9,02	UB	-	-	-	-
> Reins d'équin	220	0,0	12,8	0,759	9,42	5,19	9,50	16,0	34,9	64,9	UB	-	-	-	-
> Foies de bovin (> 2 ans)	1745	1,6	0,122	0,002	0,098	0,063	0,097	0,150	0,282	1,34	UB	1	0,005	27	0,005-0,441
> Foies de bovin (< 2 ans)	232	31	0,040 0,036	0,003 0,003	0,030 -	0,020 0,010	0,025 0,024	0,048 0,048	0,120 0,120	0,290	UB LB	-	-	72	0,005-0,032
> Foies de caprin	27	30	0,042 0,040	0,006 0,006	0,032 0,024	0,010 0,005	0,045 0,045	- -	- -	0,130	UB LB	-	-	8	0,01
> Foies de lapin	40	0,0	0,055	0,005	0,049	0,035	0,050	0,062	-	0,240	UB	-	-	-	-
> Foies de mouton	246	3,3	0,129	0,010	0,069	0,027	0,070	0,192	0,420	1,09	UB	-	-	8	0,01
> Foies de porc	1752	2,9	0,075	0,002	0,058	0,037	0,052	0,084	0,224	0,560	UB	-	-	51	0,01-0,1
> Foies de poulet	496	19	0,048 0,045	0,003 0,003	0,032 -	0,020 0,015	0,026 0,026	0,045 0,045	0,206 0,206	0,486	UB LB	-	-	96	0,01-0,1
> Foies de canard	83	1,2	0,117	0,012	0,078	0,039	0,071	0,160	-	0,480	UB	1	0,01	-	-
> Foies de dinde	146	0,7	0,167	0,009	0,140	0,096	0,140	0,202	-	0,640	UB	-	-	1	0,02
Abats comestibles issus de gibiers	157	0,6	0,243	0,023	0,138	0,061	0,170	0,300	-	2,18	UB	-	-	1	0,02
> Foies de cerf	66	0,0	0,191	0,041	0,085	0,033	0,068	0,199	-	2,18	UB	-	-	-	-
> Foies de sanglier	87	1,1	0,285	-	-	-	-	-	-	1,50	UB	-	-	1	0,02

Tableau 20 (suite)

	Effectif total	% censure	Moyenne (arith.)	Écart-type	Moyenne (géo.)	P25	Médiane	P75	P95	Max	Scénario	Nombre de résultats < LD	Étendue LD	Nombre de résultats < LQ	Étendue LQ
Charcuterie et produits à base de viande	248	82	0,006 0,004	-	-	-	-	-	-	0,053	UB LB	-	-	204	0,0017-0,01
Gibiers à plume	36	94	0,009 0,004	-	-	-	-	-	-	0,016	UB LB	1	0,01	33	0,005-0,02
Gibiers à poil	151	97	0,009 0,004	-	-	-	-	-	-	0,042	UB LB	2	0,01	144	0,002-0,02
> Chair de cerf	66	97	0,008 0,004	-	-	-	-	-	-	0,019	UB LB	1	0,01	63	0,002-0,02
> Chair de sanglier	85	97	0,009 0,004	-	-	-	-	-	-	0,042	UB LB	1	0,01	81	0,002-0,03
Viande d'animaux d'élevage	4232	95	0,014 0,006	-	-	-	-	-	-	0,604	UB LB	21	0,002-0,01	3992	0,002-0,03
> Chair de mouton	147	96	0,007 0,003	-	-	-	-	-	-	0,018	UB LB	1	0,01	140	0,02
> Chair d'agneau	97	95	0,008 0,004	-	-	-	-	-	-	0,050	UB LB	-	-	92	0,002-0,011
> Chair d'équin	209	23	0,039	0,004	0,024	0,010	0,025	0,047	0,114	0,604	UB	-	-	48	0,003-0,02
> Chair de bovin (> 2 ans)	1747	98	0,011 0,005	-	-	-	-	-	-	0,152	UB LB	10	0,005	1701	0,002-0,02
> Chair de bovin (< 2 ans)	232	99	0,013 0,005	-	-	-	-	-	-	0,015	UB LB	5	0,005-0,01	224	0,002-0,02
> Chair de lapin	40	100	0,008	-	-	-	-	-	-	-	UB	-	-	40	0,005-0,011
> Chair de porc	1751	99	0,015 0,005	-	-	-	-	-	-	0,050	UB LB	4	0,002-0,01	1739	0,002-0,02
Volailles	784	99	0,010 0,004	-	-	-	-	-	-	0,019	UB LB	2	0,002-0,05	773	0,0017-0,02
> Chair de canard	96	98	0,007 0,003	-	-	-	-	-	-	0,018	UB LB	-	-	94	0,0017-0,01
> Chair de dinde	150	98	0,010 0,004	-	-	-	-	-	-	0,016	UB LB	-	-	147	0,0017-0,02
> Chair de poulet	519	99	0,011 0,004	-	-	-	-	-	-	0,019	UB LB	2	0,002-0,05	514	0,0017-0,02

Indicateurs sanitaires (2010-2019)

En cohérence avec ce qui a été décrit ci-dessus pour les matrices équinnes, un nombre de dépassements importants est observé pour les reins (218/220) et foies de chevaux (387/533) (Tableau 21). De même, la plupart des dépassements sont identifiés pour des abats tandis que les dépassements pour les viandes sont très rares au vu du nombre d'échantillons analysés et souvent très proches de la teneur réglementaire de 0,050 mg/kg. Il apparaît donc probable qu'une fois l'incertitude retranchée, le nombre réel de non-conformités soit en réalité plus faible voire nul pour la viande de volaille et d'agneau, par exemple.

Tableau 21 : Détail des résultats bruts atteignant ou dépassant les teneurs réglementaires sur la période 2010-2019.

		Nombre d'échantillons analysés (2010-2019)	Valeurs brutes ≥ TM	Étendue des résultats dépassant la TM (mg/kg)
Abats comestibles issus d'animaux d'élevage	Foies d'équin	533	387	0,5-60,2
	Reins d'équin	220	218	1,3-64,928
	Foies de bovin	1936	18	0,508-1,34
	Foies de mouton	264	6	0,55-1,093
	Foies de dinde	545	2	0,59-0,64
	Foies de poulet	1843	2	0,665-4
	Foies de canard	236	1	0,69
	Foies de porc	1846	1	0,56
	Foies de veau	191	1	0,7
	Foies de volaille	141	1	0,714
	Foies d'oie	3	-	-
	Foies gras de canard cru	19	-	-
Viande d'animaux d'élevage	Chair d'équin	1021	9	0,247-1,8
	Chair de bovin	6033	8	0,05-0,152
	Chair de porc	5150	3	0,05-3
	Chair d'agneau	180	1	0,05
	Chair de mouton	1368	-	-
	Chair de buffle	2	-	-
	Chair de veau	325	-	-
Volailles	Chair de poulet	1897	2	0,05
	Chair d'oie	3	-	-
	Chair de canard	265	-	-
	Chair de dinde	560	-	-
	Chair de pintade	59	-	-
	Chair de ratite	13	-	-

Tableau 21 (suite)

		Nombre d'échantillons analysés (2010-2019)	Valeurs brutes ≥ seuil d'alerte	Étendue des résultats dépassant le seuil d'alerte (mg/kg)
Abats comestibles issus de gibiers	Foies de sanglier*	424	77	0,5-3,1
	Foies de cerf*	334	32	0,509-2,881
	Foies de lapin*	163	1	1,235
	Foies de caprin*	27	-	-
	Foies de faisan*	4	-	-
	Foies de perdrix*	1	-	-
Gibiers à plume (caille, faisan, perdrix, pigeon)*		120	-	-
Gibiers à poil	Chair de sanglier*	427	5	0,055-1,7
	Chair de cerf*	357	2	0,062-0,073
	Chair de lièvre*	5	-	-
Viande d'animaux d'élevage	Chair de caprin*	16	-	-
	Chair de lapin*	163	-	-
* ces denrées ne figurent pas dans le règlement CE 1881/2006 mais des seuils d'alertes existent. Ils sont de 0,5 mg/kg pour les abats et de 0,05 mg/kg pour la chair.				

Le règlement ne fixe pas de teneurs maximales pour les gibiers ainsi que certains animaux d'élevage (chèvres et lapins), mais il existe cependant des seuils d'alerte établis par la DGAL au niveau national sur la base des teneurs maximales fixées pour les viandes d'animaux d'élevage et les abats (hors viande et abats de cheval) les plus proches des gibiers en question. Le dépassement de ces seuils d'alerte induit la mise en œuvre d'une enquête épidémiologique. En confrontant les matrices de gibiers et autres produits non réglementés à ces seuils d'alertes, un nombre important de valeurs dépassant ces seuils est observé pour les foies de sanglier (77/424) et foies de cerf (32/334). Les dépassements sont plus rares pour les viandes mais de la même façon, ils sont retrouvés pour la viande de sanglier et de cerf.

Tendances (2010-2019)

Pour les foies de gibier, des données d'analyse de foies de sanglier sont disponibles depuis 2010 (Figure 21). Les teneurs moyennes annuelles oscillent entre 0,192 et 0,460 mg/kg mais ces différences ne sont pas significatives. Aucune tendance n'est observée mais les faibles effectifs doivent nuancer l'interprétation. Pour les foies d'animaux d'élevage, des données sont disponibles depuis 2010 pour les foies de poulets (Figure 22) et ceux de dindes (Figure 23). Concernant les foies de poulet, des variations importantes des valeurs de LQ rapportées en fonction des années empêchent une comparaison fine des moyennes annuelles. Cependant, en ciblant exclusivement la distribution des résultats quantifiés, aucune tendance temporelle ne se dessine. Pour les foies de dinde, quelques années présentant des teneurs un peu plus élevées sont observées mais les effectifs sont trop faibles pour estimer une tendance significative. Enfin, pour les foies de bovin, mouton et porc, les effectifs ne sont comparables qu'entre les années 2017 à 2019 (Figures 24, 25 et 26). Aucune tendance n'est observée et les concentrations sont similaires d'une année à l'autre mais la courte période d'échantillonnage limite l'analyse.

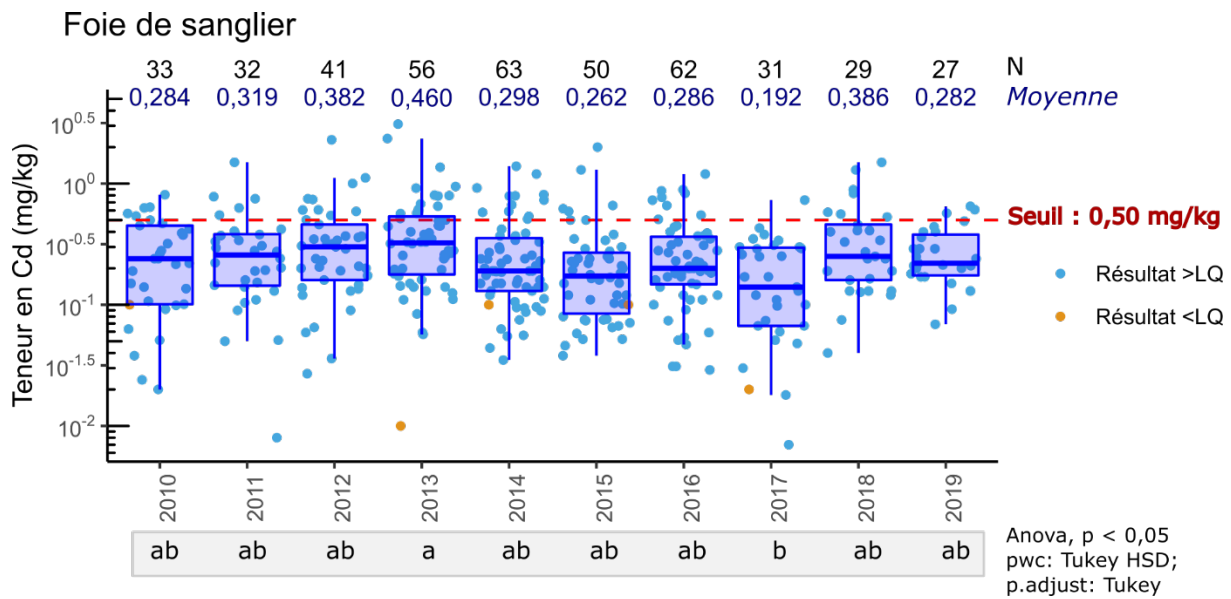


Figure 21: Distribution annuelle des résultats d'analyse du cadmium dans les foies de sanglier. Les résultats des années qui partagent une lettre en commun ne sont pas significativement différents (Anova suivie d'un test de Tukey). La moyenne indiquée correspond à la moyenne arithmétique. Lorsque les résultats sont inférieurs à la LD ou la LQ, ce sont les valeurs correspondantes des LD et LQ qui sont rapportées. L'échelle est en log10. Le seuil d'alerte établi par la DGAL est donné à titre indicatif.

Foie de poulet

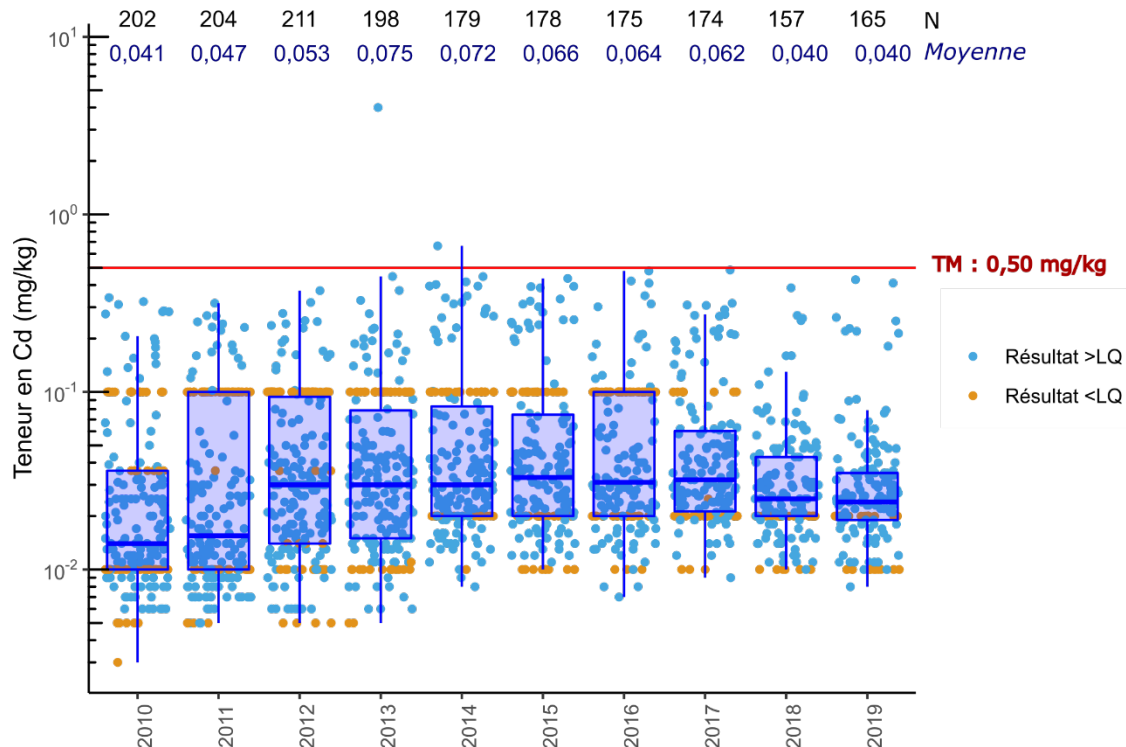


Figure 22 : Distribution annuelle des résultats d'analyse du cadmium dans les foies de poulet. La moyenne indiquée correspond à la moyenne arithmétique. Lorsque les résultats sont inférieurs à la LD ou la LQ, ce sont les valeurs correspondantes des LD et LQ qui sont rapportées. L'échelle est en log10. La teneur maximale en vigueur au cours de la période 2010-2019 est donnée à titre indicatif.

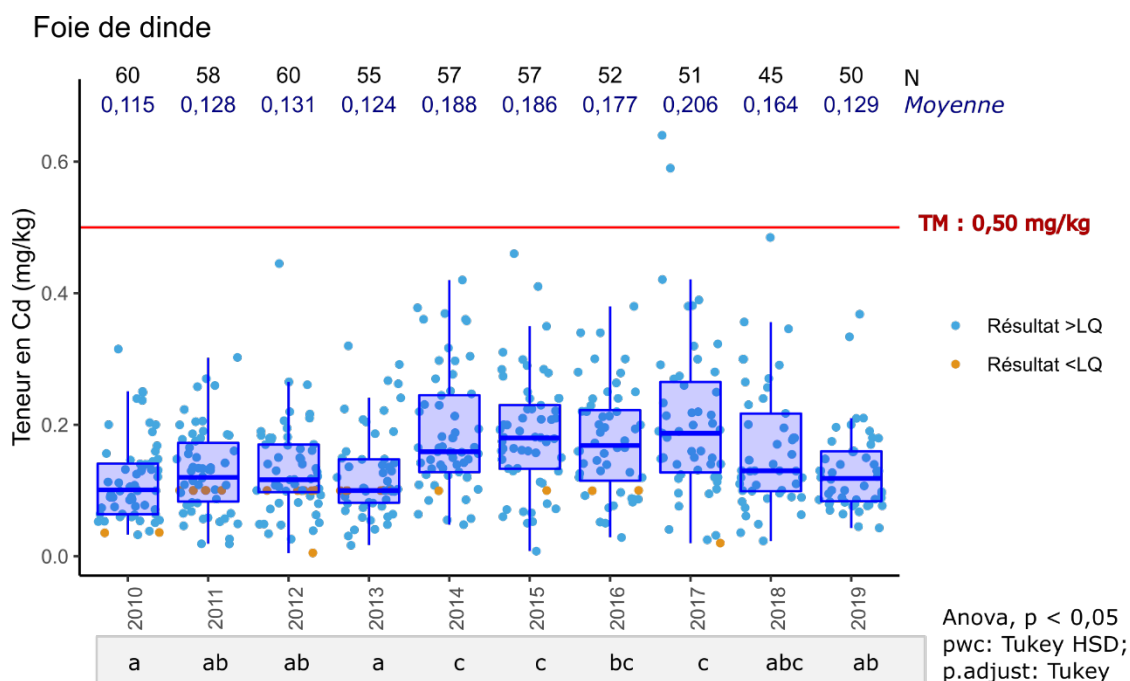


Figure 23 : Distribution annuelle des résultats d'analyse du cadmium dans les foies de dinde. Les résultats des années qui partagent une lettre en commun ne sont pas significativement différents (Anova suivie d'un test de Tukey). La moyenne indiquée correspond à la moyenne arithmétique. Lorsque les résultats sont inférieurs à la LD et la LQ, ce sont les valeurs correspondantes de la LD et la LQ qui sont rapportées. La teneur maximale en vigueur au cours de la période 2010-2019 est donné à titre indicatif.

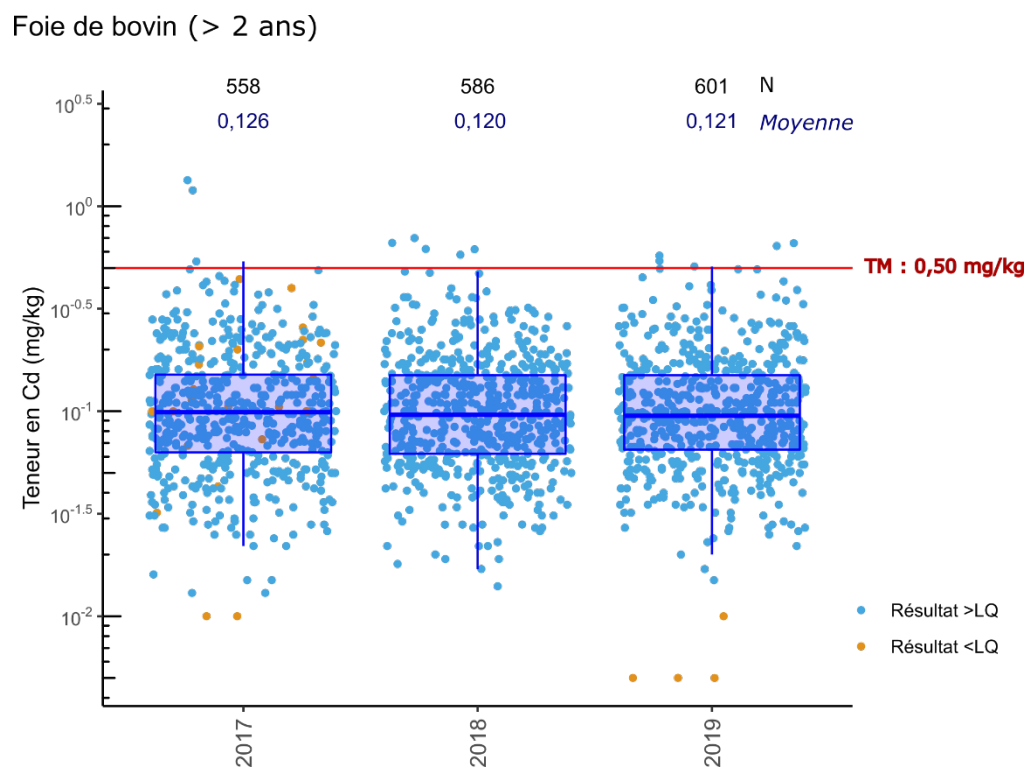


Figure 24 : Distribution annuelle des résultats d'analyse du cadmium dans les foies de bovins âgés de plus de deux ans. La moyenne indiquée correspond à la moyenne arithmétique. Lorsque les résultats sont inférieurs à la LD ou la LQ, ce sont les valeurs correspondantes des LD et LQ qui sont rapportées. L'échelle est en log10. La teneur maximale en vigueur au cours de la période 2010-2019 est donné à titre indicatif.

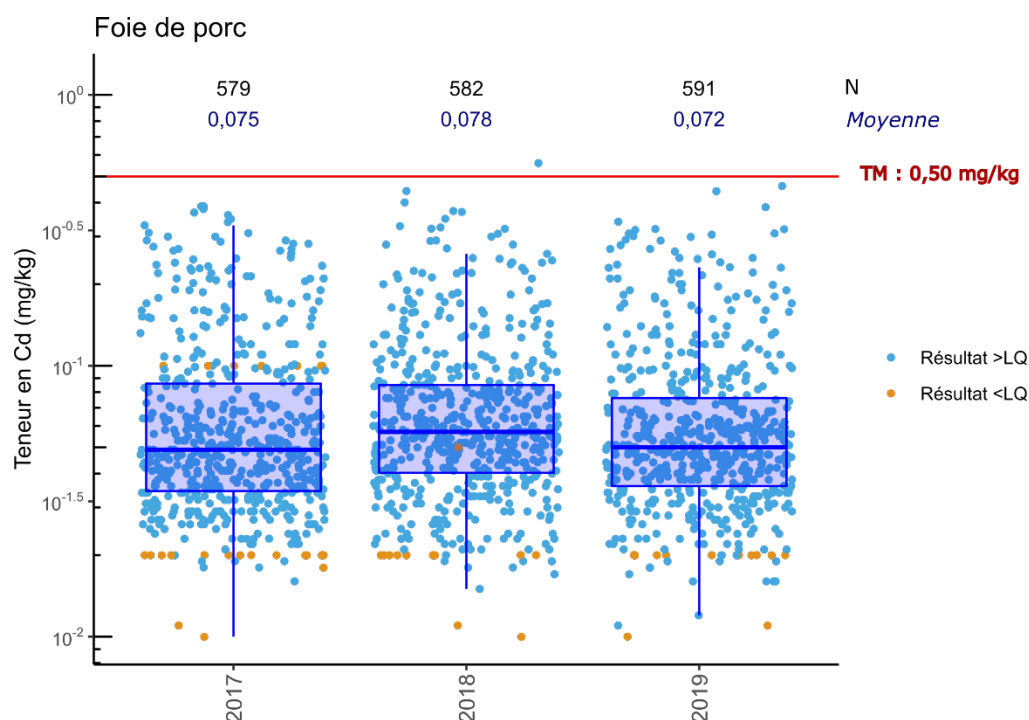


Figure 25 : Distribution annuelle des résultats d'analyse du cadmium dans les foies de porc. La moyenne indiquée correspond à la moyenne arithmétique. Lorsque les résultats sont inférieurs à la LD ou la LQ, ce sont les valeurs correspondantes des LD et LQ qui sont rapportées. L'échelle est en log10. La teneur maximale en vigueur au cours de la période 2010-2019 est donnée à titre indicatif.

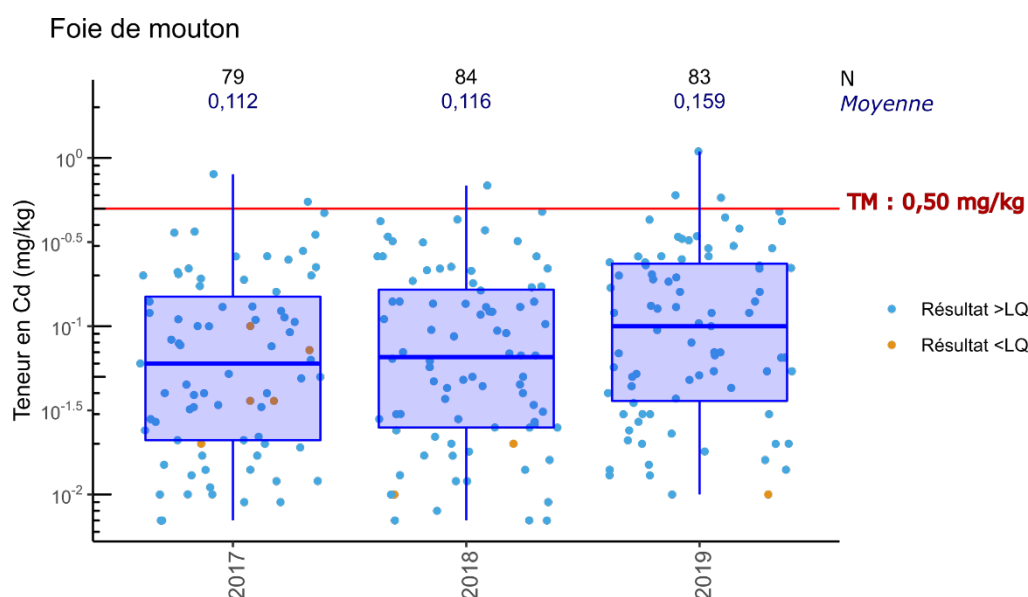


Figure 26 : Distribution annuelle des résultats d'analyse du cadmium dans les foies de mouton. La moyenne indiquée correspond à la moyenne arithmétique. Lorsque les résultats sont inférieurs à la LD ou la LQ, ce sont les valeurs correspondantes des LD et LQ qui sont rapportées. L'échelle est en log10. La teneur maximale en vigueur au cours de la période 2010-2019 est donné à titre indicatif.

Pour les viandes, plus de 80 % des résultats sont inférieurs aux seuils de quantification, quelles que soient l'espèce (hors équins) et l'année considérées (Tableau 22). Pour la chair d'équin, à l'inverse, la majorité des résultats sont quantifiés. Aucune différence n'est observée entre les distributions de la contamination dans la chair d'équin observées sur la période 2010-2019, mis à part l'année 2016 pour laquelle les teneurs analysées sont plus faibles mais sans que cette différence soit pour autant significative (Figure 27).

Tableau 22 : Pourcentage annuel de résultats censurés (<LQ) pour les viandes d'animaux d'élevage et gibiers sauvages.

Gibiers à poil										
Chair de cerf										
Année	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Nombre d'échantillons		29	26	45	61	55	54	26	27	
Résultats censurés (%)		82,8	80,8	84,4	90,2	83,6	85,2	96,2	96,3	
Viande d'animaux d'élevage										
Chair de bovin										
Année	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Nombre d'échantillons	502	512	463	451	604	617	658	563	586	598
Résultats censurés (%)	96,0	97,7	95,9	97,1	99,0	98,9	98,3	99,1	97,6	97,2
Chair de canard										
Année	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Nombre d'échantillons	27	25			27	27	25	31	29	36
Résultats censurés (%)	100,0	100,0			96,3	96,3	92,0	96,8	100,0	97,2
Chair de dinde										
Année	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Nombre d'échantillons	60	59	60	55	59	58	59	52	46	52
Résultats censurés (%)	95,0	100,0	98,3	98,2	100,0	98,3	96,6	98,1	97,8	98,1
Chair de mouton										
Année	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Nombre d'échantillons	218	206	173	164	162	147	151	69	77	
Résultats censurés (%)	92,7	95,6	97,1	94,5	97,5	97,3	97,4	97,1	94,8	
Chair de porc										
Année	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Nombre d'échantillons	426	441	398	394	565	586	589	577	583	591
Résultats censurés (%)	94,6	98,9	98,0	99,2	98,9	98,8	99,0	99,8	99,5	99,3
Chair de poulet										
Année	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Nombre d'échantillons	203	207	212	202	186	184	184	182	164	173
Résultats censurés (%)	93,6	98,1	97,6	96,5	98,9	100,0	100,0	98,9	99,4	100,0

Chair d'équin

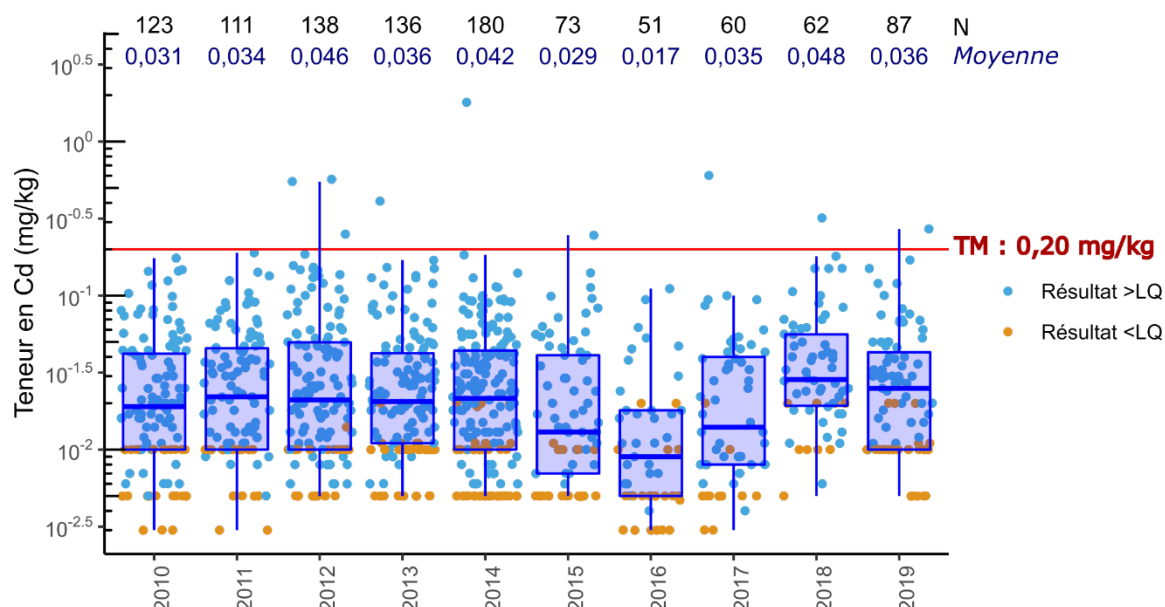
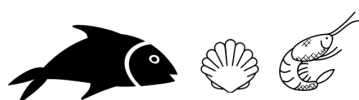


Figure 27 : Distribution annuelle des résultats d'analyse du cadmium dans la viande de cheval. La moyenne indiquée correspond à la moyenne arithmétique. Lorsque les résultats sont inférieurs à la LD ou la LQ, ce sont les valeurs correspondantes des LD et LQ qui sont rapportées. L'échelle est en log10. La teneur maximale en vigueur au cours de la période 2010-2019 est donnée à titre indicatif.

Poissons et fruits de mer



Données de contamination (2017-2019)

Dans l'ensemble, les teneurs en cadmium les plus élevées sont retrouvées dans les mollusques (0,436 mg/kg) et les produits à base de fruits de mer (0,157 mg/kg) (Tableau 23). La concentration maximale rapportée (6,40 mg/kg) correspond à un échantillon de calmar surgelé. À l'inverse, la majorité des analyses de chair de poisson indique des résultats inférieurs aux seuils de quantification, à l'exception du thon, de l'espadon et du maquereau (cf. aussi Annexe 10). Pour ces trois espèces, les teneurs moyennes (UB) sont les plus élevées pour l'espadon (0,106 mg/kg), suivi du thon (0,018 mg/kg) et du maquereau (0,011 mg/kg). Dans le rapport EFSA 2012, les mollusques suivis des crustacés sont également identifiés comme les matrices présentant les teneurs en cadmium les plus élevées dans la catégorie des poissons et fruits de mer. La comparaison ne peut toutefois être poussée plus loin puisque le détail des espèces n'est pas donné. En revanche, le rapport de 2009 indique une teneur moyenne pour la chair d'espadon. Elle s'élève à 0,063 mg/kg, soit un peu plus faible que celle retrouvée ici (0,106 mg/kg).

En 2006, l'Anses a publié les résultats de l'étude Calipso, portant sur les consommations des produits de la mer et l'imprégnation aux éléments-traces et divers polluants de la population adulte de France métropolitaine vivant en zone côtière (Leblanc, 2006). L'échantillonnage avait été conduit en 2004. Les teneurs moyennes en cadmium les plus élevées apparaissaient pour la roussette (0,418 mg/kg), puis la sardine en conserve (0,216 mg/kg), le colin (0,072 mg/kg), l'espadon (0,067 mg/kg), le maquereau

en conserve (0,045 mg/kg), le saint-pierre (0,044 mg/kg) puis la raie (0,039 mg/kg). Hormis le thon, les concentrations moyennes rapportées dans les poissons frais étaient nettement plus faibles que celles retrouvées dans le cadre du présent travail d'un facteur 2 (espadon) à 40 (maquereau) par rapport au scénario LB. Toutefois, les performances analytiques étaient plus basses dans l'étude Calipso (LD à 0,0004 mg/kg et LQ à 0,001 mg/kg), ce qui peut en partie expliquer les différences observées, d'autant que dans les données collectées dans le cadre du GT cadmium, 67,4 % des résultats pour les chairs de poissons étaient censurés. De plus, le nombre d'échantillons prélevés par espèce était beaucoup plus faible.

Il est à noter par ailleurs que l'étude Calipso avait mis en évidence des disparités importantes selon l'origine géographique du poisson, avec des contaminations locales fortes, au Havre par exemple. Ici, les informations qui seraient nécessaires pour établir une comparaison entre zones côtières ne sont pas disponibles.

En ce qui concerne les crustacés, les données permettent d'estimer une teneur moyenne de 0,084 mg/kg pour les crabes (majoritairement des crabes communs de l'espèce *Cancer pagurus*). Le rapport EFSA de 2012 indique une teneur moyenne du même ordre de grandeur pour les crustacés (0,09 mg/kg) mais le détail des espèces de crustacés incluses n'est pas stipulé. Dans l'étude Calipso, les teneurs moyennes variaient de 0,127 mg/kg pour l'étrille à 4,095 mg/kg pour le crabe, ce dernier résultat très élevé s'expliquant par un niveau de contamination important dans un échantillon composite originaire de Lorient (12 mg/kg). Une étude comparative des concentrations en cadmium dans la chair des crabes communs a montré que les concentrations moyennes étaient bien plus élevées dans la chair brune (pleine mer : 15,9 mg/kg ; côtes : 12,8 mg/kg) que blanche (pleine mer : 0,194 mg/kg ; côtes : 0,141 mg/kg), cette dernière étant la seule partie du crabe concernée par la réglementation (Noël, 2011). Ici, cette information n'est pas précisée mais on peut supposer qu'il s'agit majoritairement de chair blanche, puisque celle-ci est davantage consommée et est réglementée.

Dans la sous-catégorie des mollusques, ce sont les amandes de mer qui présentent les teneurs les plus élevées (0,436 mg/kg), suivies des huîtres (0,290 mg/kg), des pétoncles (0,264 mg/kg), des coquilles Saint-Jacques (0,220 mg/kg) et des moules (0,170 mg/kg). Des teneurs ponctuelles élevées (> 2,00 mg/kg) sont observées pour les huîtres (Annexe 10), qui correspondent à des échantillons provenant de l'estuaire de la Gironde. Les teneurs observées ici sont en parfaite concordance avec celles rapportées en 2009 par l'EFSA pour les huîtres (0,292 mg/kg) mais nettement supérieures à celles rapportées par l'étude Calipso, avec des teneurs moyennes respectivement à 0,034 et 0,033 mg/kg pour les huîtres et les moules. Dans cette même étude, parmi les mollusques les plus contaminés figuraient les bulots (0,781 mg/kg), les coquilles Saint-Jacques (0,269 mg/kg) et les bigorneaux (0,189 mg/kg). Dans la présente étude, une concentration similaire est observée pour les coquilles Saint-Jacques¹⁴ (0,220 mg/kg) tandis que les effectifs limités pour les bulots et bigorneaux n'ont pas permis leur exploitation.

Les produits transformés à base de fruits de mer (0,157 mg/kg) présentent des teneurs plus élevées que ceux à base de poisson (0,021 mg/kg) d'un facteur 7 environ. Les concentrations maximales identifiées (1,66 ; 0,970 mg/kg) correspondent à des échantillons de rillettes de crabe. Pour les produits à base de poisson, des disparités importantes sont relevées en fonction des matières premières employées (Annexe 10). Ainsi, les teneurs les plus élevées sont retrouvées pour les anchois en conserve et semi-conserve, le thon en conserve et les sardines. A l'inverse, les analyses effectuées

¹⁴Ici les échantillons de chair décoquillée ou les mollusques entiers ont été regroupés, notamment car cette information n'est pas systématiquement précisée,

sur les saumons et truites fumées révèlent des résultats inférieurs au seuil de quantification dans 96 et 100 % des cas, respectivement.

Tableau 23: Description statistique des concentrations en cadmium (2017-2019) pour la catégorie « Poissons et fruits de mer ». Le détail des sous-catégories est donné en Annexe.

	Effectif total	% censure	Moyenne (arith.)	Écart-type	Moyenne (géo.)	P25	Médiane	P75	P95	Max	Scénario	Nombre de résultats < LD	Étendue LD	Nombre de résultats < LQ	Étendue LQ
Chair de poisson	1036	62	0,018 0,014	0,002	0,011 -	0,005 0,002	0,010 0,005	0,019 0,015	0,040 0,040	1,40	UB LB	10	0,0025-0,01	628	0,0005-0,02
> Cabillauds	42	98	0,008 0,003	-	-	-	-	-	-	0,018	UB LB	-	-	41	0,005-0,02
> Espadons	63	7,9	0,106	0,023	0,057	0,029	0,058	0,099	-	1,40	UB	-	-	5	0,01-0,02
> Lieus	44	100	0,009 0,003	-	-	-	-	-	-	-	UB LB	-	-	44	0,005-0,02
> Loups de mer	57	98	0,007 0,004	-	-	-	-	-	-	0,026	UB LB	3	0,0025-0,01	53	0,005-0,01
> Maigres	26	100	0,009 0,004	-	-	-	-	-	-	-	UB LB	-	-	26	0,005-0,02
> Maquereaux	75	44	0,011 0,009	0,001	0,010 -	0,006 0,002	0,010 0,006	0,014 0,014	-	0,029	UB LB	2	0,005-0,01	31	0,005-0,02
> Merlus	74	99	0,007 0,003	-	-	-	-	-	-	0,015	UB LB	2	0,01	71	0,005-0,02
> Sardines	46	74	0,021 0,016	0,007	0,010 -	0,005 0,00	0,010 0,002	0,010 0,007	-	0,250	UB LB	2	0,003-0,01	32	0,005-0,01
> Saumons	162	95	0,007 0,002	-	-	-	-	-	-	0,019	UB LB	-	-	154	0,0017-0,02
> Thons	376	27	0,018 0,015	0,001	0,015 -	0,010 0,006	0,018 0,015	0,022 0,022	0,031 0,031	0,100	UB LB	1	0,01	101	0,005-0,02
> Truites	71	99	0,009 0,003	-	-	-	-	-	-	0,014	UB LB	-	-	70	0,005-0,02

Tableau 23 (suite)

	Effectif total	% censure	Moyenne (arith.)	Écart-type	Moyenne (géo.)	P25	Médiane	P75	P95	Max	Scénario	Nombre de résultats < LD	Étendue LD	Nombre de résultats < LQ	Étendue LQ
Crustacés	129	37	0,071	0,009	0,026	0,005	0,020	0,096	-	0,670	UB	-	-	48	0,0017-0,02
> Crabes	81	28	0,083	0,013	0,033	0,010	0,028	0,106	-	0,670	UB	-	-	23	0,005-0,02
Mollusques	878	1,1	0,246	0,013	0,164	0,100	0,170	0,276	0,592	6,40	UB	1	0,01	9	0,005-0,02
> Amandes de mer	56	5,4	0,436	0,024	0,354	0,351	0,439	0,553	-	0,770	UB	-	-	3	0,01
> Coquilles Saint-Jacques	78	0,0	0,220	0,020	0,176	0,121	0,181	0,273	-	1,50	UB	-	-	-	-
> Huîtres	334	0,0	0,290	0,023	0,207	0,150	0,200	0,298	0,654	4,19	UB	-	-	-	-
> Moules	281	0,0	0,170	0,008	0,137	0,086	0,136	0,196	0,369	1,10	UB	-	-	-	-
> Pétoncles	48	0,0	0,264	0,064	0,145	0,072	0,135	0,185	-	2,50	UB	-	-	-	-
Produits à base de fruits de mer	51	28	0,157	0,041	0,037	0,005	0,028	0,160	-	1,66	UB	-	-	14	0,005
Produits à base de poisson	1954	41	0,021	0,001	0,012	0,005	0,010	0,018	0,090	0,480	UB	1	0,01	802	0,0017-0,05
			0,019	0,001	-	0,000	0,009	0,018	0,090		LB				
> Anchois en conserve et semi-conserve	79	8,9	0,100	0,010	0,056	0,020	0,090	0,158	-	0,480	UB	-	-	7	0,005-0,01
> Maquereaux en conserve	725	57	0,008	0,000	0,007	0,005	0,005	0,010	0,017	0,110	UB	-	-	410	0,005-0,014
			0,005	0,000	-	0,000	0,000	0,010	0,017		LB				
> Poissons marinés	62	97	0,008	-	-	-	-	-	-	0,039	UB	1	0,01	59	0,005-0,02
			0,004								LB				
> Sardines en conserve	373	11	0,039	0,002	0,025	0,010	0,021	0,062	0,118	0,217	UB	-	-	42	0,005-0,02
> Saumons fumés	176	96	0,007	-	-	-	-	-	-	0,119	UB	-	-	169	0,0017-0,02
			0,002								LB				
> Terrines et rillettes	48	35	0,010	0,001	0,009	0,006	0,010	0,010	-	0,039	UB	-	-	17	0,005-0,01
			0,007	0,001	-	0,000	0,006	0,010			LB				
> Thons en conserve	394	6,9	0,024	0,001	0,017	0,010	0,016	0,028	0,064	0,146	UB	-	-	27	0,005-0,025
> Truites fumées	36	100	0,005	-	-	-	-	-	-	-	UB	-	-	36	0,005-0,01

Indicateurs sanitaires (2010-2019)

Le Règlement (CE) n°1881/2006 puis le règlement n°2023/915 ont défini des teneurs maximales pour les poissons, crustacés et mollusques (bivalves et céphalopodes) non transformés. Ces teneurs dépendent des espèces pour les poissons et varient entre 0,050 mg/kg pour divers poissons et 1,0 mg/kg pour les mollusques bivalves et céphalopodes. Ces teneurs sont inchangées depuis 2014 (Tableau 24). Le thon (49/ 2 356) et les huîtres (46/ 1 191) apparaissent comme les produits présentant le plus de résultats supérieurs aux teneurs réglementaires.

Tableau 24: Détail des résultats bruts atteignant ou dépassant les teneurs réglementaires sur la période 2010-2019.

	Nombre d'échantillons analysés (2010-2019)	Valeurs brutes $\geq$ TM	Étendue des résultats dépassant la TM (mg/kg)	Détail
Abats de poisson	5	-	-	-
Chair de poisson	5070	72	0,05-1,4	Chair de thon (49) , de saumon (9), d'espadon (7), de sardine (2), de makaira (2), de tilapias et similaires sans précision (1), de maquereau (1), de limande (1)
Crustacés	313	7	0,635-4,7	Crabes (7)
Mollusques	3273	57	1,02-6,044	Huîtres (46) , moules (5), pétoncles (4), Saint-jacques (2)

Tendances (2010-2019)

Pour la chair de poisson, des données sont disponibles depuis 2014 pour le saumon fumé (tableau 25). Globalement, la quasi-totalité des résultats d'analyses effectuées entre 2014 et 2019 se situent en-dessous des seuils de quantification.

Des données sont également disponibles depuis 2013 pour le thon (Figure 28). Il est à noter en premier lieu que les performances analytiques sont nettement différentes entre 2015 et 2016, puis de nouveau entre 2017 et 2018. Il est donc peu pertinent de comparer les teneurs moyennes entre elles ni les taux de censure. Aucune analyse statistique n'a ainsi été réalisée. Toutefois, il apparaît que les résultats quantifiés les plus élevés diminuent après 2015. L'analyse reste limitée par la présence de seuils de quantification très élevés avant 2017. Pour les sardines en conserve, des données avec des effectifs comparables sont disponibles depuis 2016 (Figure 29). Les concentrations sont similaires d'une année à l'autre.

Tableau 25 : Pourcentage annuel de résultats censurés (<LQ) pour le saumon fumé

	Saumon fumé					
Année	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Nombre d'échantillons	32	32	102	59	60	57
Résultats censurés (%)	100	100	100	98,3	96,7	93,0

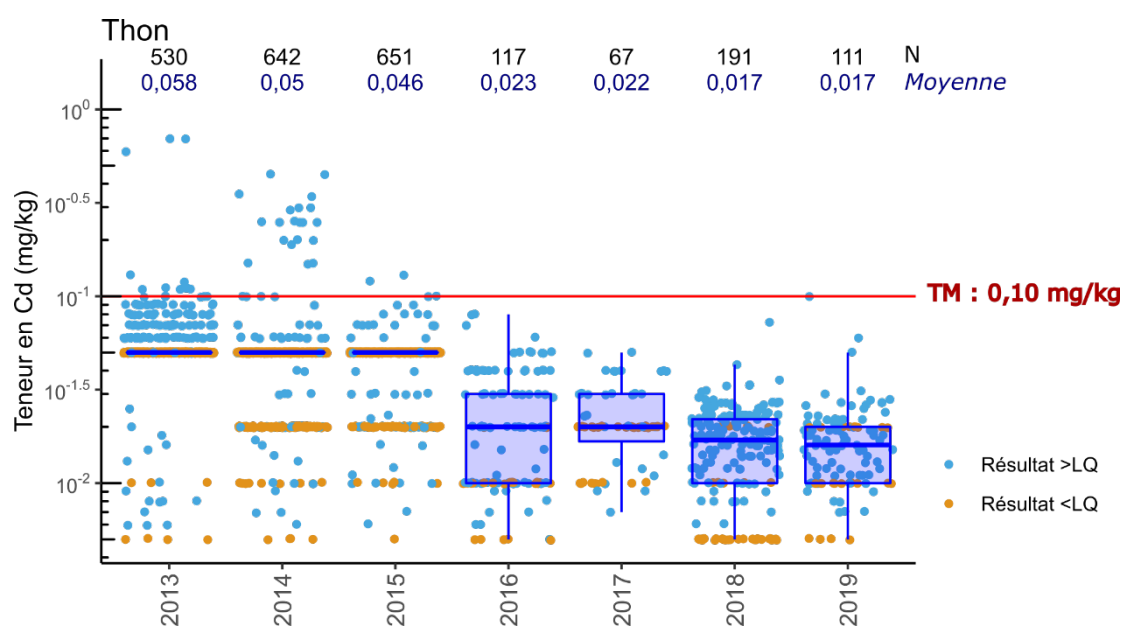


Figure 28 : Distribution annuelle des résultats d'analyse du cadmium dans la chair de thon. Aucun test statistique n'a été appliqué en raison de la non comparabilité des performances analytiques. La moyenne indiquée correspond à la moyenne arithmétique. Lorsque les résultats sont inférieurs à la LD ou la LQ, ce sont les valeurs correspondantes des LD et LQ qui sont rapportées. L'échelle est en log10. La teneur maximale en vigueur au cours de la période 2010-2019 est donnée à titre indicatif.

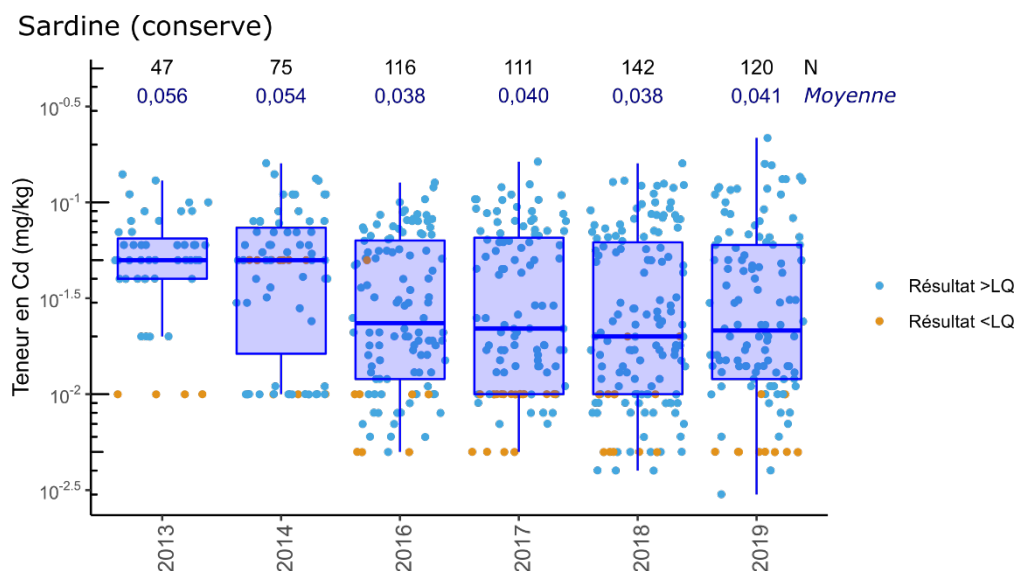


Figure 29: Distribution annuelle des résultats d'analyse du cadmium dans les sardines en conserve. La moyenne indiquée correspond à la moyenne arithmétique. Lorsque les résultats sont inférieurs à la LD ou la LQ, ce sont les valeurs correspondantes des LD et LQ qui sont rapportées. L'échelle est en log10.

Pour les mollusques enfin, des données sont disponibles pour les huîtres et les moules depuis 2010. Pour ces matrices, il serait plus pertinent d'analyser des tendances temporelles **par zone d'échantillonnage**. Bien qu'il faudrait disposer de davantage d'échantillons provenant des mêmes zones pour réaliser cette analyse, une comparaison entre zones côtières, toutes années confondues, est toutefois possible (voir les cartes ci-après).

Ainsi pour les huîtres, aucune différence significative n'est observée entre années (Figure 30) mais l'analyse spatiale des résultats (Figure 31) montre que les échantillons prélevés à trois endroits dans l'estuaire de la Gironde (4,56 ; 2,74 et 1,40 mg/kg) présentent les concentrations moyennes les plus élevées parmi celles observées sur les côtes françaises.

Pour les moules, les résultats de l'année 2019 paraissent sensiblement plus élevés que ceux rapportés entre 2012 et 2014 (Figure 32). Toutefois, des zones différentes ont été échantillonnées chaque année et expliquent probablement ces différences. Ainsi, la figure 33 permet d'observer que les concentrations moyennes les plus élevées sont observées dans l'étang de Bages au sud de Narbonne (0,762 mg/kg), dans la rade de Brest (0,503 mg/kg) et au large d'Ajaccio (0,450 mg/kg).

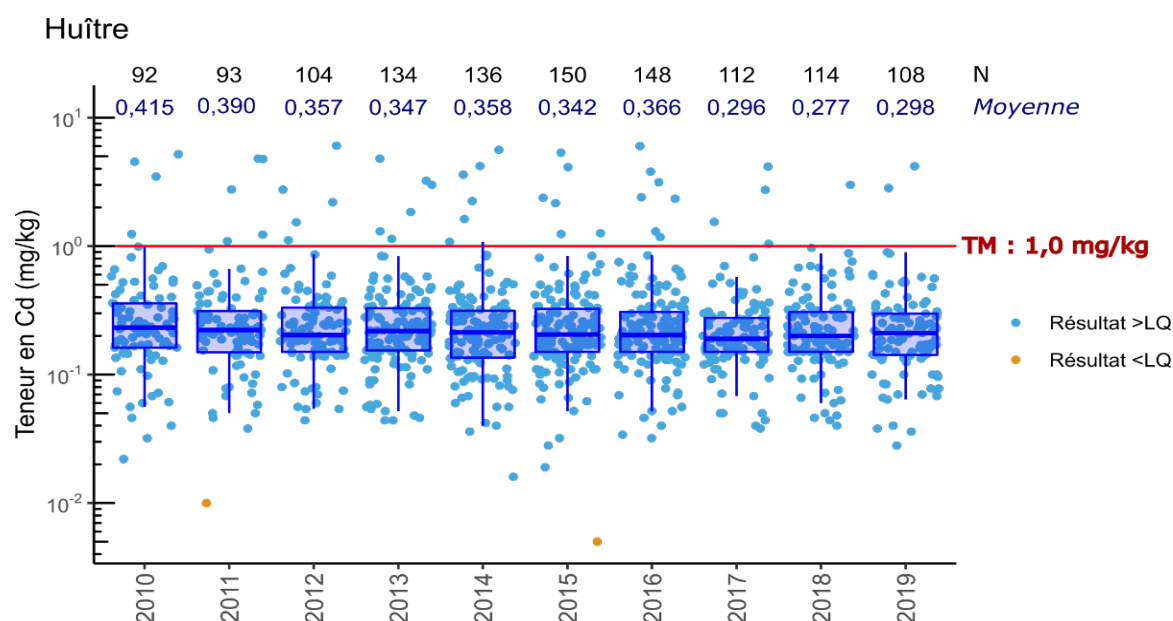


Figure 31 : Distribution annuelle des résultats d'analyse du cadmium dans les huîtres. L'échelle est en log10. La moyenne indiquée correspond à la moyenne arithmétique. Lorsque les résultats sont inférieurs à la LD ou la LQ, ce sont les valeurs correspondantes qui sont rapportées. L'échelle est en log10. La teneur maximale en vigueur entre 201

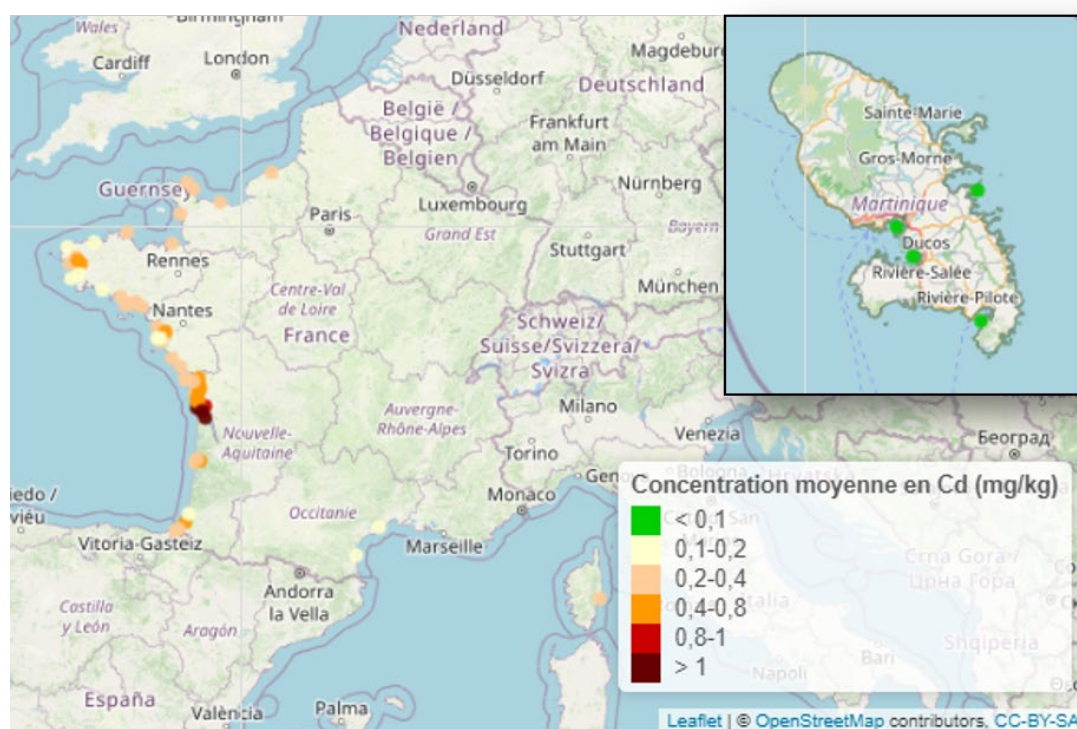


Figure 30 : Concentrations moyennes en cadmium des huîtres prélevées entre 2010-2019 sur le territoire national ou en métropole (Martinique, encart à droite), par zone de prélèvement. Chaque point correspond à la moyenne des prélèvements effectués dans une même zone, avec un minimum de 3 échantillons. Cette carte a été réalisée à partir des données transmises par l'Ifremer.

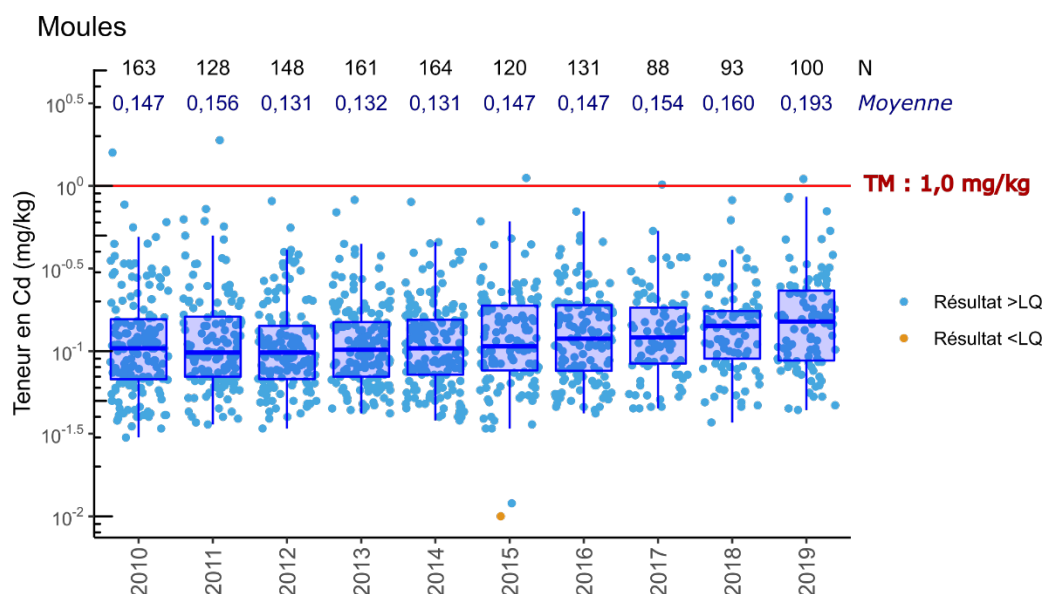


Figure 32 : Distribution annuelle des résultats d'analyse du cadmium dans les moules. L'échelle est en log10. Les résultats des années qui partagent une lettre en commun ne sont pas significativement différents (Anova suivie d'un test de Tukey). La moyenne indiquée correspond à la moyenne arithmétique. Lorsque les résultats sont inférieurs à la LD ou la LQ, ce sont les valeurs correspondantes des LD et LQ qui sont rapportées. La teneur maximale en vigueur entre 2010 et 2019 est donnée à titre indicatif.

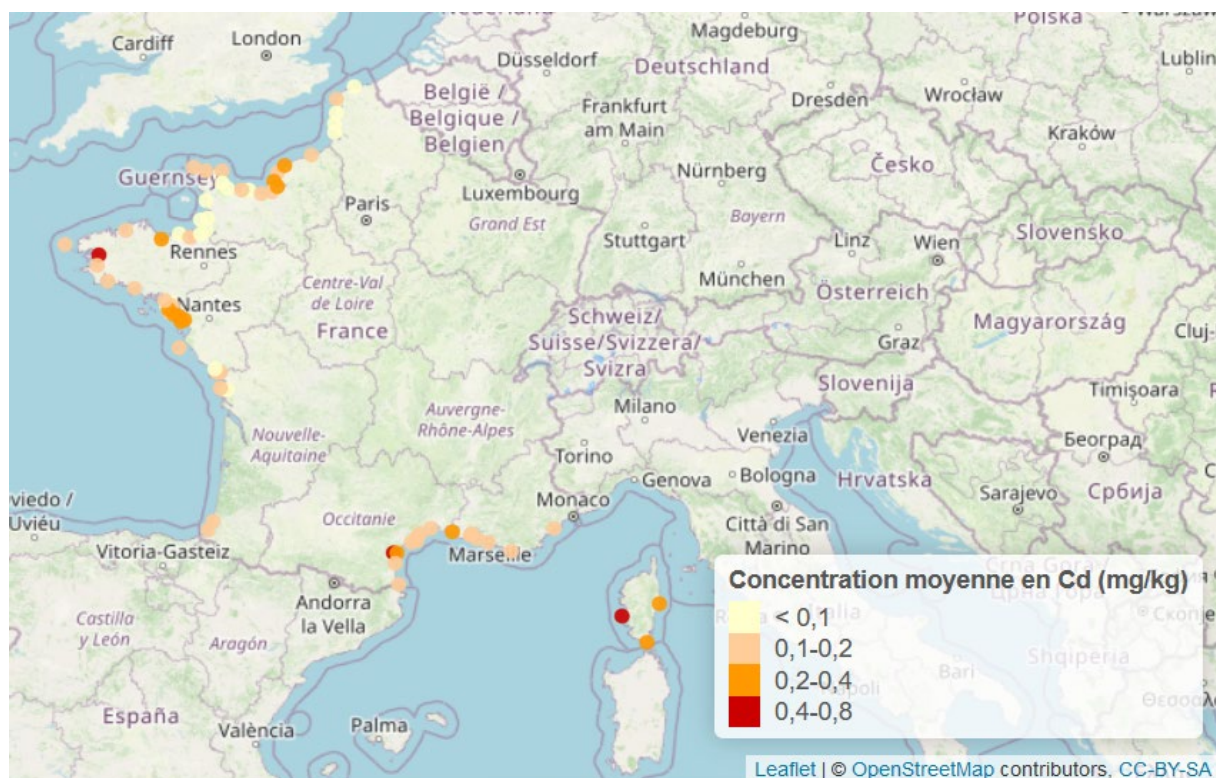
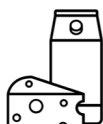


Figure 33 : Concentrations moyennes en cadmium des moules prélevées entre 2010-2019 sur les côtes françaises, par zone de prélèvement. Chaque point correspond à la moyenne des prélèvements effectués dans une même zone, avec un minimum de 3 échantillons. Cette carte a été réalisée à partir des données transmises par l'Ifremer.

Lait et produits laitiers



Données de contamination (2017-2019)

Les produits laitiers sont très peu représentés dans le jeu de données, à l'exception du lait de vache (Tableau 26). Les valeurs des 80 échantillons analysés entre 2017 et 2019 sont toutes inférieures aux limites de quantification renseignées. Dans le rapport EFSA de 2009, sur 7 305 produits laitiers, près de 50 % des résultats d'analyse se situent en-dessous des seuils de détection, confirmant la faible contamination de ces produits.

Indicateurs sanitaires (2010-2019)

Les produits laitiers ne sont pas réglementés vis-à-vis du cadmium dans l'UE. En effet, contrairement au plomb réglementé qui se fixe dans la partie protéique du lait (caséine), le cadmium ne s'associe que faiblement aux protéines du lait et de ce fait il est rarement détecté dans cette matrice (Mata, 1995).

Tableau 26 : Description statistique des concentrations en cadmium (2017-2019) pour la catégorie « Lait et produits laitiers ». Le détail des sous-catégories est donné en Annexe.

	Effectif total	% censure	Moyenne (arith.)	Scénario	Fréquence LD	Étendue LD	Fréquence LQ	Étendue LQ
Lait UHT ½ écrémé	80	100	0,008	UB	-	-	80	0,005-0,01

Tendances (2010-2019)

Les effectifs sont trop faibles pour estimer des tendances depuis 2010. Cependant, aucun échantillon de lait de vache ne dépasse les seuils de quantification au cours de cette période.

Sucres et confiseries (incluant le chocolat)



Données de contamination (2017-2019)

Dans cette catégorie, des données sont exploitables pour les miels ainsi que les produits à base de chocolat (Tableau 27). Les résultats d'analyse de 151 miels au cours de la période 2017-2019 se situent pour près de 95 % d'entre eux en-deçà des seuils de quantification, voire de détection. Même si les teneurs moyennes ne sont pas directement comparables avec les résultats de l'EFSA, puisqu'elles reflètent en réalité la moyenne des LD et LQ, les teneurs moyennes rapportées pour le miel dans le rapport de 2012 sont également très faibles (0,004-0,014 mg/kg).

Les différents produits à base de chocolat présents dans le jeu de données ont été regroupés afin de calculer des estimateurs statistiques. Cette catégorie comprend principalement des tablettes de chocolat mais aussi d'autres produits comme des confiseries chocolatées ou des pâtes à tartiner dont le détail est donné en Annexe. Il est compliqué d'établir des comparaisons avec d'autres résultats puisque les teneurs en cadmium des produits à base de chocolat sont corrélés au pourcentage de cacao et dépendent également de l'origine géographique des fèves de cacao. En effet, il est connu que les

fèves de cacao en provenance d'Amérique Centrale, Amérique du Sud (y compris les Caraïbes) sont plus contaminées que les fèves de cacao d'Afrique, où les sols sont plus anciens, donc plus altérés et moins riches en cadmium (Vanderschueren, 2021). Les valeurs rapportées dans le rapport 2012 de l'EFSA pour les chocolats amers (0,123 mg/kg) et les chocolats doux-amers (0,135 mg/kg) sont toutefois du même ordre que les résultats observés ici pour les tablettes de chocolat noir (0,202 mg/kg). Ces résultats sont cependant plus élevés que ceux rapportés pour l'EAT2 (2007-2009). En effet, pour 30 échantillons de chocolat noir analysés, une moyenne trois fois moins élevée de 0,076 mg/kg est rapportée. Comme précisé précédemment, il faudrait cependant connaître l'origine des cacaos pour établir des comparaisons robustes

Tableau 27 : Description statistique des concentrations en cadmium (2017-2019) pour la catégorie « Sucres et confiseries », incluant le chocolat. Le détail des sous-catégories est donné en Annexe.

	Effectif total	% censure	Moyenne (arith.)	Écart-type	Moyenne (geo.)	P25	Médiane	P75	P95	Max	Scénario	Nombre de résultats < LD	Étendue LD	Nombre de résultats < LQ	Étendue LQ
Miel	151	95	0,003 0,001	-	-	-	-	-	-	0,049	UB LB	94	0,0009-0,001	49	0,0029-0,005
Produits à base de chocolat (cacao)	180	11	0,132	0,018	0,053	0,016	0,048	0,164	0,413	1,80	UB	-	-	19	0,005-0,042
> Chocolat noir	95	2,1	0,202	0,031	0,104	0,045	0,085	0,220	-	1,80	UB	-	-	2	0,038-0,039

Indicateurs sanitaires (2010-2019)

En Europe, les chocolats sont réglementés depuis 2019 en fonction de leur pourcentage en cacao. Ici, seuls les chocolats pour lesquels cette information était connue ont donc pu être confrontés aux teneurs réglementaires (Tableau 28). . Aucun des 20 chocolats constitués d'au moins 50 % de cacao et échantillonnés en 2019 ne dépassait le seuil réglementaire de 0,80 mg/kg. En confrontant les résultats obtenus depuis 2010 aux teneurs réglementaires en application depuis 2019, il apparaît en revanche que six échantillons sur les 109 analysés auraient dépassé ce seuil réglementaire. Pour les chocolats au lait, aucun dépassement n'aurait été observé mais seuls 8 échantillons ont pu être exploités, le pourcentage de cacao n'étant pas renseigné pour plusieurs échantillons.

Tableau 28 : Détail des résultats bruts atteignant ou dépassant les teneurs réglementaires sur la période 2010-2019.

	Nombre d'échantillons analysés (2010-2019)	Valeurs brutes ≥ TM**	Étendue des résultats dépassant la TM** (mg/kg)
Chocolat avec < 50 % de matière sèche totale de cacao; chocolat au lait avec 30 % ou plus de matière sèche totale de cacao*	8	-	-
Chocolat avec 50 % ou plus de matière sèche totale de cacao *	109	6	0,896-1,8

* tablettes ou chocolat de couverture

** ces denrées n'étant pas réglementées avant 2019, elles ont été confrontées aux TM de la version actualisée du règlement CE 1881/2006 du 31/08/2021

Tendances (2010-2019)

Les effectifs annuels des chocolats et miels sont trop faibles pour estimer des tendances temporelles.

Plats composés (comprenant les plats surgelés)



Données de contamination (2017-2019)

Dans la catégorie des plats composés, les teneurs les plus élevées sont observées pour ceux à base de poissons et fruits de mer, suivis de ceux à base de légumes et enfin des plats à base de viandes (Tableau 29). Ces résultats sont cohérents avec ce qui a pu être relevé précédemment pour les matières premières. Pour les plats à base de fruits de mer et poissons, l'EFSA rapporte en 2012 une teneur moyenne de 0,025 mg/kg tandis que dans l'EAT2, une teneur moyenne en cadmium de 0,039 mg/kg est estimée pour les paellas. Ici, les catégories étant particulièrement hétérogènes, il est difficile de les confronter à ces résultats. Dans cette catégorie, les cocktails de fruits de mer présentent les teneurs les plus élevées (0,110-0,940 mg/kg) avec un échantillon de plat à base de riz et fruits de mer (2,70 mg/kg). Pour les plats à base de légumes, l'EFSA fait la distinction entre les plats à base de champignons, haricots, pommes de terre tandis qu'ici tous les légumes cuisinés et plats à base de légumes ont été regroupés sans distinction, afin de gagner en puissance statistique. Les concentrations maximales sont retrouvées dans le présent jeu de données pour les plats à base de champignons et les épinards hachés. Pour les plats à base de viande, les concentrations maximales correspondent à des échantillons de couscous à base de viande, mais il n'est pas possible de conclure sur l'ingrédient majoritairement responsable de la contamination.

Tableau 29 : Description statistique des concentrations en cadmium (2017-2019) pour la catégorie « Plats composés ». Le détail des sous-catégories est donné en Annexe.

	Effectif total	% censure	Moyenne (arith.)	Écart-type	Moyenne (géo.)	P25	Médiane	P75	P95	Max	Scénario	Nombre de résultats < LD	Étendue LD	Nombre de résultats < LQ	Étendue LQ
Plats à base de légumes	374	41	0,014	0,001	0,009	0,005	0,007	0,012	0,045	0,160	UB	-	-	153	0,0017-0,014
			0,012	0,001	-	0,000	0,007	0,012	0,045		LB				
Plats à base de poisson et fruits de mer	82	46	0,107	0,036	0,020	0,005	0,010	0,043	-	2,70	UB	-	-	38	0,005-0,03
Plats à base de viande	72	56	0,010	0,001	0,007	0,005	0,005	0,010			UB	1	0,01	39	0,0017-0,005
			0,007	0,001	-	0,000	0,000	0,010	-	0,049	LB				

Indicateurs sanitaires (2010-2019)

A l'exception de l'alimentation infantile, les plats composés ne sont pas inscrits dans le Règlement (CE) n°1881/2006 ni dans le règlement n°2023/915.

Tendances (2010-2019)

Ces catégories sont trop hétérogènes pour obtenir des comparaisons annuelles robustes.

Produits aux fins nutritionnelles spéciales



Données de contamination (2017-2019)

Les compléments alimentaires à base de plantes, d'algues ou autres ont été regroupés et leur moyenne (UB) est estimée à 0,052 mg/kg (Tableau 30). En 2012, l'EFSA rapportait une concentration moyenne du même ordre (0,077 mg/kg). En revanche, dans ce même rapport, une teneur élevée de 1,514 mg/kg était estimée pour les 413 échantillons de formulations à base d'algues. Dans la saisine consacrée au cadmium dans les algues destinées à l'alimentation humaine, l'Anses rapportait des teneurs moyennes par matière sèche du même ordre de grandeur à la fois dans les macroalgues brunes (1,59 mg/kg), rouges (1,11 mg/kg) et vertes (1,11 mg/kg) après analyse des données issues des PS/PC (Anses, 2020 b). Ici, la teneur moyenne retrouvée est beaucoup plus faible (0,074 mg/kg). La concentration maximale (0,566 mg/kg) est observée pour un échantillon de formulation à base d'algues sans précision de l'espèce.

Indicateurs sanitaires (2010-2019)

Le Règlement (CE) n°1881/2006 fixe une teneur réglementaire de 3,0 mg/kg pour les compléments à base d'algues ou de bivalves et 1,0 mg/kg pour les autres formulations. Sur les 91 compléments à base d'algues, aucun dépassement n'est observé (Tableau 31). Quelques dépassements ponctuels sont en revanche identifiés pour des formulations à base de plantes et d'autres suppléments mais le jeu de données ne contient pas plus d'informations sur la composition de ces produits.

Tendances (2010-2019)

Ces catégories sont trop hétérogènes ou bien les effectifs annuels sont trop faibles pour obtenir des comparaisons annuelles robustes.

Tableau 30 : Description statistique des concentrations en cadmium (2017-2019) pour la catégorie « Produits aux fins nutritionnelles spéciales ». Le détail des sous-catégories est donné en Annexe.

	Effectif total		% censure	Moyenne (arith.)	Écart-type	Moyenne (géo.)	P25	Médiane	P75	Max	Scénario	Nombre de résultats <LD	Étendue LD	Nombre de résultats <LQ	Étendue LQ
Compléments alimentaires	88	60	0,052	0,010	0,019	0,008	0,016	0,043		UB					
			0,045	0,011	-	0,000	0,000	0,042	0,566	LB	37	0,002-0,025	16	0,008-0,043	
> Formulations à base d'algues	41	51	0,074	0,019	0,031	0,008	0,027	0,069		UB					
			0,065	0,020	-	0,000	0,000	0,069	0,566	LB	11	0,008-0,013	10	0,008-0,043	

Tableau 31 : Détail des résultats bruts atteignant ou dépassant les teneurs réglementaires sur la période 2010-2019.

	Nombre d'échantillons analysés (2010-2019)	Valeurs brutes ≥ TM	Etendue des résultats dépassant la TM (mg/kg)	Détail
Compléments alimentaires autres	342	6	1,53-13,3	Formulations à base de plantes (4), mélanges de compléments (1), suppléments minéraux (1)
Compléments alimentaires composés exclusivement ou principalement d'algues marines séchées ou de produits issus d'algues marines	91	-	-	

Alimentation infantile



Données de contamination (2017-2019)

L'alimentation infantile est très peu représentée dans le jeu de données. Seules les données pour les repas prêts-à-consommer destinés aux nourrissons ont pu être exploitées (Tableau 32). Dans cette catégorie ont été regroupés les plats préparés, les soupes, mais aussi les compotes pour enfants en bas-âge. La teneur moyenne (UB) est faible et estimée à 0,008 mg/kg, avec 50,7 % de résultats censurés. La composition précise de ces repas n'est pas connue pour la majorité des produits et il est difficile d'établir des comparaisons, bien que l'EATi comme le rapport EFSA 2012 rapportent des teneurs moyennes faibles pour l'alimentation infantile. Dans l'EATi, les teneurs moyennes en cadmium estimées pour les potages, soupes et petits pots oscillent entre 0,0074 mg/kg (potages et purées) et 0,0093 mg/kg (pots de légumes, viande et poisson) et sont similaires aux teneurs observées ici. Toujours dans l'EATi, les concentrations moyennes les plus élevées étaient rapportées pour les pommes de terre et apparentés (0,025 mg/kg) et les biscuits (0,022 mg/kg). Ici, la concentration maximale (0,023 mg/kg) est observée pour un repas mixte à base de céréales.

Indicateurs sanitaires (2010-2019)

L'alimentation infantile fait l'objet d'une réglementation spécifique depuis 2015. Aucun dépassement n'est observé entre 2015 et 2019. En confrontant les résultats obtenus entre 2010 et 2014 à ces valeurs, aucun dépassement n'aurait été retrouvé non plus sur cette période (Tableau 33). Les effectifs sont cependant faibles et plusieurs produits n'ont pu être exploités du fait d'informations lacunaires sur leur composition. Notamment, il n'était pas toujours précisé si les préparations étaient sous forme liquide ou sous forme de poudre, ou encore si elles contenaient des protéines végétales ou animales.

Tendances (2010-2019)

Les effectifs sont trop faibles pour obtenir des comparaisons annuelles robustes.

Tableau 32 : Description statistique des concentrations en cadmium (2017-2019) pour la catégorie « Alimentation infantile ». Le détail des sous-catégories est donné en Annexe 10.

	Effectif	total	% censure	Moyenne (arith.)	Écart-type	Moyenne (géo.)	P25	Médiane	P75	Max	Scénario	Nombre de résultats < LD	Étendue LD	Nombre de résultats < LQ	Étendue LQ
Repas prêt-à-consommer pour nourrissons et enfants en bas âge	73	51	0,008	0,001	0,006	0,005	0,007	0,011		UB	12	0,002	25	0,003-0,019	
			0,005	0,001	0,00	0,00	0,00	0,010		LB					

Tableau 33 : Détail des résultats bruts atteignant ou dépassant les teneurs réglementaires sur la période 2010-2019.

	Nombre d'échantillons analysés (2010-2019)	Valeurs brutes ≥ TM
Préparations pour enfants en bas âge commercialisées sous forme de poudre et fabriquées à partir d'isolats de protéines végétales, autres que les isolats de protéines de soja, seuls ou mélangés à des protéines de lait de vache	1	-
Préparations pour nourrissons commercialisées sous forme de poudre et fabriquées à partir de protéines de lait de vache ou d'hydrolysats de protéines de lait de vache	5	-
Préparations pour nourrissons commercialisées sous forme de liquide et fabriquées à partir de protéines de lait de vache ou d'hydrolysats de protéines de lait de vache	8	-
Préparations à base de céréales et aliments pour bébés destinés aux nourrissons et aux enfants en bas âge	196	-

c. Résultats par catégorie alimentaire : Alimentation animale

Dans cette section, les résultats ont également été présentés en prenant la catégorie alimentaire comme entrée, afin de faciliter leur lecture. Elle comporte, pour chaque catégorie alimentaire :

- Une description statistique des résultats les plus récents, *via* un premier tableau rassemblant divers estimateurs, permettant de décrire les données de contamination de la période 2017-2019 : effectifs, moyennes, médianes, écarts-types, valeurs aux 25^e, 75^e et 95^e percentiles, valeurs maximales quantifiées, taux de censure et amplitudes des limites de détection et quantification. Bien que des scénarios UB et LB aient été réalisés, seul le scénario UB est présenté lorsque les deux scénarios donnaient des résultats similaires. Les moyennes arithmétiques et géométriques sont présentées. Pour chaque catégorie d'aliments, la concentration maximale observée et la teneur moyenne maximale calculée ont été indiquées en rouge. Une représentation graphique est également proposée en annexe 10 pour les matrices présentant au moins 25 résultats quantifiés. Les résultats ont été confrontés dans la mesure du possible à ceux rapportés par l'EFSA dans son évaluation de risque de 2004 relative à la présence de cadmium dans l'alimentation animale (EFSA, 2004). Toutefois le nombre de matrices analysées y est limité.

Remarque : Dans chacun des tableaux, les calculs ont été réalisés pour chaque matrice dans la mesure du possible (couleurs claires), puis pour chaque grande catégorie d'aliments (correspondant à la nomenclature H2 utilisée dans la Directive (CE) n°2002/32). Le détail des matrices incluses dans chaque catégorie est indiqué dans le tableau en Annexe 9.

- Une représentation graphique des évolutions annuelles des concentrations en cadmium, lorsque cela était possible. Seul le scénario UB est présenté puisque les tendances observées en utilisant un scénario LB étaient similaires.

Il n'a pas été possible d'estimer les non-conformités ni même de confronter les résultats bruts aux teneurs réglementaires fixées par la Directive (CE) n°2002/32. En effet, les teneurs fixées s'appliquent pour une teneur en humidité de 12 %, or cette information ne figurait pas clairement dans les différents jeux de données. Enfin, une synthèse de l'ensemble de ces résultats est présentée dans une conclusion commune avec l'alimentation humaine.

Additifs



Données de contamination (2017-2019)

Dans la catégorie des additifs, les teneurs moyennes les plus élevées sont observées pour les oxydes de manganèse (2,96 mg/kg) et les sulfates de zinc (1,36 mg/kg) (Tableau 34). Toutefois, ce sont les oxydes de manganèse et zinc qui présentent les concentrations individuelles les plus élevées (Annexe 10). La concentration maximale en cadmium s'élève à 23,2 mg/kg et correspond à un échantillon d'oxyde de manganèse en provenance de Géorgie. A titre informatif, les oxydes de manganèse sont réglementés à hauteur de 30 mg/kg et les sulfates de zinc à 10 mg/kg.

Tableau 34 : Description statistique des concentrations en cadmium (2017-2019) pour la catégorie « Additifs ».

	Effectif total	% censure	Moyenne (arith.)	Écart-type	Moyenne (géo.)	P25	Médiane	P75	P95	Max	Scénario	Nombre de résultats < LD	Étendue LD	Nombre de résultats < LQ	Étendue LQ
Additifs appartenant au groupe fonctionnel des composés d'oligo-éléments : oxyde de cuivre, oxyde manganèse, oxyde de zinc et sulfate manganèse monohydrate	611	0,3	1,94	0,122	0,931	0,500	0,600	2,44	7,14	23,2	UB	-	-	2	0,2-0,5
> Oxyde de manganèse	250	0,0	2,96	0,213	1,76	0,678	2,20	3,67	8,38	23,2	UB	-	-	-	-
> Oxyde de zinc	220	0,0	1,34	0,203	0,546	0,250	0,500	0,800	5,54	21,0	UB	-	-	-	-
> Sulfate de manganèse	141	1,4	1,06	0,127	0,694	0,500	0,500	1,00	-	11,5	UB	-	-	2	0,2-0,5
Additifs appartenant au groupe fonctionnel des composés d'oligo-éléments hors ceux listés ci-dessus	611	0,5	0,769	0,039	0,421	0,200	0,500	0,900	2,85	9,50	UB	-	-	3	0,02-0,5
> Glycinate de zinc	32	0,0	0,674	0,158	0,366	0,178	0,409	0,613	-	4,50	UB	-	-	-	-
> Iodate de calcium	51	0,0	0,193	0,017	0,145	0,190	0,200	0,200	-	0,500	UB	-	-	-	-
> Sulfate de cuivre	212	0,5	0,746	0,045	0,530	0,318	0,500	1,17	1,76	5,00	UB	-	-	1	0,2
> Sulfate de fer	160	1,2	0,424	0,070	0,212	0,100	0,210	0,500	0,500	9,50	UB	-	-	2	0,02-0,5
> Sulfate de zinc	156	0,0	1,36	0,100	0,907	0,500	0,566	2,06	-	5,66	UB	-	-	-	-
Additifs appartenant au groupe fonctionnel des liants et des antimottants	364	2,7	0,277	0,012	0,180	0,100	0,200	0,500	0,709	1,50	UB	-	-	10	0,01-0,2
> Argile	314	3,2	0,275	0,014	0,178	0,100	0,200	0,500	0,800	1,50	UB	-	-	10	0,01-0,2
> Zeolithe	50	0,0	0,289	0,028	0,195	0,105	0,200	0,500	-	0,500	UB	-	-	-	-
Vitamines et pro-vitamines (chlorure de choline)	37	11	0,053 0,050	0,009 0,009	0,038 -	0,020 0,020	0,049 0,048	0,050 0,050	- 0,2	0,200 LB	UB LB	3	0,02	1	0,066

Tendances (2010-2019)

Des données de contamination sont disponibles pour les oxydes de manganèse et zinc depuis 2012 (Figures 34 et 35). Aucune évolution significative ne peut être mise en évidence entre 2012 et 2019 pour ces deux matrices, même si quelques valeurs particulièrement élevées (> 10 mg/kg) ont été observées en 2018 et 2019 pour ces deux produits.

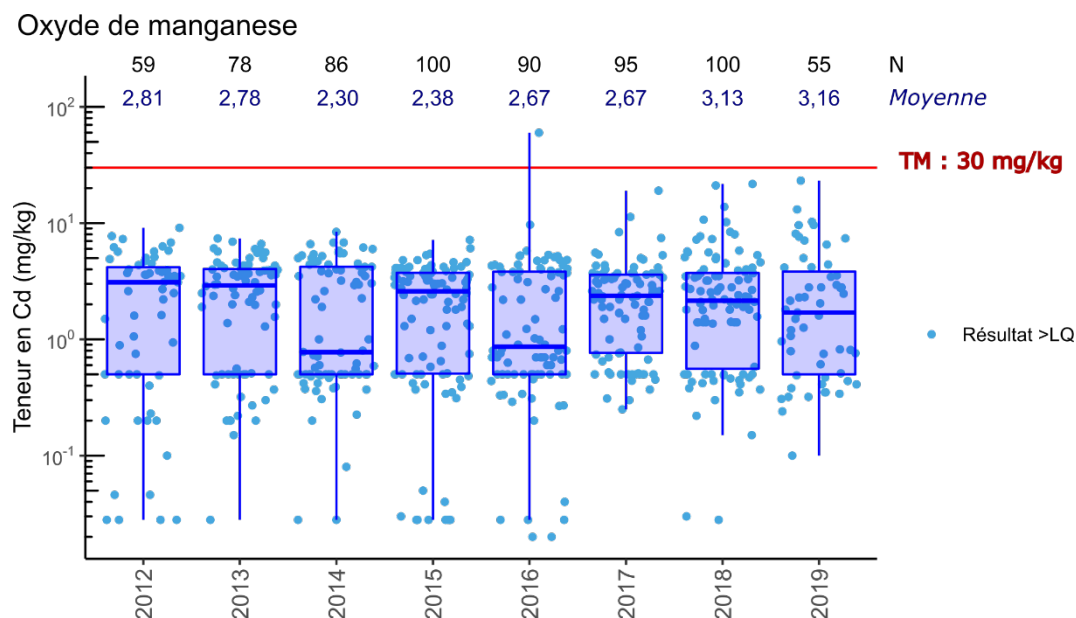


Figure 34 : Distribution annuelle des résultats d'analyse du cadmium pour les oxydes de manganèse. La moyenne indiquée correspond à la moyenne arithmétique. Lorsque les résultats sont inférieurs à la LD ou la LQ, ce sont les valeurs correspondantes des LD et LQ qui sont rapportées. L'échelle est en log10. La teneur maximale en vigueur entre 2010 et 2019 est donnée à titre indicatif.

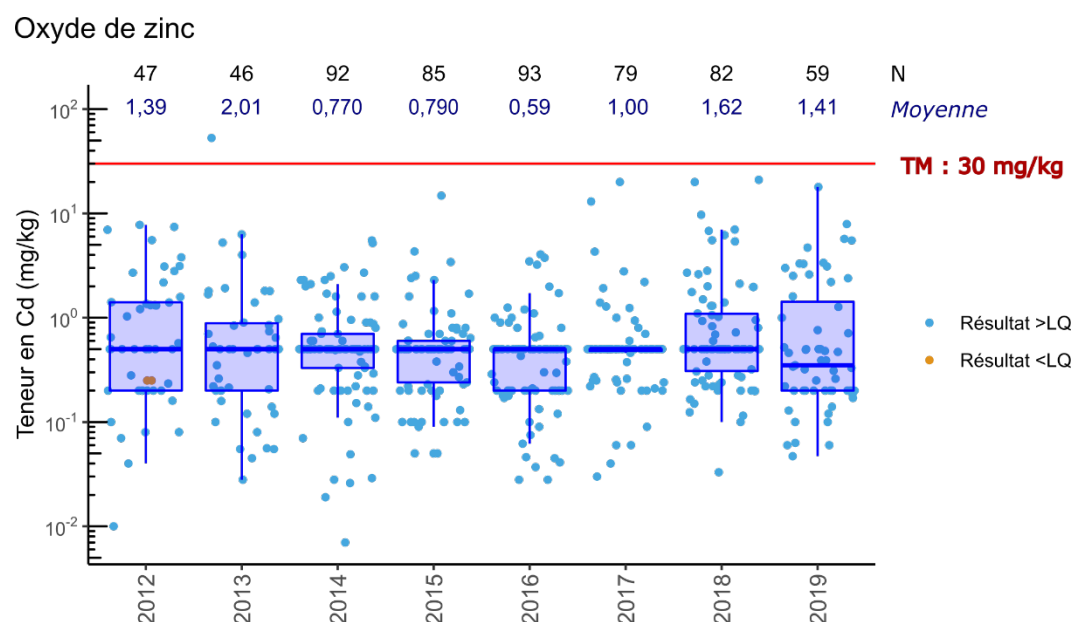


Figure 35 : Distribution annuelle des résultats d'analyse du cadmium dans les oxydes de zinc. La moyenne indiquée correspond à la moyenne arithmétique. Lorsque les résultats sont inférieurs à la LD ou la LQ, ce sont les valeurs correspondantes des LD et LQ qui sont rapportées. L'échelle est en log10. La teneur maximale en vigueur entre 2010 et 2019 est donnée à titre indicatif.

Aliments complets et complémentaires



Dans cette catégorie, très peu d'informations étaient renseignées quant à la composition exacte des produits. Les moyennes ont donc été calculées à un niveau agrégé (Tableau 35). Les teneurs moyennes maximales observées correspondent aux aliments complémentaires pour bovin (0,102 mg/kg). Les teneurs sont similaires entre les différents aliments complets (porcs, ruminants, volaille) et oscillent entre 0,069 et 0,089 mg/kg (UB). La concentration maximale rapportée s'élève à 0,330 mg/kg et correspond à un aliment complet pour poulet de chair. Dans le rapport EFSA de 2004, des teneurs comprises entre 0,160 et 0,190 mg/kg sont rapportées pour les aliments complets pour volaille mais les effectifs sont faibles (8-33). Pour les porcs, ces concentrations varient entre 0,090 et 0,160 mg/kg, et enfin pour les aliments à destination des ruminants une moyenne de 0,110 mg/kg est rapportée. Ces moyennes sont plus élevées que les résultats obtenus ici, même si la comparaison est limitée par le manque d'informations sur les produits couverts par chacune de ces catégories.

Données de contamination (2017-2019)

Tableau 35 : Description statistique des concentrations en cadmium (2017-2019) pour la catégorie « Aliments complets et complémentaires ».

	Effectif total	% censure	Moyenne (arith.)	Écart-type	Moyenne (géo.)	P25	Médiane	P75	p95	Max	Scénario	Nombre de résultats < LD	Étendue LD	Nombre de résultats < LQ	Étendue LQ
Aliments complémentaires pour bovins	62	19	0,102	0,007	0,085	0,066	0,084	0,150	-	0,210	UB	5	0,01-0,02	7	0,03-0,066
Aliments complets	225	30	0,082	0,003	0,074	0,052	0,071	0,100	0,149	0,330	UB	2	0,01-0,02	66	0,03-0,12
			0,072	0,003	-	0,025	0,071	0,100	0,149		LB				
> Aliments complets pour porcs	73	38	0,069	0,003	0,065	0,051	0,062	0,087	-	0,147	UB	-	-	28	0,03-0,12
			0,056	0,004	-	0,025	0,054	0,082	0,113		LB				
> Aliments complets pour ruminants	31	36	0,088	-	-	-	-	-	-	0,223	UB	1	0,01	10	0,046-0,066
			0,079	-	-	-	-	-	-		LB				
> Aliments complets pour volaille	121	24	0,089	0,004	0,079	0,063	0,085	0,107	-	0,330	UB	1	0,02	28	0,03-0,066
			0,080	0,005	-	0,041	0,085	0,107	0,157		LB				

Tendances (2010-2019)

Seuls les aliments complets pour volaille présentaient assez de données annuelles pour être exploitées (Figure 36). Aucune évolution significative n'est identifiée, mais les effectifs sont faibles.

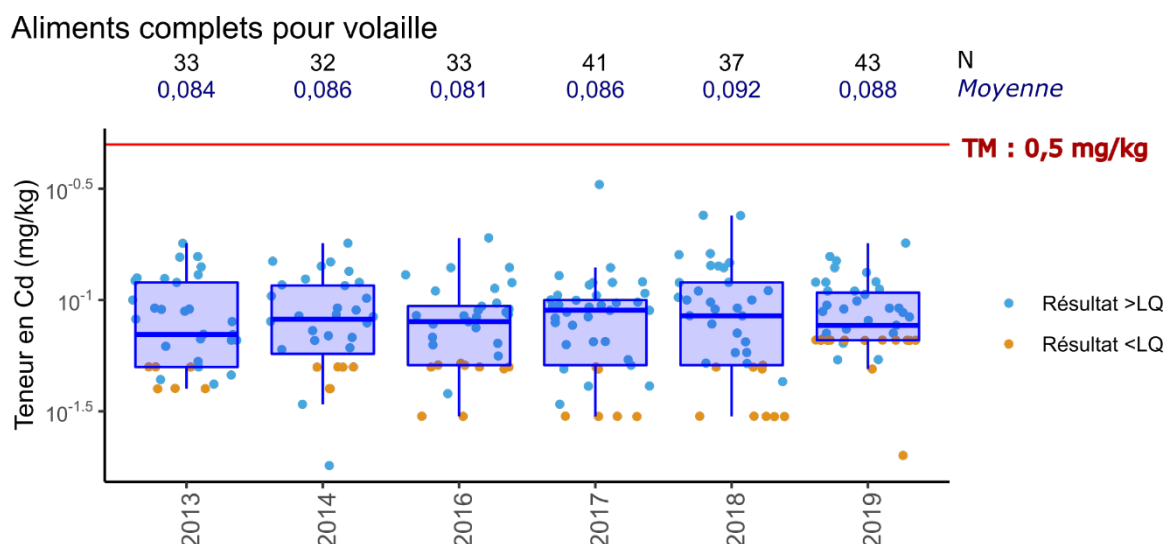


Figure 36 : Distribution annuelle des résultats d'analyse du cadmium dans les aliments complets pour volaille. La moyenne indiquée correspond à la moyenne arithmétique. Lorsque les résultats sont inférieurs à la LD ou la LQ, ce sont les valeurs correspondantes des LD et LQ qui sont rapportées. La teneur maximale en vigueur entre 2010 et 2019 est donnée à titre indicatif.

Matières premières



Données de contamination (2017-2019)

Le tableau 36 indique les teneurs moyennes estimées pour les matières premières d'origine minérale et végétale. En ce qui concerne les résultats relatifs aux céréales brutes non transformées ou les oléoprotéagineux (en dehors des tourteaux) transmis par des dispositifs de surveillance non spécifiques de l'alimentation animale, ils n'apparaissent pas dans cette partie car ils ont été traités dans la partie relative à l'alimentation humaine, en l'absence de certitude quant à la destination de ces produits.

Pour les matières minérales, qui présentent les teneurs moyennes les plus élevées, le phosphate calcique est identifié comme le produit le plus fortement contaminé (4,39 mg/kg). Le carbonate de calcium constitue la matrice avec la teneur moyenne la plus élevée (0,022 mg/kg) dans la catégorie des matières minérales non phosphatées. Au sein des matières premières végétales, les teneurs varient d'un facteur 20, entre la matrice avec la concentration moyenne la plus basse (0,021 mg/kg – tourteau de palme et palmiste) et la plus haute (0,535 mg/kg – tourteau de tournesol). Parmi les tourteaux, en cohérence avec ce qui est observé pour les graines oléagineuses, ce sont les tourteaux de tournesol qui présentent les plus fortes concentrations.

Dans le rapport EFSA de 2004, des concentrations moyennes de 0,14 mg/kg et 0,41 mg/kg sont rapportées respectivement pour la pulpe de betterave et les tourteaux de tournesol. La concentration moyenne estimée pour la pulpe de betterave correspond au double de cette valeur dans les données

transmises (0,336 mg/kg). Toutefois, seuls 12 échantillons ont permis d'estimer cette moyenne dans le rapport EFSA. Ce dernier dispose en revanche d'un grand échantillonnage de plantes fourragères (n=2 761) pour lesquelles une moyenne globale de 0,32 mg/kg est rapportée. Ici, sur 40 échantillons, une moyenne du même ordre de grandeur est estimée (0,205 mg/kg). Les données EFSA indiquent cependant que des variations existent entre les différents produits fourragers, les moyennes oscillant entre 0,09 mg/kg pour de l'herbe ensilée et 0,73 mg/kg pour du foin, des disparités de teneurs qui peuvent notamment s'expliquer compte tenu des différences de taux d'humidité entre ces produits. Ici, toute matrice végétale confondue, la concentration maximale est retrouvée pour un échantillon d'herbe de pâture (3,70 mg/kg).

Tableau 36 : Description statistique des concentrations en cadmium (2017-2019) pour la catégorie « Matières premières d'origine minérale et végétale ».

	Effectif total	% censure	Moyenne (arith.)	Écart-type	Moyenne (géo.)	P25	Médiane	P75	P95	Max	Scénario	Nombre de résultats < LD	Étendue LD	Nombre de résultats < LQ	Étendue LQ
Matières premières des aliments pour animaux d'origine minérale : phosphates	236	1,7	4,33	0,217	1,93	0,360	4,91	7,21	9,15	9,91	UB	-	-	4	0,004-0,8
> Phosphate calcique	205	2,0	4,40	0,246	1,83	0,347	5,80	7,45	9,22	9,91	UB	-	-	4	0,004
> Phosphate magnésique	31	0,0	3,93	0,275	2,80	3,50	4,38	-	-	6,10	UB	-	-	-	-
Matières premières des aliments pour animaux d'origine minérale hors phosphates	380	18	0,185	0,019	0,096	0,047	0,110	0,200	0,500	6,72	UB	3	0,0033-0,01	66	0,005-0,2
			0,176	0,019	-	0,020	0,100	0,200	0,500	6,72	LB				
> Bicarbonate de sodium	38	58	0,054	-	-	-	-	-	-	0,500	UB	1	0,01	21	0,005-0,1
			0,039								LB				
> Carbonate de calcium	203	7,4	0,223	0,034	0,147	0,100	0,200	0,220	0,500	6,72	UB	-	-	15	0,01-0,2
> Magnesie	39	82	0,044	-	-	-	-	-	-	0,200	UB	2	0,0033-0,001	30	0,01-0,2
			0,010								LB				
> Oxyde de magnésium	70	0,0	0,183	0,025	0,100	0,048	0,200	0,200	-	1,40	UB	-	-	-	-
> Sulfate de magnésium	30	0,0	0,283	0,039	0,157	0,063	0,200	-	-	0,500	UB	-	-	-	-
Matières premières des aliments pour animaux d'origine végétale	981	8,4	0,219	0,009	0,107	0,053	0,082	0,360	0,731	3,70	UB	29	0,0025-0,05	53	0,0025-0,12
> Aliments à base d'algues*	51	2,0	0,257	0,034	0,143	0,081	0,200	0,390	-	1,29	UB	1	0,02	-	-
> Levures et coproduits de levurerie**	34	27	0,047	0,014	0,028	0,011	0,030	0,050	-	0,500	UB	8	0,01-0,02	1	0,03
			0,043	0,015	-	0,001	0,025	0,050	0,087	0,500	LB				
> Luzerne	49	6,1	0,062	0,004	0,056	0,046	0,060	0,070	-	0,140	UB	-	-	3	0,01-0,066
> Plantes fourragères***	40	40	0,205	0,092	0,085	0,048	0,064	0,142	-		UB	2	0,01-0,02	14	0,03-0,066
			0,194	0,093	-	0,024	0,062	0,142	0,378	3,70	LB				
> Pulpe de betterave	88	3,4	0,336	0,015	0,285	0,229	0,353	0,430	-	0,731	UB	-	-	3	0,01-0,066
> Son de blé	57	11	0,082	0,004	0,075	0,066	0,080	0,099	-	0,194	UB	2	0,02	4	0,01-0,066
> Tourteaux de colza	260	2,7	0,083	0,004	0,074	0,070	0,076	0,085	0,110	0,700	UB	3	0,0025	4	0,01-0,1
> Tourteaux de palme et palmiste	66	9,1	0,021	0,001	0,020	0,020	0,020	0,027	-		UB	3	0,005	3	0,01-0,028
			0,020	0,001	-	0,019	0,020	0,026	0,034	0,036	LB				
> Tourteaux de soja	96	28	0,038	0,004	0,025	0,012	0,022	0,055	-		UB	9	0,005-0,05	18	0,01-0,12
			0,031	0,004	-	0,010	0,019	0,032	0,110	0,320	LB				
> Tourteaux de tournesol	240	1,7	0,535	0,015	0,458	0,362	0,530	0,703	0,898	1,22	UB	1	0,005	3	0,0025-0,1

* Algues calcaires (30), spiruline (10), algue sans précision (6), Ascophyllum (3), algues rouges (1), algue brune (1)

** Levure et produit similaire (22), levures de bière (12)

*** Fourrage sans précision (19), herbe de pâturage (5), blé fourrager (2) *Miscanthus* (1), ray grass (1), découpes de haricots verts (1)

Tendances (2010-2019)

Des données sont disponibles pour le phosphate bicalcique et monocalcique depuis 2010 (Figure 37). Cependant, elles sont difficilement interprétables car l'exploitation des données fait apparaître deux sous-groupes d'échantillons : un premier avec des valeurs basses, inférieures à 1,0 mg/kg, et un second qui présente à l'inverse des concentrations très élevées (2-11 mg/kg), aussi bien pour le phosphate monocalcique que bicalcique. Les données ont été croisées avec les informations géographiques disponibles dans le jeu de données (pays d'importation), mais ce paramètre ne permet pas d'expliquer cette distribution. Pourtant, l'origine géographique du phosphate influe fortement sur le niveau de sa contamination en cadmium, des concentrations inférieures à 10 mg Cd/kg de phosphate étant retrouvées dans les mines les moins contaminées contre plus de 50 mg Cd/kg de phosphate pour les plus polluées (Schröder, 2010). Une hypothèse serait que le pays d'importation indiqué dans le jeu de données ne renseigne pas nécessairement sur le pays d'origine de la matière première, ce dernier pouvant peut-être expliquer ces écarts de concentrations.

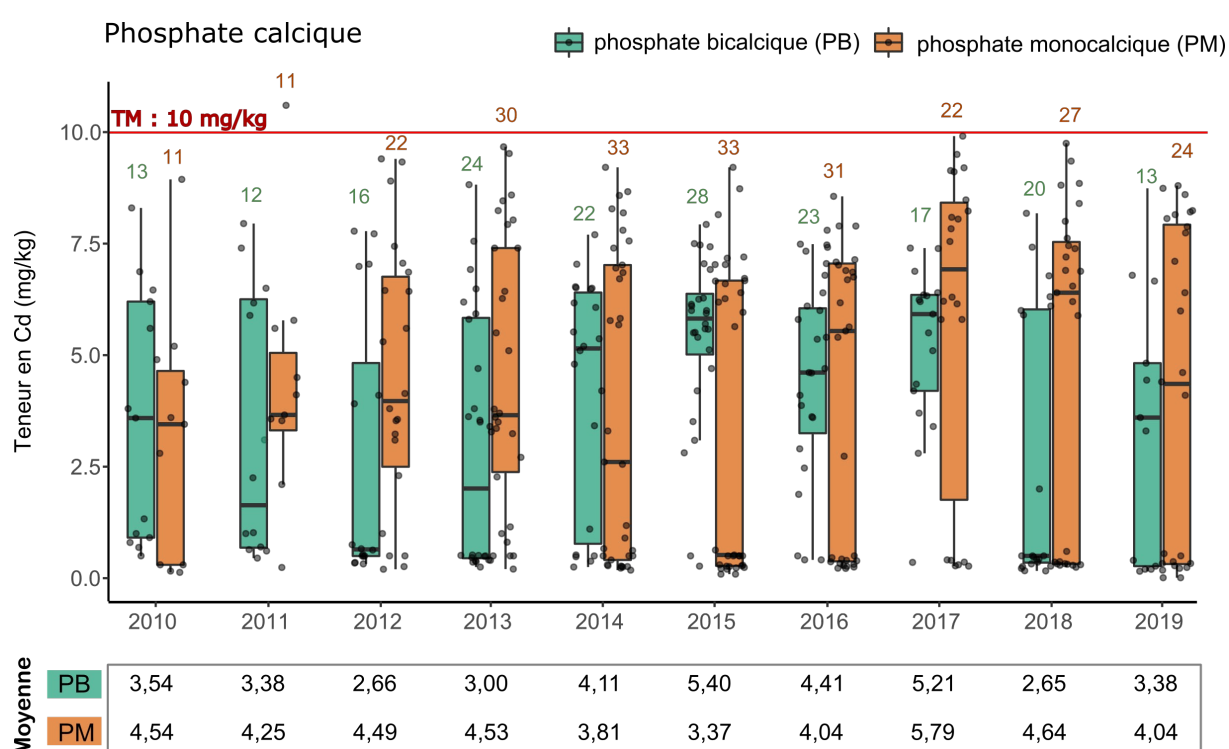


Figure 37 : Distribution annuelle des résultats d'analyse du cadmium dans les phosphates calciques. La moyenne indiquée correspond à la moyenne arithmétique, le nombre d'échantillons est indiqué au-dessus de chaque boîte à moustache. Lorsque les résultats sont inférieurs à la LD ou la LQ, ce sont les valeurs correspondantes des LD et LQ qui sont rapportées. La teneur maximale en vigueur entre 2010 et 2019 est donnée à titre indicatif.

Des données sont également disponibles pour la pulpe de betterave depuis 2013 (Figure 38) La teneur moyenne des échantillons prélevés en 2019 (0,405 mg/kg) est plus élevée que celle des autres années (0,255-0,318 mg/kg) mais les effectifs restent faibles. Aucune tendance significative n'est observée.

Pulpe de betterave

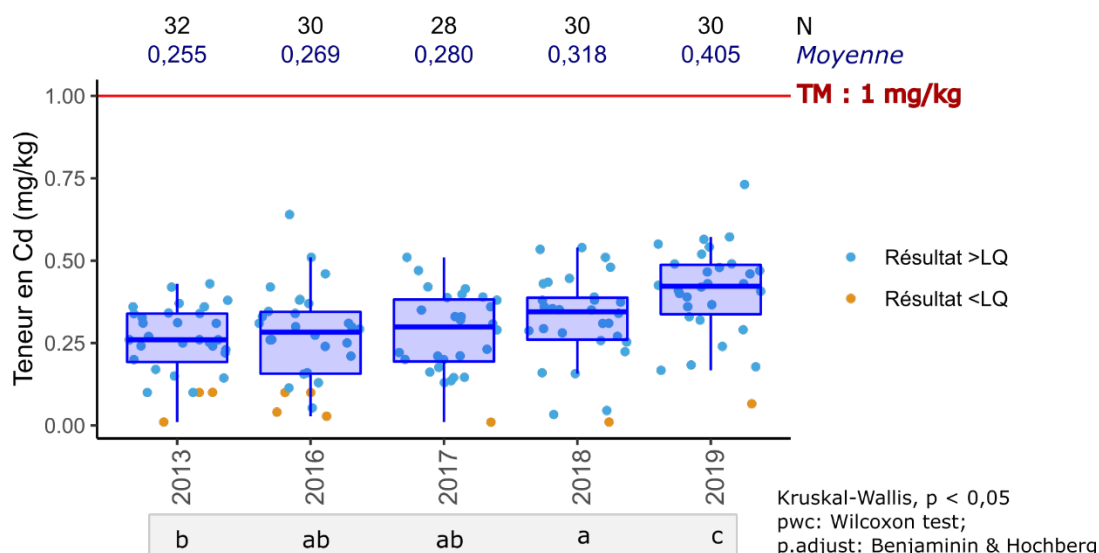


Figure 38 : Distribution annuelle des résultats d'analyse du cadmium dans la pulpe de betterave. Les résultats des années qui partagent une lettre en commun ne sont pas significativement différents (test de Kruskal-Wallis suivi d'un test de Wilcoxon). La moyenne indiquée correspond à la moyenne arithmétique. Lorsque les résultats sont inférieurs à la LD ou la LQ, ce sont les valeurs correspondantes des LD et LQ qui sont rapportées. La teneur maximale en vigueur entre 2010-2019 est donnée à titre indicatif.

Enfin, des données sont disponibles pour les tourteaux de colza et tournesol depuis 2010 (Figures 39 et 40). Pour ces deux matrices, aucune hausse significative n'est observée même si pour les tourteaux de tournesol, les résultats de 2018 (0,652 mg/kg) et 2019 (0,574 mg/kg) sont plus élevés que ceux des autres années (0,398-0,490 mg/kg). Ces résultats sont en cohérence avec l'absence d'évolution observée également pour les graines de colza et tournesol (cf. partie Alimentation humaine).

Tourteau de colza

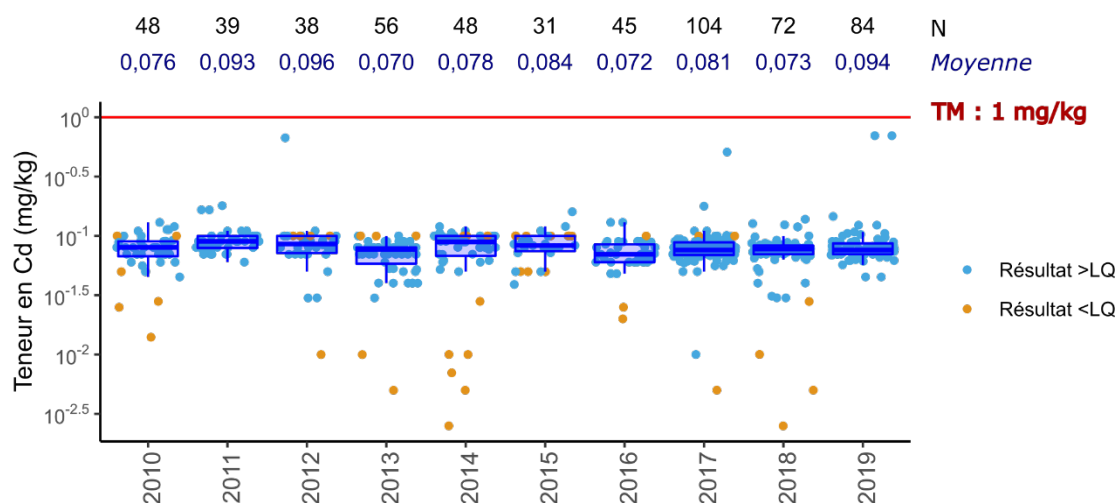


Figure 39 : Distribution annuelle des résultats d'analyse du cadmium dans les tourteaux de colza. La moyenne indiquée correspond à la moyenne arithmétique. Lorsque les résultats sont inférieurs à la LD ou la LQ, ce sont les valeurs correspondantes des LD et LQ qui sont rapportées. La teneur maximale en vigueur entre 2010-2019 est donnée à titre indicatif.

Tourteau de tournesol

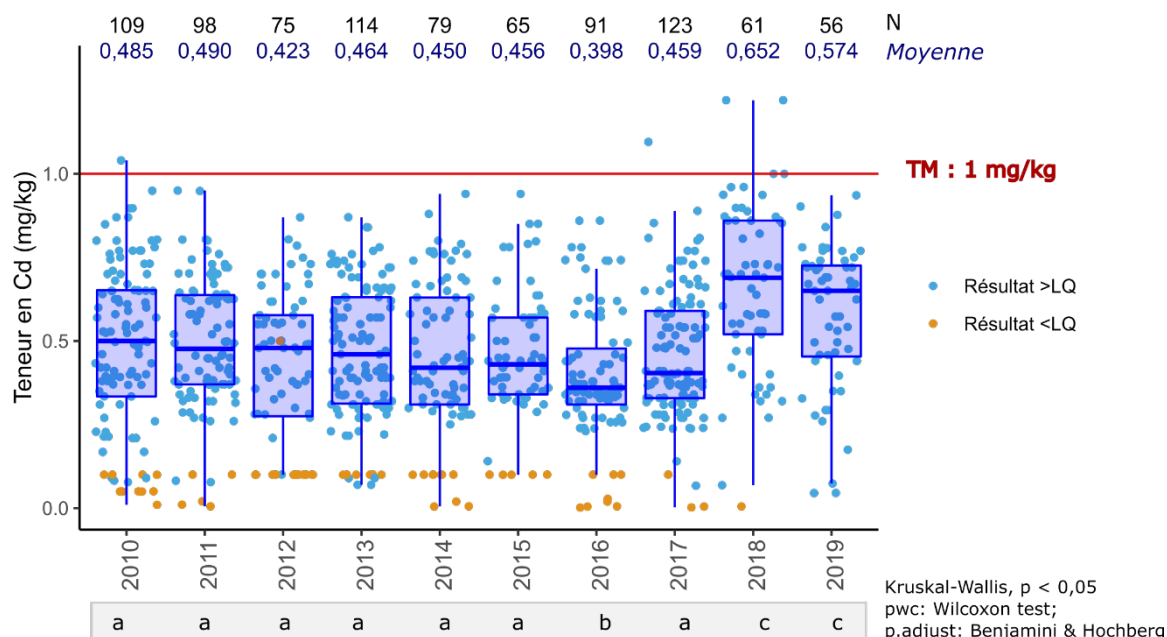


Figure 40 : Distribution annuelle des résultats d'analyse du cadmium dans les tourteaux de tournesol. Les résultats des années qui partagent une lettre en commun ne sont pas significativement différents (test de Kruskal-Wallis suivi d'un test de Wilcoxon). La moyenne indiquée correspond à la moyenne arithmétique. Lorsque les résultats sont inférieurs à la LD ou la LQ, ce sont les valeurs correspondantes des LD et LQ qui sont rapportées. La teneur maximale en vigueur entre 2010-2019 est donnée à titre indicatif.

Dans un rapport de 2017 qui dresse le bilan du programme de surveillance de l'alimentation animale aux Pays-Bas pour la période 2007-2013, les auteurs indiquent observer une hausse significative des concentrations moyennes en cadmium dans les matières premières d'origine végétale (incluant notamment les fourrages, la luzerne, les tourteaux de soja) (Adamse, 2017). Cependant, au cours de cette période, un seul dépassement de la TM a pu être observé pour un échantillon de farine d'herbe (2,4 mg/kg). Les auteurs recommandaient d'inclure ces matrices dans les programmes de surveillance nationaux au regard des teneurs en cadmium parfois élevées, même si les concentrations moyennes pour l'ensemble des matières d'origine végétale se révélaient proches des limites de quantification et ces tendances à la hausse étaient donc à relativiser. Ici, il faudrait disposer de davantage de données pour des matrices autres que les tourteaux et la pulpe de betterave pour comparer les résultats avec les conclusions de ce rapport.

d. Conclusion

Données de contamination (2017-2019)

L'analyse des données de contamination les plus récentes parmi celles transmises volontairement dans le cadre du GT cadmium (2017-2019) a permis d'identifier les matrices présentant les concentrations moyennes en cadmium les plus élevées, parmi celles qui ont pu être exploitées. Pour l'alimentation humaine, ces informations sont synthétisées sur la figure 41, où seules les matrices présentant au moins 25 résultats quantifiés ont été représentées. Un facteur de presque 2 000 entre les moyennes les plus faibles (légumes en conserves : 0,007 mg/kg) et les plus élevées (reins d'équins : 12,8 mg/kg) est observé. Par ailleurs, les valeurs quantifiées s'échelonnent de 0,001 à 64,9 mg/kg (rein d'équin).

Les reins d'équin, les foies d'équin, les amandes de mer, les graines de tournesol, les foies de sanglier, les huîtres, les coquilles Saint-Jacques (chair décoquillée ou mollusque entier), les foies de dinde, les moules, les pétoncles et le cacao en poudre sont identifiées comme les matrices qui **présentent les concentrations médianes en cadmium les plus élevées**. Les abats sont très représentés parmi les valeurs les plus hautes, reflet notamment de l'échantillonnage conséquent de ces produits. En dehors des abats, les produits de la mer comme les pétoncles, les moules et les anchois en conserve et semi-conserves présentent également des teneurs élevées. Parmi les légumes frais, les épinards présentent des concentrations nettement plus élevées que les autres produits de cette catégorie. Ici, la surreprésentation des viandes et produits carnés, liée à l'obligation d'un échantillonnage proportionnel au tonnage de production dans les plans officiels, constitue un biais majeur. À l'inverse, des produits comme les algues et les champignons sont très peu représentés dans les jeux de données transmis, alors que ces produits font partie des dix produits les plus contaminés d'après le rapport 2012 de l'Efsa. Au regard de la contribution émergente des algues aux modes de consommation en Europe, la Commission européenne avait ainsi émis des recommandations¹⁵ en vue de recueillir davantage de données de surveillance pour ces matrices. De plus, l'Anses concluait en 2020 qu'une proportion non négligeable des échantillons d'algues analysés dans le cadre des PS/PC dépassaient le seuil de 0,5 mg/kg recommandé par le Conseil supérieur d'hygiène public français (CSHPF) (Anses, 2020 b). Toutefois, d'une manière générale, les résultats obtenus ici sont cohérents avec les observations rapportées par l'Efsa, l'EAT2 ou encore de récentes EAT non européennes comme celles de la FDA. En effet, l'ensemble de ces rapports identifie les abats comestibles, les produits à base de cacao, les crustacés, les mollusques, les graines oléagineuses ou encore les épinards comme des produits fréquemment contaminés et à des concentrations élevées.

À l'inverse, 38 produits n'apparaissent pas sur la figure 41 car ils présentent des taux de censure élevés (78,9 – 100 %). Ils sont détaillés sur la figure 42. Il s'agit principalement des chairs d'animaux d'élevage, des chairs de certains poissons, du miel, des fruits, du lait et des boissons alcoolisées.

Il est souvent délicat de comparer les taux de censure de produits ayant été analysés par des laboratoires différents, car les seuils de détection et quantification peuvent être très hétérogènes. C'est pourquoi la figure 42 représente également la distribution des LQ ou LD correspondantes, en indiquant les valeurs les plus représentées. Dans l'ensemble, les valeurs de LQ les plus fréquemment renseignées sont identiques entre les échantillons (0,005 mg/kg et 0,010 mg/kg). Pour le miel, qui est la seule matrice à présenter une proportion de résultats inférieurs aux seuils de détection aussi élevée (plus de 50 %), les limites de détection les plus fréquemment renseignées sont parmi les plus basses

¹⁵ Recommandations (UE) 2018/464 sur la surveillance des métaux et de l'iode dans les algues marines, les halophytes et les produits à base d'algues marines. J.O du 21/03/2018.

du jeu de données. Cela permet de confirmer que la contamination de ces produits est très faible par rapport aux autres matrices. A l'inverse, trois matrices pour lesquelles les LQ renseignées sont deux à dix fois supérieures aux autres produits et très hétérogènes sont identifiées. Il s'agit de produits secs (fruits à coques, fruits secs, grains de café torréfiés).

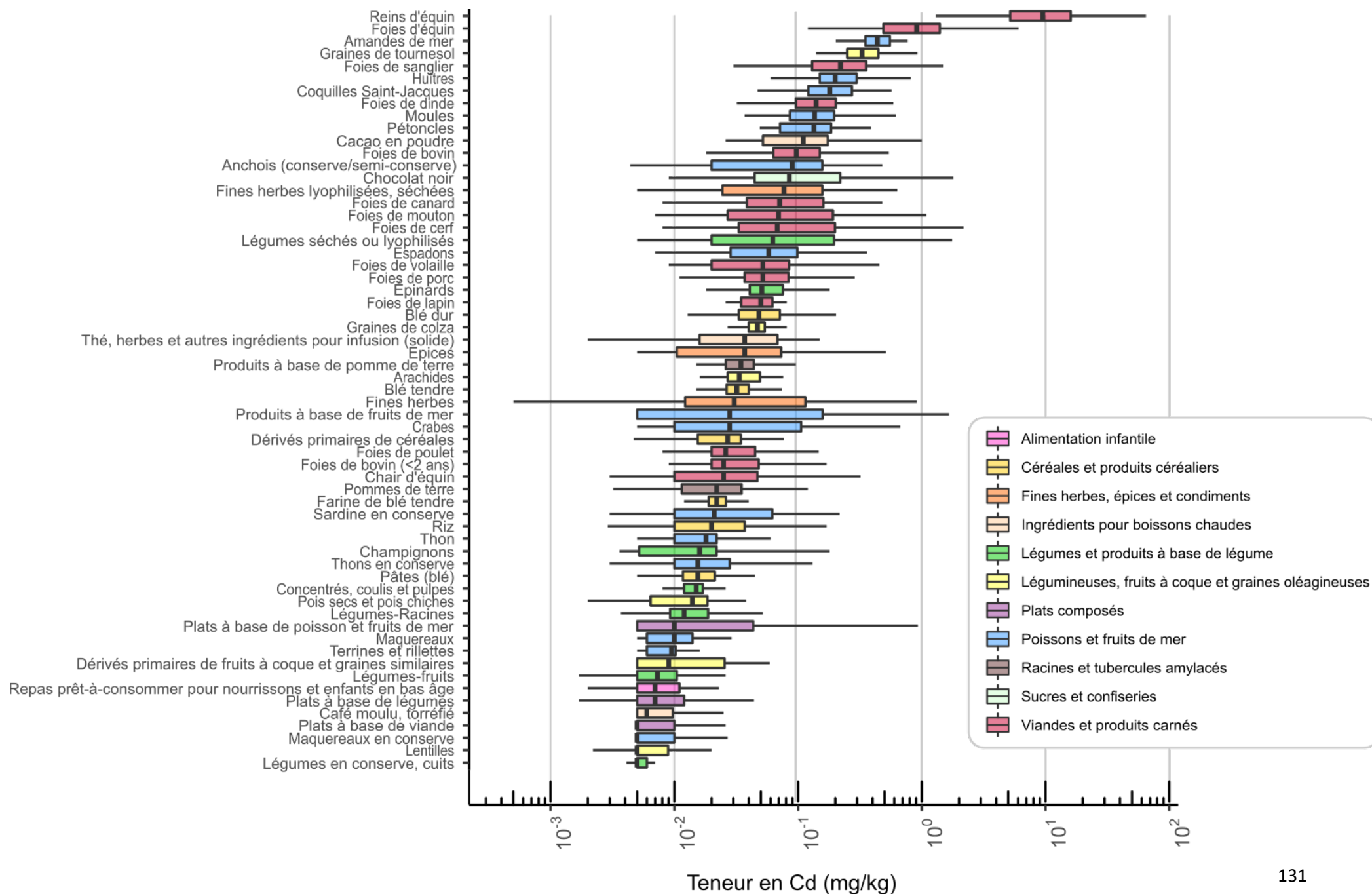


Figure 41 : Synthèse des teneurs en cadmium observées dans l'alimentation humaine à partir de données d'occurrence collectées entre 2017 et 2019. L'échelle est en log10.

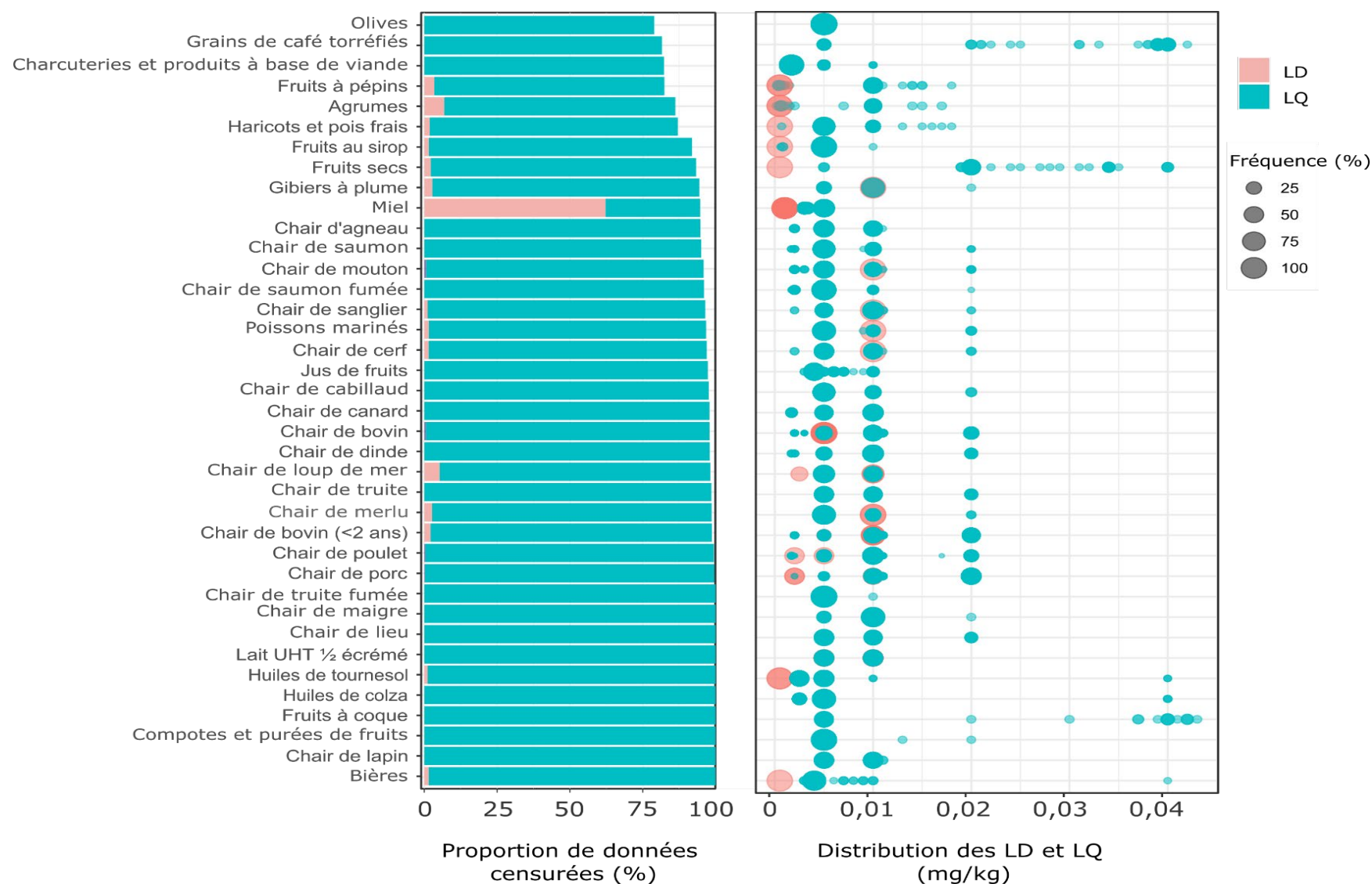


Figure 42 : Synthèse des matrices présentant des taux de censure supérieur à 80 %. Le graphique de droite indique le pourcentage de censure pour la totalité des échantillons analysée entre 2017 et 2019. Le graphique de gauche indique la valeur et la fréquence des LD et LQ renseignées pour chaque matrice.

Les données de contamination 2017-2019 ont également été synthétisées sur la figure 43 pour l'alimentation animale. Un facteur 200 est observé entre les moyennes les plus faibles (tourteau de palme et palmiste : 0,021 mg/kg) et les plus élevées (phosphate calcique : 4,39 mg/kg). Par ailleurs, les valeurs quantifiées s'échelonnent de 0,036 à 23,2 mg/kg (phosphate calcique).

Les trois matrices qui présentent les teneurs médianes en cadmium les plus élevées sont, par ordre décroissant, **le phosphate calcique, le phosphate magnésique et l'oxyde de manganèse**. Dans l'ensemble, les aliments contenant des minéraux sont les plus contaminés, à l'exception de deux matrices végétales qui présentent des teneurs relativement élevées au regard des autres matrices végétales. Il s'agit des **tourteaux de tournesol et de la pulpe de betterave**.

De manière générale, les comparaisons avec les travaux de l'EFSA de 2004 ont été limitées puisque le rapport couvre majoritairement les plantes fourragères tandis que les matières d'origine minérale y sont peu représentées, soit l'inverse de la présente étude.

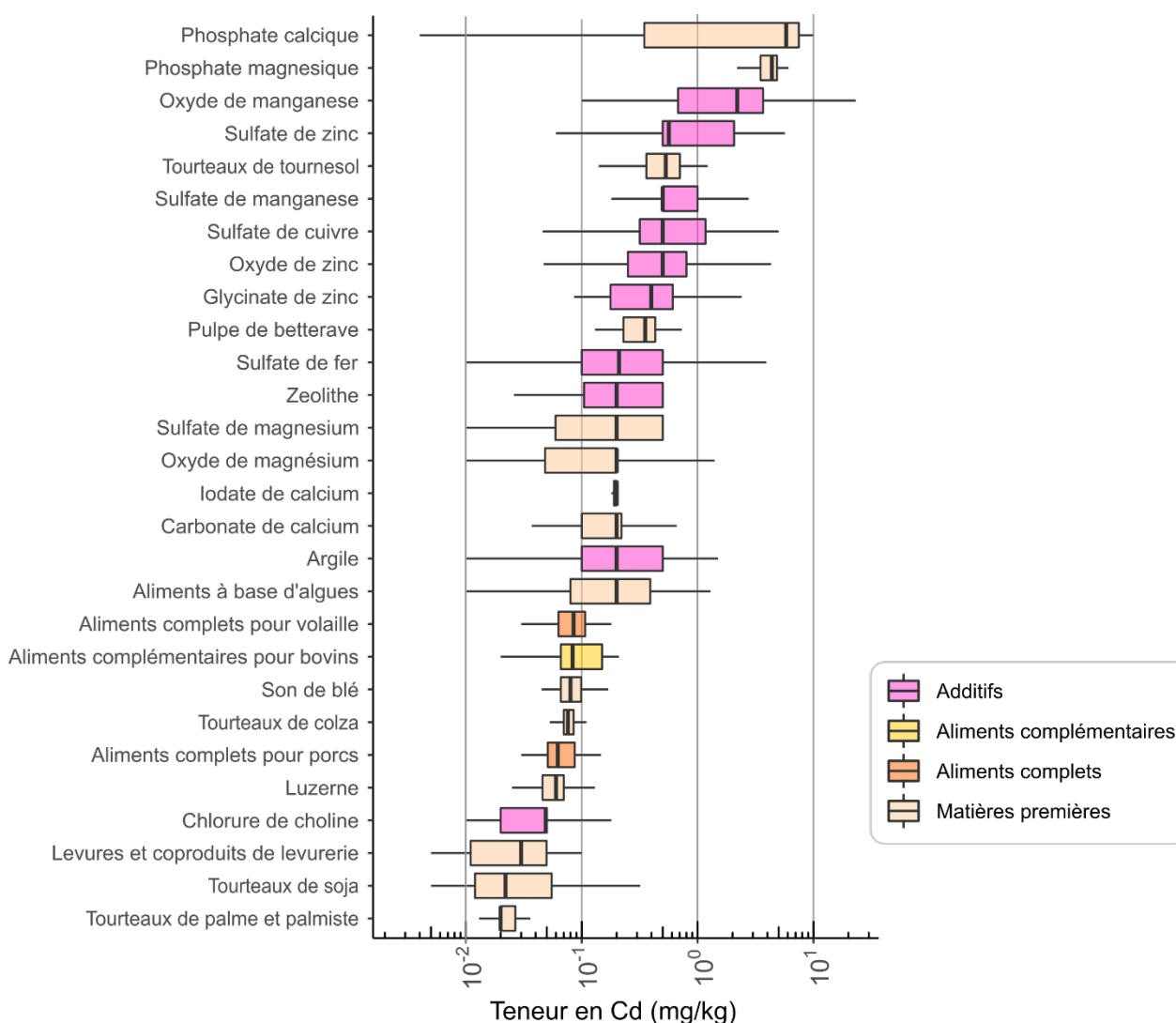


Figure 43 : Synthèse des teneurs moyennes en cadmium (en mg/kg) observées dans l'alimentation animale à partir de données d'occurrence collectées entre 2017 et 2019. L'échelle est en log10.

Indicateurs sanitaires (2010-2019)

En définitive, pour l'alimentation humaine, il n'a pas été possible d'estimer la proportion de non-conformités vis-à-vis du Règlement (CE) n°1881/2006 en vigueur sur la période étudiée, par manque d'informations nécessaires à son application correcte (conversion en équivalent poids frais pour les produits secs, incertitude de mesure, facteurs de conversion appliqués pour les produits transformés, etc.). Par conséquent, il a été choisi de confronter uniquement les produits frais ou ceux pour lesquels les teneurs s'appliquent aux produits tels que distribués sur le marché (Ex : poudres de lait infantiles, compléments alimentaires) aux teneurs réglementaires. Les incertitudes n'étant pas connues, ce sont les résultats bruts qui ont été confrontés. Le nombre de dépassements identifiés ici n'est donc en aucun cas un bilan des non-conformités car il conduit à une surestimation du nombre réel de non-conformités. Cette analyse permet toutefois d'identifier les matrices où des valeurs élevées avoisinent les seuils réglementaires.

Les résultats sont synthétisés sur la figure 44, qui présente dans sa partie gauche le nombre de résultats bruts atteignant ou dépassant les teneurs réglementaires, et dans sa partie droite, le nombre total d'échantillons analysés entre 2010 et 2019. Les résultats sont à nuancer au regard des effectifs totaux très hétérogènes. On retrouve un nombre important de dépassements pour les abats d'équin comme décrit précédemment, avec 73 % (387/533) et 99 % (218/220) des échantillons de foies et reins qui dépassent la teneur réglementaire. Ces produits ont toutefois été retirés de la commercialisation depuis 2019. Pour les denrées d'origine végétale, des proportions importantes de dépassements sont observées pour les fines herbes (17 % ; 12/70), les graines de tournesol (12 % ; 54/454) dans l'hypothèse où celles-ci seraient utilisées pour la consommation humaine (voir ci-après) et les légumes-bulbes (7 % ; 4/59). Il faut toutefois noter que les échantillons de graines de tournesol analysés ici sont destinés à la production d'huile (matrice dans laquelle le cadmium est rarement détecté) puis de tourteaux obtenus après pressage et extraction (où le cadmium se concentre, mais qui sont destinés à l'alimentation animale). Ainsi, aucun échantillon de graine de tournesol ne dépassait le seuil de la réglementation animale (0,1 mg/kg). Par ailleurs, en cohérence avec les teneurs souvent élevées retrouvées dans ces produits, 8 % (8/99) des échantillons de cacao en poudre et 6 % (6/109) des échantillons de chocolat dépassent également les seuils réglementaires.

Par ailleurs, les analyses du nombre de dépassements par année ont confirmé que ceux-ci étaient très ponctuels entre 2010 et 2019, et aucune disparité annuelle ne ressortait (résultats non détaillés ici). Pour les matrices dont la teneur réglementaire a fait l'objet d'un abaissement récent (révision du Règlement (CE) n°1881/2006 au 31/08/2021), la confrontation des résultats à ces nouvelles teneurs conduisait à de rares dépassements supplémentaires (résultats non détaillés ici).

En 2019, la saisine CIMAP 2 de l'Anses avait formulé des recommandations visant à optimiser les plans de surveillance et les plans officiels de la contamination chimique des denrées alimentaires sur la base des données officielles disponibles pour la période 2010-2014 hors alimentation animale et eau destinée à la consommation humaine (Anses, 2019 b). En termes de matrices à surveiller particulièrement pour le cadmium, les recommandations portaient sur le renforcement du niveau de surveillance pour les produits réglementés entrants dans la catégorie « Légumes et produits à base de légumes », en particulier pour les produits non-conformes (betteraves, oignons, pommes de terre nouvelles), et la catégorie « Poissons et fruits de mer », en particulier pour les crabes. Pour ces derniers, seule la chair blanche fait l'objet d'une réglementation à ce jour, alors que la chair brune est parfois consommée et peut présenter des concentrations moyennes en cadmium bien supérieures à celles observées dans la chair blanche (Noël, 2011). Le besoin de maintenir de la surveillance avec recommandation d'analyser au moins 10 échantillons/an ressortait pour les produits réglementés des catégories « fines herbes, épices et condiments » et « légumineuses, fruits à coque et graines

oléagineuses ». Pour les produits non-réglés, cette recommandation concernait également la catégorie « poissons et fruits de mer », ainsi que les plats composés. Dans le présent jeu de données, il n'a pas été mis en évidence de non-conformité potentielle pour les betteraves, par contre plusieurs résultats pour les oignons avoisinaient la TM. Pour les pommes de terre, quelques résultats bruts dépassaient la TM sans que les informations disponibles ne permettent de déterminer s'il s'agissait de pommes de terre nouvelles ou non. Concernant les produits de la mer, les présents résultats confirment des teneurs élevées pour certains échantillons, avoisinant la TM, notamment pour le crabe, le thon et les huîtres. Les fines herbes ressortent également parmi les matrices présentant les niveaux de contamination les plus élevés dans la catégorie des « légumes et produits à base de légumes », plusieurs échantillons de fines herbes diverses (ciboulette, estragon, aneth...) avoisinant ou dépassant la TM. Pour les épices, les niveaux de contamination les plus élevés étaient retrouvés pour la cannelle et le gingembre. Enfin, pour la catégorie « légumineuses, fruits à coque et graines oléagineuses », des résultats proches de la TM sont également détectés, en particulier pour les graines de tournesol en supposant pour ces dernières qu'elles soient destinées à l'alimentation humaine. Ces résultats confirment la pertinence de surveiller ces matrices identifiées par CIMAP 3. Toutefois la période d'échantillonnage ciblée dans le présent travail s'étant achevée lors de la parution de cette saisine, il n'est pas possible de mettre en évidence une évolution de la surveillance en lien avec ces conclusions. A noter que les mesures de gestion prises ou prévues à la suite de ces travaux par les autorités compétentes sont développées dans la section VIII.4.

Pour l'alimentation animale, pour laquelle il n'a pas été possible de dresser le bilan des non-conformités en raison d'informations manquantes, le dispositif ayant transmis la majorité des données indique n'avoir relevé aucune non-conformité entre 2010 et 2019, sur les 2 292 résultats d'analyse transmis par les entreprises du secteur de l'alimentation animale. Toutefois, les tourteaux de tournesol et les échantillons de phosphate calcique sont indiqués par ce même dispositif comme étant « à surveiller », car leur concentration en cadmium peut fréquemment avoisiner les 2/3 de leurs teneurs réglementaires.

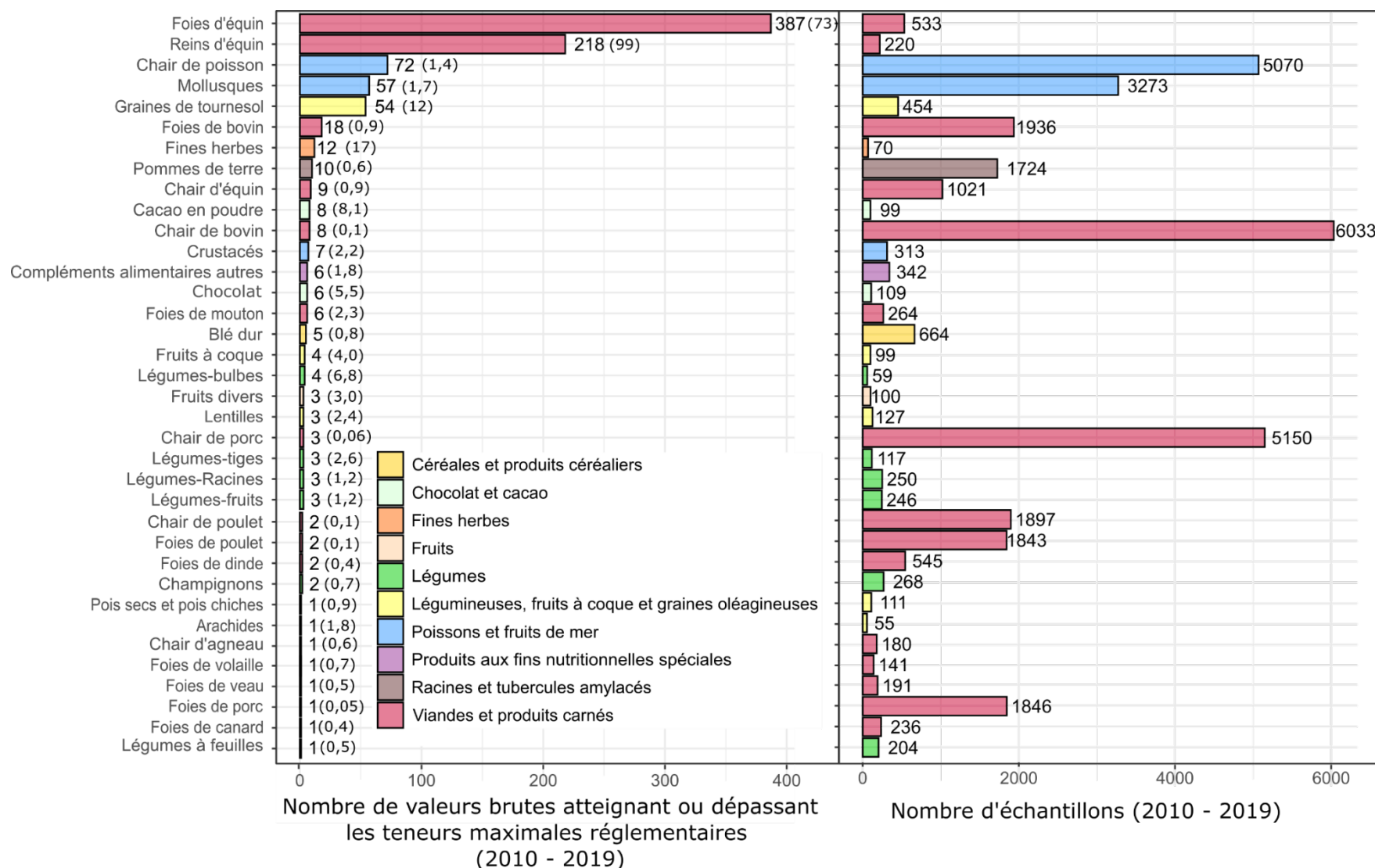


Figure 44 : Synthèse du nombre de résultats bruts (ou proportion) atteignant ou dépassant les teneurs maximales fixées par le règlement CE 1881/2006 (alimentation humaine) en vigueur entre 2010-2019. Le graphique de droite donne le nombre d'échantillons analysés correspondant.

Tendances (2010-2019)

Le dernier objectif était de comparer les résultats annuels pour identifier d'éventuelles tendances. Au final, 27 matrices réunissaient les conditions nécessaires à l'exploration des tendances (cf. section V.3.b). Les conclusions sont résumées dans le tableau 37. La robustesse de ces différentes observations est limitée par le nombre d'échantillons parfois faible ou bien un abaissement des performances analytiques au cours de la période étudiée. Ces différents points de vigilance doivent nuancer l'interprétation des résultats et sont recensés dans le tableau. Pour neuf matrices correspondant essentiellement à de la chair d'animaux d'élevage, les taux de censure sont très élevés entre 2010 et 2019 sans évolution significative, confirmant les faibles taux de contamination de ces produits. Pour 15 matrices incluant les pommes de terre, les graines oléagineuses, les huîtres et les moules, pour lesquelles les taux de censure sont peu élevés, aucune évolution significative n'est observée. Enfin une baisse significative des teneurs en cadmium dans le blé dur a pu être mise en avant

En 2009 et 2012, l'EFSA a publié des données de contamination pour le cadmium dans un large panel d'aliments, à partir de prélèvements effectués entre 2003 et 2011. Dans l'ensemble, les résultats obtenus ici sont cohérents avec les résultats rapportés par l'EFSA avec des teneurs estimées du même ordre de grandeur pour les matrices qui ont pu être comparées. En revanche, il a été plus difficile de comparer les résultats à ceux obtenus par l'Anses dans le cadre de l'EAT2 (2007-2009) car si l'étude couvre un large panel de produits, il s'agit de produits transformés ou préparés tel que consommés. A l'inverse les données analysées ici couvrent majoritairement des matières premières. Lorsque des comparaisons ont pu être effectuées (Ex : chocolat noir), les teneurs moyennes étaient également du même ordre de grandeur. Ce travail n'a donc pas identifié des écarts de concentration de l'ordre de ceux qui ont pu être observés entre les EAT1 et 2. Une hypothèse avancée par le groupe de travail est celle de la fenêtre temporelle observée ici. Cette dernière est peut-être trop étroite et ne permet pas d'observer d'éventuelles hausses des teneurs qui seraient visibles sur un pas de temps plus long. Il aurait été pertinent d'étendre la période d'analyse à la décennie précédente (2000-2009) afin de confronter l'évolution temporelle des niveaux de contamination aux résultats observés par les 2 EAT ; ce travail n'a toutefois pas pu être réalisé faute de temps. L'EAT3, en cours de réalisation à l'Anses, fournira à ce titre des renseignements importants sur l'évolution de la contamination et de l'exposition de la population, avec une comparabilité beaucoup plus grande que celle permise par le présent travail, dans la mesure où la méthodologie appliquée sera très similaire à celles des deux premières EAT. D'autre part, les données exploitées ici n'ont pas été collectées dans le but premier d'estimer des tendances temporelles et de nombreux biais méthodologiques limitent les conclusions qui peuvent être tirées. Il faut noter également qu'aucune analyse de tendance n'a pu être effectuée pour les légumes par exemple, par manque de données sur ces matrices, qui sont pourtant des produits directement impactés par la contamination des sols en cadmium.

Pour l'alimentation animale, les concentrations annuelles de sept matrices ont pu être comparées. Pour six d'entre elles, aucune évolution significative n'est observée. Il s'agit des aliments complets pour volaille, des oxydes de manganèse et de zinc, de la pulpe de betterave ainsi que des tourteaux de colza et tournesol. Enfin, pour les phosphates calciques, les données ne sont pas interprétables avec les informations connues mais il semblerait qu'il y ait un écart d'un facteur 100 entre des échantillons peu contaminés et des échantillons fortement contaminés, lesquels semblent plus fréquents ces dernières années.

Tableau 37 : Synthèse des analyses d'évolution temporelle des teneurs en cadmium dans les denrées et aliments pour animaux d'élevage. Un rond sur fondvert indique une baisse des teneurs moyennes, un rond sur fond gris indique une stabilité des teneurs moyennes ou des résultats non conclusifs

Catégorie	Matrice	Période		Évolution des teneurs	Points de vigilance
Céréales et produits céréaliers	Grains de blé dur	2010-2019	●	Diminution significative des teneurs entre 2010 et 2019	
	Grains de blé tendre	2010-2019	●	Quelques années qui se distinguent par des résultats plus élevés ou plus faibles mais aucune évolution significative	
	Farines de blé tendre	2014-2019	●	Les résultats des dernières années semblent plus élevés mais aucune évolution significative	
Huiles végétales	Huiles de colza	2015-2018	●	Aucune évolution significative	Effectifs annuels faibles (29-62)
	Huiles de tournesol	2015-2019	●	Aucune évolution significative	Effectifs annuels faibles (39-80)
Racines et tubercules amylicés	Pommes de terre	2010-2019	●	Aucune évolution significative	
Graines oléagineuses	Graines de colza	2010-2019	●	Aucune évolution significative	Effectifs annuels faibles (45-90)
	Graines de tournesol	2010-2019	●	Aucune évolution significative	Effectifs annuels faibles (39-60)
Viandes et produits carnés	Foies de bovin (> 2 ans)	2017-2019	●	Aucune évolution significative	Données comparables sur 3 ans seulement
	Foies de mouton	2017-2019	●	Aucune évolution significative	Données comparables sur 3 ans seulement
	Foies de porc	2017-2019	●	Aucune évolution significative	Données comparables sur 3 ans seulement
	Foies de poulet	2010-2019	●	Aucune évolution significative	Evolution des performances analytiques
	Foies de dinde	2010-2019	●	Aucune évolution significative	Effectifs annuels faibles (45-60)
	Foies de sanglier	2010-2019	●	Aucune évolution significative	Effectifs annuels faibles (27-56)
	Chair de cerf	2011-2018	●	Taux de censure très élevés	Effectifs annuels faibles (26-61)
	Chair de mouton	2010-2018	●	Taux de censure très élevés	
	Chair d'équin	2010-2019	●	Taux de censure très élevés	Effectifs très variables (51-180)

Catégorie	Matrice	Période	Évolution des teneurs		Points de vigilance
Viandes et produits carnés	Chair de bovin (> 2 ans)	2010-2019	●	Taux de censure très élevés	
	Chair de porc	2010-2019	●	Taux de censure très élevés	
	Chair de canard	2010-2019	●	Taux de censure très élevés	Effectifs annuels faibles (25-36)
	Chair de dinde	2010-2019	●	Taux de censure très élevés	Effectifs annuels faibles (46 et 60 échantillons)
	Chair de poulet	2010-2019	●	Taux de censure très élevés	
Poissons et fruits de mer	Thons	2013-2019	?	Valeurs extrêmes moins fréquentes après 2015	Forte évolution des performances analytiques, effectifs variables (67-642) rendant la comparaison entre années non pertinente
	Huîtres	2010-2019	●	Aucune évolution significative	Zones géographiques de prélèvements différentes d'une année à l'autre, il faudrait pouvoir analyser les tendances par zone de prélèvement
	Moules	2010-2019	●	Valeurs annuelles plus élevées ponctuellement	
	Sardines en conserve	2016-2019	●	Aucune évolution significative	Comparaison sur 4 ans seulement
	Saumons fumés	2014-2019	●	Taux de censure très élevés	Effectifs très variables (32-102)
Alimentation animale	Aliments complets pour volaille	2013-2019	●	Aucune évolution significative	Effectifs faibles (32-43)
	Phosphate calcique	2010-2019	?	Valeurs extrêmes plus fréquentes au fil des ans	Il faudrait pouvoir recouper ces observations avec les origines géographiques des matières premières, pas de conclusion possible
	Pulpe de betterave	2013-2019	●	Les résultats des dernières années semblent plus élevés mais aucune évolution significative	Effectifs très faibles (28-30)
	Tourteaux de colza	2010-2019	●	Aucune évolution significative	Effectifs variables (31-104)
	Tourteaux de tournesol	2010-2019	●	Moyennes plus élevées en 2018 et 2019 mais aucune tendance significative	Effectifs variables (56-109)
	Oxyde de zinc	2012-2019	●	Aucune tendance significative mais présence de valeurs extrêmes en 2018 et 2019	Effectifs variables (59-100)
	Oxyde de manganèse	2012-2019	●	Aucune tendance significative mais présence de valeurs extrêmes en 2018 et 2020	Effectifs variables (46-93)

6. Recommandations

a. Qualité des données de surveillance du cadmium et fiches Mémo

La mutualisation de données de surveillance issues de dispositifs privés ou publics et de filières diversifiées a permis de produire une liste de recommandations à destination de tout dispositif impliqué dans la surveillance du cadmium.

Les principales améliorations à apporter visent :

- Les informations indispensables et utiles à collecter, notamment les informations relatives aux méthodes, à leur performance analytique et à l'incertitude associée aux résultats ;
- L'harmonisation des formats d'écritures des modalités qui doit permettre une extraction plus facile des noms de matrices et de pays notamment ;
- La mise en place de tests afin de repérer la saisie de valeurs numériques aberrantes.

Des recommandations détaillées ont été rassemblées dans une note transmise avec les résultats à l'ensemble des dispositifs ayant transmis des données. Cette note figure à l'annexe 5. A celle-ci s'ajoutent deux fiches Mémo (ci-après) synthétisant ces recommandations :

- La première fiche présente des recommandations générales sur la construction d'un jeu de données dans l'optique d'améliorer son interopérabilité.
- La seconde fiche propose sous forme de check-list un exemple des données à collecter auprès des divers acteurs de la surveillance pour atteindre une meilleure exhaustivité des données.

b. Recommandations issues de l'exploitation des données

L'exploitation des résultats des analyses de cadmium dans l'alimentation animale et humaine au cours de la période 2010-2019 a permis d'identifier des points d'amélioration dans la collecte des données par les dispositifs de surveillance. Ces points sont les suivants :

- Envisager de renseigner *a minima* le résultat de conformité de l'analyse, dans l'idéal renseigner l'ensemble des informations pertinentes pour leur interprétation (incertitude de mesure, facteur de conversion, taux d'humidité etc.). Ces informations sont encore stockées au format papier par une majorité de dispositifs et ne sont pas exploitables rapidement à l'heure actuelle.
- Envisager de collecter l'information relative à l'origine géographique des matières premières pour lesquelles ce facteur impacte fortement les concentrations en cadmium et notamment les produits suivants :
 - Les fèves de cacao et dérivés du cacao, afin de pouvoir distinguer les cacaos d'Amérique et ceux d'Afrique ;
 - Les aliments minéraux pour animaux, et notamment le phosphate calcique.
- Envisager de renseigner de façon plus détaillée la composition de certains produits transformés réglementés et notamment :
 - Les aliments complets pour animaux ;
 - Les préparations de suite et laits en poudre destinés à l'alimentation infantile.

- Pour l'alimentation animale, flécher de manière claire les aliments complémentaires d'origine minérale afin de les distinguer de ceux d'origine non minérale, et indiquer le pourcentage de phosphore.

Par ailleurs, ces travaux ont été limités par le faible nombre d'échantillons disponibles dans les jeux de données transmis pour certaines catégories de produits. Ainsi, il serait nécessaire d'exploiter/acquérir davantage de données pour certaines matrices et notamment :

- Les légumes ;
- Les herbes fraîches ;
- Les champignons ;
- Les algues ;
- Les produits issus de la panification ;
- Les biscuits ;
- Les céréales pour petit-déjeuner.

Enfin une diminution des teneurs moyennes en cadmium dans le blé dur a été mise en évidence, confortant le besoin de renseigner les variétés pour les matrices où la sélection variétale est un facteur connu impactant l'accumulation du cadmium.

Fiche Mémo

QUALITÉ DES DONNÉES (QDD)

Optimiser un jeu de données pour le rendre interopérable et facile à exploiter, pour mieux répondre aux objectifs d'un dispositif de surveillance

1

Noms de colonnes : préférer des titres concis, sans accent et sans espace



ID	Matrice	Type	Origine	Date_pre	Date_env	Analyte	Methode	Resultat	Unite	Res_type	Incertitude	LD	LQ	Conf	Com
Cd_2015_01	Choux-fleur	Matière première	Belgique	02/01/2015	03/01/2015	Cd	J0258	1,25	mg/kg	Q	0,012	0,001	0,005	> seuil	
Cd_2015_02	Choux-fleur	Matière première	Belgique	03/02/2015	04/02/2015	Cd	F0247	2,78	mg/kg	Q	0,027	0,002	0,004	> seuil	
Cd_2015_03	Carotte	Surélé	Allemagne	03/02/2015	03/02/2015	Cd	F0247	0,002	mg/kg	LD	Non applicable	0,002	0,001	< seuil	LD > LQ erreur
Cd_2015_04	Carotte	Surélé	France	08/02/2015	NULL	Cd	R1578	0,005	mg/kg	LQ	Non applicable	0,0001	0,005	< seuil	
Cd_2016_058	Carotte	Conserve	NULL	27/02/2016	28/02/2016	Cd	R1578	0,005	mg/kg	LQ	Non applicable	0,0001	0,005	< seuil	

Exemple de jeu de données

R1 Respecter le principe de clé d'unicité

Chaque résultat d'analyse doit posséder un identifiant **UNIQUE**.



- Recourir à l'**implémentation unique** (incrémenter un code avec au moins un chiffre et une lettre) ou créer un identifiant en concaténant plusieurs variables
- Bloquer la saisie** de doublons lors de la collecte
- Nettoyer** les doublons

R3 Éviter les champs vides

Un champ vide est un champ **ambigu**.



- Si l'information est **manquante** : remplacer les champs vides par « NULL » ou « Absent » par exemple
- Si l'information **n'est pas pertinente** : remplacer les champs vides par « Non applicable » par exemple

R5 Utiliser des champs contraints

Une même information doit toujours avoir la même écriture.

Carottes Carotte CAROTTE

- Mettre en place **des listes déroulantes** basées sur des standards/référentiels officiels ou informels
- Penser à proposer une modalité « autre » avec saisie obligatoire d'un complément de réponse sous forme de texte libre pour répondre aux modalités non anticipées. L'analyse de ces réponses « autre » permettra par la suite d'adapter et de faire évoluer la liste déroulante.

R2 Respecter la structure standard d'un jeu de données

1 ligne = 1 résultat d'analyse

1 colonne = 1 variable = 1 information



- Éviter la **fusion** de lignes, colonnes
- Éviter le mélange d'informations
- Faire figurer **séparément un résultat et son unité**
- Faire figurer **séparément le statut du résultat** (quantifié, non quantifié, non détecté)
- Éviter de **mélanger des chiffres et des symboles** (Ex : « < 0,03 »)

R4 Respecter un format prédéfini

Chaque type de variable attend un **format précis en fonction de l'usage** attendu.

Par exemple on doit pouvoir calculer une moyenne sur des valeurs chiffrées sans avoir à modifier le format.

Dates

Choisir un **format standard** (Ex : JJ/MM/AAAA) et s'y tenir.

Chaînes de caractères

Définir des **règles simples** au préalable :

- 1^{ère} lettre en majuscule ou minuscule
- Singulier ou pluriel
- Prise en compte des accents ou non

Valeurs numériques

- Utiliser le **même séparateur** des décimales (Ex: « . » ou « , »)
- Définir des valeurs **maximales/minimales** acceptables pour repérer les erreurs de saisie
- Définir un **niveau de précision** = même nombre de chiffres significatifs

R6

Définir les variables

Le contenu de chaque colonne doit être **sans ambiguïté** pour la personne exploitant les données.



- Nommer les variables avec des noms précis et non ambigus
- Créer un **dictionnaire des variables** en indiquant **TOUTES** les informations susceptibles d'aider l'utilisateur à interpréter les données :
 - ✓ le contenu de chaque variable
 - ✓ le format attendu
 - ✓ le caractère obligatoire ou non de l'information...



Exemple de dictionnaire des variables

Variable	Format	Description
ID	Code	Identifiant unique à chaque résultat d'analyse
Origine	Texte	Pays d'importation du produit
Date_pre	Date	Date de prélèvement
Res_incert	Numérique	Incertitude communiquée par le laboratoire, exprimée en mg/kg
Res_type	Texte	Statut du résultat (Q = quantifié, LQ = non quantifié mais détecté, LD= non détecté)
...	...	...

Ce fichier pourra être transmis à chaque fois que le jeu de données est partagé avec un nouvel utilisateur.

R7

Utiliser des référentiels

L'utilisation de **référentiel** est une excellente solution qui évite l'introduction d'erreurs lors de la saisie d'informations longues et complexes.



- Pour les méthodes analytiques par exemple, un référentiel peut être créé en **attribuant un code à chaque méthode**.
- Seul ce code sera saisi à l'aide d'un menu déroulant dans le jeu de données et un référentiel permettra de faire la correspondance.
- Ce référentiel doit être construit en respectant les principes QDD.



Exemple de référentiel

Code	Nom_methode	Norme
J0258	ICP-MS	EN 17053 :2018
F0247	GF-AAS – Four graphite	EN 15550 :2017
...	...	...



Aller plus loin...

Penser à consulter le **GUIDE PRATIQUE sur la qualité des données de surveillance**, élaboré par les plateformes d'épidémiologie.

<https://wiki.esa.inrae.fr/books/guide-pratique-sur-la-qualite-des-donnees-de-surveillance>

R8

Mettre en place des étapes de nettoyage

Des **tests logiques** simples peuvent être mis en place afin d'identifier des erreurs de saisie qui pourront être corrigées et tracées (voir R9).



Par exemple :

- ✓ Tester les relations **d'infériorité/supériorité des valeurs numériques** (Ex: vérifier que LQ > LD)
- ✓ Tester les relations **d'antériorité/postériorité des dates**

R9

Tracer les erreurs

Les informations non fiables doivent pouvoir être identifiées facilement.

- ✓ Lorsque des erreurs sont identifiées, elles peuvent être corrigées et l'ancienne valeur peut-être notée en commentaire avec une explication.
- ✓ Si des doutes sont émis sur un renseignement, ils peuvent être indiqués en commentaire également.

Fiche Mémo

Données à renseigner pour la surveillance du cadmium

Check-list des informations à collecter et renseigner par les dispositifs

⚠ Attention, cette liste n'est pas exhaustive et est à adapter en fonction du périmètre de surveillance



Échantillon

- ☐ Nom du produit ☐ Identifiant du lot pour la traçabilité
 - ☐ Espèce végétale/animale
 - ☐ Type de produit (Matière 1^{ère}, produit transformé)
 - ☐ Type de produit (Frais, surgelé, conserve, produit déshydraté...)
 - ☐ Secteur alimentaire (Alimentation humaine ou animale)
 - ☐ Mode de production (biologique, conventionnel...)
 - ☐ Mode d'élevage (plein air, cage...)
 - ☐ Origine géographique du produit
 - zone FAO si pêche, pays d'importation...
 - ☐ Date de prélèvement
 - spécifiant le jour, le mois et l'année
 - ☐ Stratégie d'échantillonnage (ciblée, aléatoire)
-
- ☐ Variété végétale
 - ☐ Région/département pour la production primaire française
 - ☐ Pays d'origine de la matière 1^{ère} pour les produits peu transformés
 - Ex : origine du cacao pour le chocolat

Donnée indispensable

Donnée utile

*LD : limite de détection
*LQ : limite de quantification



Analyse

- ☐ Identifiant UNIQUE pour chaque résultat d'analyse
 - à créer par le dispositif
- ☐ Nom du contaminant recherché
- ☐ Valeur du résultat analytique
 - 3 modalités possibles : valeur quantifiée, LQ* si le résultat est détecté mais non quantifié, LD* si le contaminant n'est pas détecté
- ☐ Unité du résultat et autres valeurs numériques
 - Préciser si le résultat est exprimé par masse de matière sèche ou fraîche
- ☐ Statut du résultat
 - 3 modalités possibles : « quantifié », « détecté non quantifié », « non détecté »
- ☐ Incertitude liée au résultat
- ☐ LQ *
- ☐ LD *
- ☐ Méthode analytique employée
 - Cf tableau ci-contre
- ☐ Identifiant du laboratoire

- ☐ Accréditation du laboratoire
- ☐ Date de mise en analyse
- ☐ Date de rendu du résultat d'analyse



Conformité

- ☐ Conformité du résultat d'analyse
 - Dans l'idéal, faire figurer **l'ensemble des informations permettant de vérifier la conformité** (teneur maximale réglementaire ajustée si besoin dans le cas des produits transformés, pourcentage d'humidité pour l'alimentation animale, tout autre élément modifiant la teneur réglementaire à appliquer)
 - **A minima, faire figurer la conclusion relative à la conformité du résultat**

Méthode	Nom complet	Norme correspondante
ICP-MS	Spectrométrie de masse à plasma à couplage inductif	EN 17053:2018
GF-AAS	Spectroscopie d'absorption atomique par four graphite	EN 15550:2017

VI. Améliorer la surveillance

1. Échantillonnage

Le sous-groupe 1 (SG 1) avait comme fil conducteur plusieurs questionnements de nature générique sur le sujet de l'échantillonnage : Le plan d'échantillonnage est-il en adéquation avec le besoin ? Les aliments et les volumes sont-ils bien ciblés ? Le contexte agronomique et pédologique est-il pris en compte ? Les méthodes de prélèvements sont-elles adaptées et homogénéisées ? Ces questions formulées initialement ont ainsi permis de guider les échanges sans pour autant que des réponses complètes ne puissent systématiquement y être apportées, le sous-groupe ne disposant pas de tous les éléments nécessaires pour y répondre.

Avant de rentrer concrètement dans les aspects pratiques, le SG 1 s'est accordé sur la définition du terme « échantillonnage » afin d'en définir le périmètre. La définition au sens strict a été retenue, à savoir que l'échantillonnage correspond à une réduction de masse en respectant la composition du lot (Gy, 1996) et n'inclut pas les opérations de préparation en vue de l'analyse au laboratoire.

Un premier diagnostic a été réalisé sur la base d'une analyse SWOT (acronyme de Strengths – Weaknesses – Opportunities – Threats) des pratiques d'échantillonnage associées aux dispositifs que les partenaires gèrent. Il en a résulté les constats suivants :

- La traçabilité intra-dispositif est identifiée souvent comme une force, et *a contrario* comme une faiblesse si celle-ci est limitée ou partielle.
- La notion de représentativité est mentionnée plusieurs fois dans la partie faiblesse de la matrice, qui pourrait s'expliquer par un manque de moyens, notamment pour financer des équipements de prélèvement automatique (cf. ci-après) ou du fait de l'hétérogénéité intra-lot (matrices animales notamment). La représentativité est la clé de voûte de l'échantillonnage car elle pose la question de l'objectif poursuivi, et permet de transposer les résultats obtenus à partir d'un nombre d'analyses restreint à l'ensemble de la population que l'on cherche à étudier.
- Les méthodes d'échantillonnage ne sont pas imposées dans certaines filières, elles peuvent différer selon les matrices. D'autres filières, à l'instar des produits de la mer, ont quant à eux précisé dans les documents encadrant le fonctionnement de leur dispositif les procédures et méthodes à des fins d'harmonisation entre tous les opérateurs.

Pour approfondir la compréhension des pratiques d'échantillonnage, les membres du SG 1 ont été sollicités individuellement et à travers leur réseau pour répondre à plusieurs questions :

- Sur quelles références, sur quels textes les dispositifs de surveillance s'appuient-ils pour procéder à l'échantillonnage ?

Les répondants ont mentionné l'utilisation des normes ISO ou NF (telles que la norme NF V03-777 pour les méthodes d'échantillonnage dans les céréales, la norme NF ISO 5502 pour les tourteaux etc.), de méthodes internes, et de la certification CSA-GTP – Charte de Sécurité Alimentaire – Good Trading Practice, élaborée en 2009 par la Fédération du Négoce Agricole, La Coopération Agricole Métiers du Grain et le SYNACOMEX (syndicat national du commerce extérieur des céréales, graines, oléo-protéagineux, légumes secs et produits dérivés) et reconnue au niveau international (plan d'échantillonnage).

Bien que n'ayant pas été cité parmi les documents d'appui pour l'échantillonnage, il est toutefois à noter que le Règlement (CE) n°333/2007 fournit des recommandations précises sur les quantités à échantillonner dans le cadre de la surveillance. Si celui-ci était à l'origine destiné à encadrer la surveillance officielle, il a été modifié en 2016 par le Règlement (CE) n°2016/582. Le considérant n°6 de ce dernier stipule que « Les dispositions relatives aux modes de prélèvement d'échantillons et aux méthodes d'analyse devraient également s'appliquer en dehors du cadre des contrôles officiels. », en conséquence de quoi le titre du Règlement (CE) n°333/2007 a été modifié de manière à faire disparaître les termes de « pour le contrôle officiel ».

- Comment les plans d'échantillonnage sont-ils élaborés (sélection des matrices/produits à analyser, volumes, nombres d'échantillons, répartitions temporelle et géographique, prise en compte des non-conformités antérieures pour une surveillance renforcée, prise en compte du contexte agronomique et pédologique...) ?

La construction des plans d'échantillonnage s'appuie sur la réglementation, la méthode HACCP, les certifications et référentiels qualité, les recommandations interprofessionnelles, les exigences clients et internes, et sur la prise en compte de la situation sanitaire (risques émergents). Ces plans d'échantillonnage sont élaborés annuellement, mais évoluent peu d'une année à l'autre. Leur conception intègre la disponibilité du produit, le volume de la production annuelle, la répartition temporelle et géographique, les non-conformités antérieures. Le contexte agronomique et pédologique n'est pas pris en compte.

- Les méthodes de prélèvement sont-elles décrites et précisées (techniques, outils, précautions...) ?

Pour certaines matrices, les méthodes de prélèvement ne sont pas décrites ou précisées dans les documents encadrant le fonctionnement des dispositifs de surveillance. Sinon, elles le sont à travers les documents internes, les contrats ou cahiers des charges. Parmi les informations décrites et précisées figurent le nombre d'échantillons, les quantités prélevées, les règles de prélèvement et de conditionnement (modes opératoires, précautions, matériels, sécurité) et les procédures de traçabilité et enregistrement.

- Les plans d'échantillonnage sont-ils formalisés ?

Les plans d'échantillonnage peuvent être formalisés avec des plannings de prélèvement incluant les sites à prélever, les matrices à analyser, la quantité à prélever et le laboratoire d'analyse ; des plans de contrôle ou plans de surveillance internes basés sur des procédures et documents internes.

- Comment sont-ils appliqués par les opérateurs (documents, enregistrements, traçabilité, fréquence...) ?

Les opérateurs travaillent à partir des plannings établis au préalable et sur la base des consignes transmises par le service qualité de l'entreprise. Le suivi de l'échantillon, l'enregistrement et la gestion des résultats sont assurés par le service qualité.

Les échanges autour de ces réponses ont fait ressortir les recommandations suivantes :

- **Harmoniser les pratiques d'échantillonnage** au niveau des filières à partir d'un socle de bonnes pratiques basées sur la réglementation, les normes françaises ou ISO existantes et les recommandations émises par les interprofessions ;
- **Encourager les opérateurs à la définition de procédures internes** déclinées à partir du socle réglementaire, normatif et professionnel ;
- **Mieux suivre le déploiement et l'application des procédures internes** par les responsables des plans d'échantillonnage à travers la traçabilité et l'enregistrement des opérations.

Pour y parvenir, des freins à lever ont été identifiés :

- Le besoin en ressources humaines, que ce soit au niveau du service qualité ou du personnel en charge des prélèvements ;
- Pour les matrices qui s'y prêtent, le besoin d'investir dans des équipements de prélèvement automatique afin de limiter les contraintes pour les opérateurs et d'améliorer la représentativité.

2. Méthodes d'analyse

Dans un premier temps, il avait été envisagé de constituer un sous-groupe chargé de déterminer si des difficultés en lien avec l'analyse sont susceptibles de se présenter pour l'analyse du cadmium, notamment en matière d'adéquation et de standardisation des méthodes. Par manque de temps et de participants, le sous-groupe n'a finalement pas été mis en place. Toutefois, ce sujet a été abordé à plusieurs reprises en réunion plénière, notamment lors des échanges ayant fait suite à la présentation des résultats de l'exploitation des données transmises volontairement (cf. section VII) par l'équipe opérationnelle.

a. Méthodes d'analyse du cadmium

La diversité des méthodes et des performances analytiques retrouvées dans l'ensemble des jeux de données transmis a conduit à s'interroger sur les recommandations existant pour l'analyse du cadmium dans les aliments et à les confronter aux données reçues.

Le laboratoire de référence européen (EURL-MN) pour les métaux et composés azotés dans l'alimentation humaine et animale dresse une liste régulièrement mise à jour des méthodes analytiques recommandées pour l'analyse du cadmium (EURL-MN, 2020). La dernière mise à jour date d'avril 2020. Les méthodes recommandées diffèrent en fonction des matrices analysées. Les deux grands types de méthodes recommandées sont d'une part la spectrométrie de masse à plasma à couplage inductif (ICP-MS), et d'autre part la spectrométrie d'absorption atomique (AAS), que ce soit par four graphite/électrothermique (GF-AAS / ET-AAS) ou avec flamme (F-AAS). Dans certains cas incluant l'alimentation animale, la voltampérométrie à redissolution anodique (ASV) peut également être utilisée. Or, après nettoyage et homogénéisation des intitulés des méthodes analytiques pour l'ensemble des données transmises, il apparaît que 36,5 % des analyses ont été réalisées en ICP-MS, 3,9 % en ICP non spécifié et 32,6 % en AAS (dont 6,3 % en AAS-four graphite, les autres 26,3 % ne détaillant pas le type d'AAS). Les 27 % d'analyses restantes regroupent les analyses pour lesquelles la méthode n'était pas rapportée (12,8 %), celles indiquant uniquement « méthode interne » sans précision (11,7 %) ainsi que diverses analyses réalisées ne faisant pas partie de celles recommandées

par l'EURL (2,5 %) telles que la spectroscopie d'émission optique / atomique à plasma à couplage inductif (ICP-OES / ICP-AES), moins sensible que l'ICP-MS, la spectrométrie d'absorption atomique par génération d'hydrures (HG-AAS), la chromatographie gazeuse (GC) ou encore liquide (LC) sans précision sur le détecteur couplé à ces deux techniques de séparation chromatographiques, qui ne sont pas appropriées à l'analyse du cadmium en total. Ces résultats (Figure 45) font **ressortir le besoin de davantage préciser les méthodes utilisées dans les jeux de données.**

b. Confrontation des performances analytiques au Règlement (CE) n°333/2007

Outre les méthodes analytiques recommandées, il existe également des exigences relatives aux performances analytiques pour les analyses du cadmium dans les denrées alimentaires, lesquelles sont définies par le Règlement (CE) n°333/2007. Comme indiqué dans la section VIII.1, ce règlement a évolué en 2016 et devrait désormais être appliqué à toute analyse de cadmium dans les aliments, et non exclusivement aux analyses relevant de la surveillance officielle. Pour l'alimentation humaine, les performances analytiques renseignées dans les jeux de données (limite de détection LD, limite de quantification LQ et incertitude de mesure) ont donc été confrontées à celles exigées par la réglementation. A noter que les autres performances pour lesquelles des exigences sont décrites dans ce règlement - précision, spécificité, reproductibilité, répétabilité et récupération - n'étaient jamais renseignées dans les jeux de données, il n'a donc pas été possible d'évaluer pour ces performances l'adéquation aux exigences réglementaires.

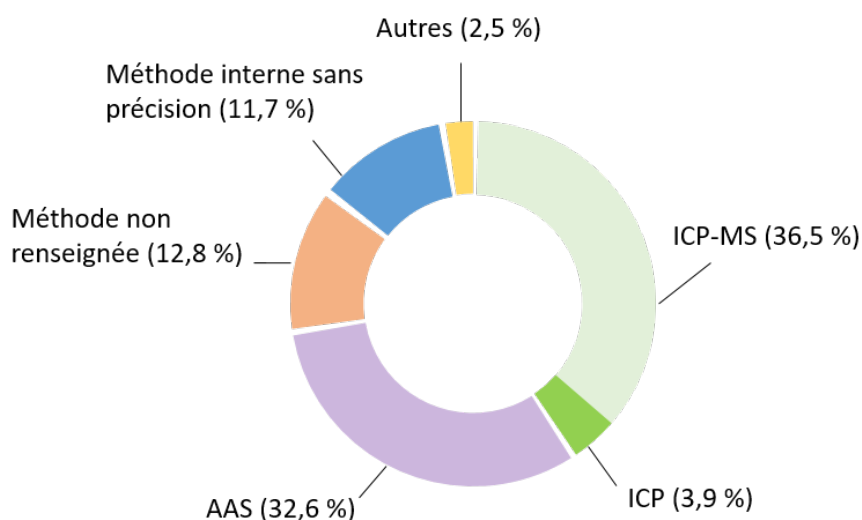


Figure 45 : Proportions des méthodes renseignées dans les jeux de données transmis. La section « Autres » correspond à l'emploi de méthodes autres que celles recommandées par l'EURL-MN.

i. LD et LQ

Le Règlement (CE) n°333/2007 a évolué trois fois pour la LD entre 2010 et 2019 et deux fois pour la LQ. La LD maximale autorisée qui s'exprimait en fonction de la teneur réglementaire (TM) jusqu'au 6 mai 2016, a ensuite été fixée en fonction de la LQ à partir de cette date. La LQ quant à elle a toujours été fixée par rapport à la teneur maximale au cours de cette période (Tableau 38).

Tableau 38 : Tableau récapitulatif des exigences du Règlement (CE) n°333/2007 concernant les performances analytiques attendues pour l'analyse du cadmium dans les denrées alimentaires.

Exigences du Règlement 333/2007	2007 -> 31/08/2012	A partir du 01/09/2012	A partir du 06/05/2016
Valeur attendue pour la LD	< 1/10 TM	Si TM < 0,1 mg/kg : ≤ 1/5 TM ;	= 3/10 LQ
		Si TM ≥ 0,1 mg/kg : ≤ 1/10 TM	
Valeur attendue pour la LQ	< 1/5 TM	Si TM < 0,1 mg/kg : ≤ 2/5 TM ;	Si TM < 0,1 mg/kg : ≤ 2/5 TM ;
		Si TM ≥ 0,1 mg/kg : ≤ 1/5 TM	Si TM ≥ 0,1 mg/kg : ≤ 1/5 TM

Ainsi, seuls les résultats d'analyse pour lesquels une teneur maximale, une LD ou une LQ ont pu être retrouvées, ont été confrontées à ce règlement. De plus, les résultats aberrants ont été écartés. Ont donc été exclues de l'analyse les données pour lesquelles la LD et la LQ renseignées étaient identiques. Cela correspond à 4 résultats d'analyse. Pour les 58 101 résultats d'analyses restant, les LD et LQ ont été confrontées à la réglementation en vigueur au moment du prélèvement de l'échantillon.

Concernant les LD (Tableau 39), les valeurs étaient globalement cohérentes avec les exigences du Règlement (CE) n°333/2007 jusqu'en 2016, alors que jusque-là, ce règlement n'était à destination que des dispositifs de surveillance officielle. Entre 2010 et 2012, 25,8 % des LD ne satisfont pas aux exigences ($LD \geq 0,1 \times TM$) mais cela correspond à une majorité de LD égales au dixième de la TM. A partir du 6 mai 2016, un changement a été apporté à la réglementation puisque la LD maximale qui était définie alors par rapport à la teneur maximale réglementaire a été remplacée par une LD à respecter égale au 3/10^e de la LQ. Cette proportion exacte n'est retrouvée que dans 31 % des cas. Toutefois, l'observation de la distribution du rapport LD/LQ montre que si celui-ci n'atteint pas 0,3, il s'en approche dans la majorité des cas (Figure 46). Ainsi, pour près de 55 % (6 786/12 191) des analyses, le rapport LD/LQ est compris dans l'intervalle [0,2 - 0,4]. Pour 40 % des analyses (4 877/12 191), ce rapport vaut 0,5. L'identité des laboratoires ayant réalisé les analyses n'étant pas renseignée dans la grande majorité des cas, il n'est pas possible de dire si ces écarts de performance analytique sont liés à un laboratoire particulier.

Tableau 39 : Détail des données de surveillance du cadmium pour lesquelles la LD renseignée ne satisfait pas aux exigences du Règlement (CE) n°333/2007. Les données limites sont des données pour lesquelles la LD satisfait aux exigences du règlement mais est égale à la valeur limite autorisée. Les données évaluées correspondent aux données pour lesquelles les informations nécessaires (LD, TM ou LQ) étaient disponibles. TM : teneur maximale réglementaire.

Période	Données (total)	Données évaluées	Réglementation	Données non satisfaisantes (détail)		Données non satisfaisantes (total)
01-01-2010 au 31-08-2012	11343	6345 (55,9 %)	< 1/10 TM	> 1/10 TM	= 1/10 TM	1637 (25,8 % des données évaluées)
				160	1477	
01-09-2012 au 05-05-2016	20090	9464 (47,1 %)	Si TM < 0,1 mg/kg : ≤ 1/5 TM ; Si TM ≥ 0,1 mg/kg : ≤ 1/10 TM	TM<0,1	TM≥0,1	221 (2,3 % des données évaluées)
				>1/5 TM	>1/10 TM	
06-05-2016 au 31-12-2019	26668	12191 (45,7 %)	= 3/10 LQ	>3/10 LQ	<3/10 LQ	8419 (69,0 % des données évaluées mais à tempérer, cf. figure 46)
				7589	830	

Concernant les LQ (Tableau 40), il ressort une amélioration progressive de la conformité aux exigences du Règlement (CE) n°333/2007, en particulier depuis 2016, année à laquelle la destination de ce règlement a été élargie à l'ensemble des dispositifs de surveillance. Toutefois, il subsiste une proportion non négligeable d'analyses pour lesquelles les performances ne sont pas conformes.

Tableau 40 : Détail des données de surveillance du cadmium pour lesquelles la LQ renseignée ne satisfait pas aux exigences du règlement 333/2007. Les données limites sont des données pour lesquelles la LQ satisfait aux exigences du règlement mais est égale à la valeur limite autorisée. Les données évaluées correspondent aux données pour lesquelles les informations nécessaires (LQ et TM) étaient disponibles. TM : teneur maximale réglementaire.

Période	Données (total)	Données évaluées	Réglementation	Données non satisfaisantes (détail)		Données non satisfaisantes (total)
01-01-2010 au 31-08-2012	11343	6324 (55,7 %)	< 1/5 TM	> 1/5 TM	= 1/5 TM	2395 (37,9 % des données évaluées)
				73	2322	
01-09-2012 au 05-05-2016	20090	11195 (55,7 %)	Si TM < 0,1 mg/kg : ≤ 2/5 TM ; Si TM ≥ 0,1 mg/kg : ≤ 1/5 TM	TM<0,1	TM≥0,1	1328 (11,9 % des données évaluées)
				>2/5 TM	>1/5 TM	
06-05-2016 au 31-12-2019	26668	13714 (51,4 %)		2	1326	520 (3,8 % des données évaluées)
				19	501	

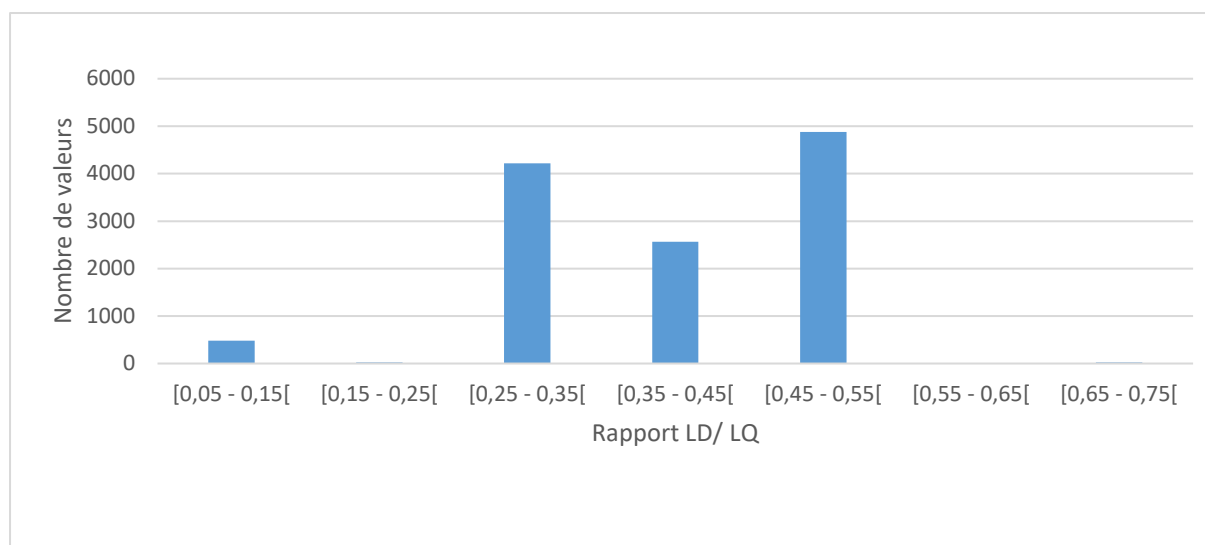


Figure 46 : Valeurs du rapport LD/LQ observées dans le jeu de données pour les résultats d'analyse collectés après l'évolution réglementaire de 2016.

En définitive, en ce qui concerne les LD, l'évolution réglementaire de 2016 qui impose que le rapport LD/LQ soit égal à 3/10 n'est respectée que pour 31 % des résultats, cependant les valeurs trouvées dans le jeu de données avoisinent globalement 3/10. Enfin pour les LQ, il ressort une nette amélioration du respect des performances après 2012 qui s'est poursuivie après l'évolution réglementaire de 2016. Il faut noter toutefois que les informations nécessaires (LD, LQ et teneur maximale) ne sont pas systématiquement connues ou du moins renseignées, et environ 45,6 % des données ont pu être confrontées au règlement. Dans plus de 52 % des données, une seule des deux performances analytiques (LD ou LQ) était rapportée. Dans beaucoup de situations, il peut sembler superflu de noter les deux valeurs. D'ailleurs, pour la transmission des données officielles à l'EFSA, seule la LQ est exigée, sauf si le résultat est inférieur à la LD. Toutefois, la comparaison des résultats à une teneur réglementaire pour s'assurer de la conformité d'un échantillon impose de disposer de ces deux performances analytiques et d'en vérifier la conformité au regard de la réglementation. Si la connaissance de la LQ permet de s'assurer que celle-ci présente une marge suffisante avec la TM, garantissant la justesse et la fidélité du résultat, la LD rentre dans le calcul de l'incertitude et présente donc également un intérêt à être rapportée.

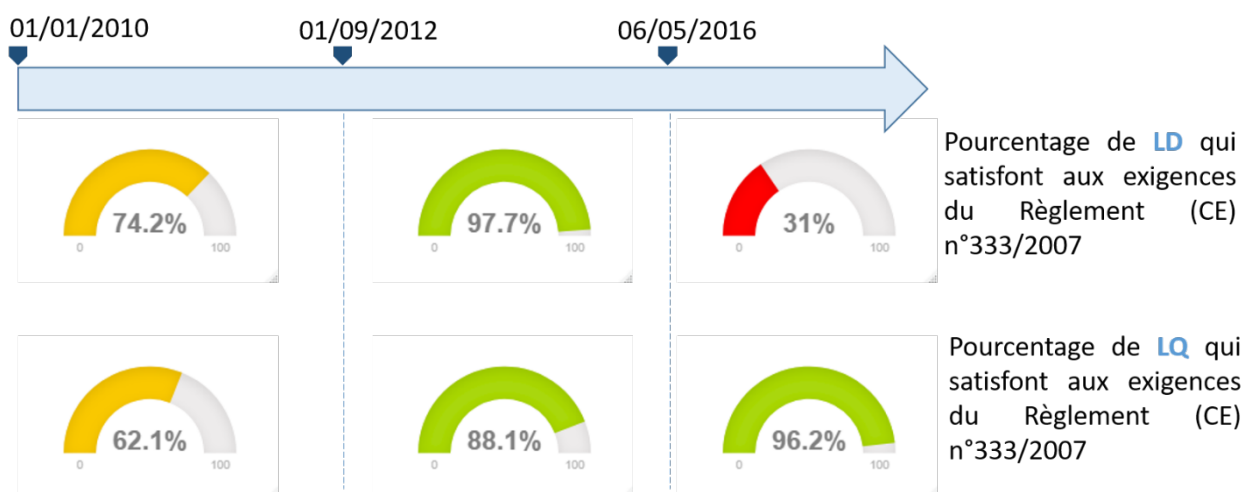


Figure 47 : Proportions de résultats d'analyse pour lesquels les LD et LQ renseignées satisfont aux exigences du règlement 333/2007, en fonction de l'évolution de la réglementation.

ii. Incertitude

Le Règlement (CE) n°333/2007 fixe une incertitude de mesure maximale à ne pas dépasser, qui dépend à la fois de la LD et de la concentration mesurée. Le règlement n'a par ailleurs pas connu d'évolution entre 2010 et 2019. Le calcul de l'incertitude maximale U_f est le suivant, avec C la concentration en cadmium mesurée (lorsque le résultat est quantifié) et α un coefficient qui varie en fonction de la concentration mesurée :

$$U_f = \sqrt{(LD/2)^2 + (\alpha \times C)^2}$$

La valeur du coefficient alpha est indiquée dans le tableau 41 ci-dessous.

Tableau 41 : Valeurs numériques de la constante α en fonction de la concentration en cadmium (C).

C (mg/kg)	α
$\leq 0,050$	0,2
0,051-0,500	0,18
0,501-1,000	0,15
1,001-10,000	0,12
$\geq 10,000$	0,1

L'incertitude liée à la mesure a pu être retrouvée pour près de 48 % (13 295/27 497) des résultats d'analyse quantifiés, pour lesquels il est pertinent de renseigner une incertitude. Cependant, la fiabilité de ces informations semble limitée. En effet, au vu des valeurs renseignées, il semblerait que soit parfois renseignée une incertitude en pourcentage et non en mg/kg, ou bien encore un résultat

retranché de l'incertitude, sans que cela soit possible à vérifier. Afin de limiter les biais, les valeurs aberrantes ont donc été écartées. Cela concerne les résultats d'analyse pour lesquels l'incertitude indiquée était supérieure ou égale au résultat ($n = 1\,938$). Il s'agit probablement d'incertitudes exprimées en pourcentage et non en mg/kg, mais dans le doute ces résultats n'ont pas été retenus. Enfin, l'incertitude maximale réglementaire étant calculée en fonction de la LD, les résultats sans LD ont également été écartés. Au final, 4 850 résultats d'analyse collectés principalement en 2018 et 2019 ont pu être confrontés à la réglementation.

Au total, **69 %** ($n = 3\,361/4\,850$) des incertitudes renseignées satisfont pleinement les exigences du règlement. Parmi les résultats qui à l'inverse, ne satisfont pas au règlement du point de vue de l'incertitude renseignée, près de 76 % ($1\,136/1\,489$) ne satisfont pas non plus les exigences pour la LD.

Concernant les incertitudes qui dépassent l'incertitude maximale réglementaire, ces dernières représentent entre 10 à 99,5 % de la valeur du résultat et dépassent l'incertitude maximale d'un facteur 1 à 8,5 comme cela est représenté dans la Figure 48). Cependant, près de 63 % ($934/1\,489$) d'entre elles dépassent l'incertitude maximale d'un facteur inférieur à 1,5.

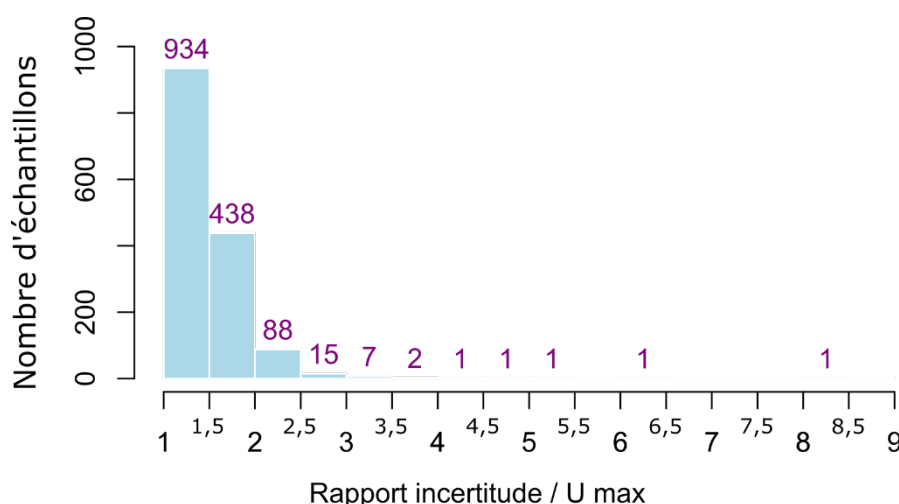


Figure 48 : Valeurs du rapport Incertitudes rapportées dans le jeu de données/ U_f max (incertitudes maximales réglementaires) pour les incertitudes dépassant la valeur réglementaire U max : incertitude maximale réglementaire

c. Conclusions

En conclusion, il apparaît que, dans l'ensemble, les méthodes employées sont conformes aux recommandations du laboratoire de référence de l'UE et les performances analytiques respectent la réglementation ou du moins les valeurs rapportées restent majoritairement proches des attendus.

Une question se pose néanmoins vis-à-vis du respect du rapport de $3/10^e$ entre la LD et la LQ et il semblerait qu'entre 2016 et 2019 plusieurs laboratoires aient rapporté des rapports avoisinant plutôt les $5/10^e$. Cette valeur interroge sur le mode de calcul des deux performances même si le point essentiel à vérifier reste l'adéquation de la LQ à l'objectif recherché, notamment à la valeur réglementaire à laquelle le résultat doit être confronté, de manière à garantir une bonne sensibilité de l'analyse.

Il n'est par ailleurs pas exclu que certains dépassements des valeurs réglementaires observés soient dus à des erreurs lors de la saisie des données. De même, une partie des incertitudes n'étant pas renseignée, il est possible que la proportion d'incertitudes satisfaisant le règlement soit sous-estimée.

Ces résultats, ainsi que les échanges qui ont eu lieu au sein du GT lors de la restitution des analyses, ont montré que les gestionnaires de dispositifs de surveillance font généralement confiance aux laboratoires pour sélectionner la meilleure méthode à appliquer, dans le respect des textes réglementaires. Toutefois, il ressort **qu'il serait pertinent que les gestionnaires soient davantage impliqués dans l'étape de suivi des analyses**. Pour cela, il leur est nécessaire de disposer d'informations sur les méthodes et les performances exigibles. Les gestionnaires n'ont généralement pas reçu d'enseignement s'y rapportant lors de leur formation initiale, ni même lors de leur formation continue professionnelle. **L'intérêt d'une formation courte et/ou d'un support permettant d'aider les professionnels à identifier les informations à rapporter et les guider sur la façon d'interpréter celles-ci est souligné.**

Ces observations conduisent le GT cadmium à émettre les recommandations suivantes :

- **Encourager les laboratoires à respecter les exigences du Règlement CE n°333/2007**, lesquelles étaient initialement formulées pour la surveillance officielle mais ont été étendues à l'ensemble de la surveillance en 2016 ;
- **Inciter les professionnels de la chaîne alimentaire à vérifier l'adéquation des méthodes et leurs performances** (méthodes validées) et **inciter au report systématique de celles-ci** (*a minima* les LD, LQ et incertitude). Pour l'incertitude en particulier, l'unité devrait être indiquée sans ambiguïté car elle peut être parfois exprimée en mg/kg ou en pourcentage. La mise en place de tests logiques permettant de repérer les valeurs aberrantes peut également permettre d'améliorer la qualité des données et leur exploitabilité ;
- **Proposer des formations courtes sur les exigences en termes de méthodes analytiques** pour les personnes en charge de dispositifs de surveillance, afin qu'elles disposent des éléments nécessaires à l'analyse critique des résultats rendus, et ce quelle que soit l'échelle du dispositif.

3. Échanges avec les Autorités compétentes et l'Anses

Important: La présente section "Échanges avec les Autorités compétentes et l'Anses" est le fruit d'échanges menés par l'équipe d'animation du GT auprès de la DGAL, de la DGCCRF et de l'Anses. Elle rapporte les avis et les leviers d'action identifiés par ces partenaires, et a fait l'objet d'une restitution auprès du GT. Toutefois, elle ne reflète que la position de ces trois organismes qui contribuent conjointement à la surveillance officielle, les conclusions formulées n'engagent pas les autres membres du GT. Les actions proposées n'ont pas vocation à être portées par la Plateforme.

Au cours des échanges au sein du GT, il est apparu que la réglementation d'un couple danger/matrice impactait fortement sa surveillance. La programmation des plans officiels doit en effet répondre à une exigence de contrôle, réaffirmée et renforcée par le Règlement (CE) n°2017/625, impliquant de cibler préférentiellement des matrices réglementées afin de s'assurer du respect de la réglementation en vigueur. Les opérateurs de la chaîne alimentaire devant, quant à eux, justifier de la bonne application de la législation, ils ciblent également davantage les matrices réglementées. Ceci est particulièrement vrai pour le cadmium pour lequel il existe de nombreuses catégories de denrées alimentaires réglementées en alimentation humaine et en alimentation animale. Dans la mesure où la réglementation d'une matrice influe sur la fréquence de sa surveillance et où la teneur maximale autorisée pour le danger dans cette matrice détermine la conformité ou non de l'échantillon, et par voie de conséquence sa mise sur le marché, le GT s'est interrogé sur le choix des matrices réglementées et la pertinence des niveaux autorisés au regard des risques.

Cette question avait déjà fait l'objet d'une évaluation par l'Anses. En effet, en décembre 2019, l'Agence a publié les conclusions de la saisine « **Optimisation de la surveillance de la contamination chimique des aliments** » dite « CIMAP 2 » (Anses, 2019 b), laquelle portait sur l'adéquation des recommandations européennes sur le choix des couples matrices/substances par rapport à la protection de la santé des consommateurs pour un ensemble de dangers chimiques, incluant le cadmium. Diverses recommandations avaient été formulées en fonction des matrices : « **maintenir** » ; « **renforcer** », « **réduire ?** » la surveillance ou la réglementation, c'est-à-dire mener une réflexion visant à évaluer la pertinence du maintien de la surveillance ou de la réglementation, et enfin, « **créer ?** », c'est-à-dire évaluer la pertinence de mettre en place une réglementation.

Au regard de cet avis de l'Anses et en considérant les précédents avis de l'Agence en lien avec l'exposition de la population au cadmium (Afssa 2007 ; 2010 ; Anses, 2011 b ; 2019a ; 2020 b ; 2020 c ; 2021), le GT s'est interrogé sur les suites données à ces conclusions, afin de mieux appréhender quel

impact celles-ci avaient pu avoir sur l'évolution de la réglementation entraînée par la promulgation du Règlement (CE) 2021/1323 et sur la programmation de la surveillance officielle du cadmium. Les membres du GT ont considéré que les réponses à ces questions relevaient du champ de compétence de la DGAL et de la DGCCRF mais pouvaient également être considérées à la lumière des recommandations émises par l'Anses dans plusieurs de ses avis et qu'il était donc pertinent, dans le cadre de ce GT, d'échanger avec le gestionnaire et l'évaluateur de risques sur les suites données à ces recommandations.

Trois entretiens ont ainsi été conduits en distanciel par l'équipe d'animation du GT cadmium, sur la base d'un questionnaire élaboré par le groupe de travail et transmis aux participants en amont des échanges. Ces entretiens ont successivement rassemblé :

- Trois représentants de la DGAL le 21 janvier 2022 : Laurent Noël et Karine Bertholon du Bureau d'Appui à la Maîtrise des Risques Alimentaires (BAMRA), ainsi que Diane Cuzzucoli du Bureau de la Gestion Intégrée du Risque (BGIR) ;
- Trois représentants du Bureau 4B– Qualité des denrées alimentaires – de la DGCCRF le 02 février 2022 : Florian Simonneau, Laurence Monéron et Corinne Bergeron ;
- Quatre représentants de l'Unité d'Évaluation des Risques liés aux Aliments (UERALIM) appartenant à la Direction de l'Évaluation des Risques (DER) de l'Anses : Nathalie Arnich, Nawel Bemrah, Géraldine Carne et Julien Jean. Thierry Guérin de la Direction de la Stratégie et des Programmes (DSP), et Renaud Lailler, coordinateur adjoint de la Plateforme SCA pour l'Anses, ont également participé à cette rencontre.

Les comptes-rendus des entretiens ont été soumis à la relecture et la validation de tous les participants. Ils ont servi de base à la rédaction de cette section.

a. Couples réglementés et impact de la saisine CIMAP 2

En 2019, CIMAP 2 avait identifié plusieurs matrices relevant de la catégorie de recommandations « à créer ? », c'est-à-dire pour lesquelles une réflexion plus approfondie devait être menée pour déterminer s'il était pertinent de réglementer. Pour le périmètre de la DGAL, seul le miel était concerné pour le cadmium. Celui-ci est surveillé depuis plusieurs années en France (quelques dizaines de prélèvements par an) et tous les résultats sont inférieurs aux limites de quantification. La DGAL n'a donc pas souhaité porter de proposition de réglementation de ce produit au niveau européen. Pour le périmètre de la DGCCRF, les recommandations portaient sur des produits transformés à base de fruits, à base de chocolat, ainsi que des confiseries (produits transformés à base de sucre). Or, ces produits étaient déjà réglementés indirectement par l'article 2.1 du Règlement (CE) n°1881/2006 modifié (cf. section VI.3.d.iv)) et leur proposition de réglementation a résulté d'une mécompréhension entre l'Anses et la DGCCRF. Il n'est pas apparu nécessaire pour la DGCCRF de proposer de nouvelles matrices à réglementer sur la base de ces recommandations. Il est à noter qu'en 2021, la liste des matrices réglementées pour le cadmium qui figure en annexe du Règlement (CE) n°1881/2006 modifié, a été étoffée par le Règlement (CE) n°2021/1323. Ces nouvelles matrices regroupent entre autres divers fruits et légumes, les boissons destinées aux nourrissons, ainsi que le sel. Le règlement (CE) n°2023/915 a abrogé le règlement n°1881/2006 sans modifier les teneurs réglementaires établies pour le cadmium.

Comme rappelé dans la section V.3, la fixation des teneurs maximales réglementaires (TM) repose sur le principe ALARA. Dans ce domaine toutefois, l'Anses, qui est régulièrement consultée pour apporter un éclairage sur les TM à fixer pour un aliment ou une catégorie d'aliments sur la base d'une évaluation

des risques sanitaires, propose une nouvelle approche. En effet, compte tenu des dépassements de la valeur toxicologique de référence (VTR) du cadmium par ingestion d'une partie de la population exposée par son alimentation, le crédit toxicologique lié au cadmium est entièrement utilisé et même dépassé. Toute évaluation de risques parcellaire, portant sur la consommation émergente d'un aliment ou d'une catégorie d'aliment isolée, se trouve donc contrainte par cet état de fait. En 2020, dans la saisine n°2020-SA-0041 (Anses, 2020 c), l'Anses concluait : « *Concernant plus largement la problématique du cadmium dans les denrées alimentaires, l'Anses rappelle qu'elle considère impossible de proposer de nouvelles teneurs maximales aliment par aliment sans stratégie de gestion des risques prenant en compte l'ensemble des aliments contributeurs et leur importance dans le régime des populations concernées. Une fois cette stratégie arrêtée, des recommandations en teneurs maximales pour l'ensemble des aliments contributeurs pourront être formulées pour diminuer les expositions et optimiser la maîtrise du risque associé au cadmium dans l'alimentation.* » **L'Agence propose donc de mener une évaluation globale pour répartir le crédit toxicologique du cadmium par aliment en tenant compte des régimes alimentaires, de manière à ce que l'ensemble des limites proposées permette in fine d'éviter un dépassement de cette VTR.** Cela pourrait conduire à proposer de nouvelles teneurs maximales dans les aliments, qui ne suivraient pas le seul principe ALARA. L'Anses propose d'utiliser cette approche novatrice pour le cadmium comme **preuve de concept**, d'abord au niveau national puis de la porter secondairement à la connaissance de l'EFSA. La méthode doit en effet être d'abord développée et consolidée avant d'y associer les autres pays européens qui peuvent rencontrer des problématiques spécifiques du fait de particularités locales.

Il convient par ailleurs de rappeler que, si la fixation de TM permet de maintenir une pression de contrôle, qui minimise le risque, il existe d'autres mesures de gestion qui peuvent permettre d'agir sur l'exposition des consommateurs, telles que la gestion à la source de contaminations comme les rejets environnementaux ou procédés à l'image de certaines pratiques agricoles (exemple : épandage des engrais minéraux phosphatés), ou encore la formulation de recommandations de consommation. La gestion du cadmium nécessite de considérer le problème dans sa globalité. C'est précisément un travail que l'Anses souhaite mener en estimant l'exposition agrégée de la population toutes voies confondues (orale, par inhalation, professionnelle) et en prenant en considération les sources alimentaires, l'apport des engrais, le tabac etc., afin d'identifier les leviers d'action prioritaires à mettre en place. Ce projet est jugé prioritaire par l'Agence qui souhaite s'en auto-saisir dès que possible sous réserve de disposer de ressources disponibles.

b. Surveillance officielle des denrées alimentaires

En matière de renforcement de la surveillance, la saisine CIMAP 2 de l'Anses avait également émis des recommandations.

Pour les **denrées relevant de la DGAL**, les recommandations de CIMAP 2, qui portaient notamment sur le renforcement de la surveillance des poissons et fruits de mer non réglementés, n'ont pas encore pu être prises en compte mais l'intégration de ces propositions figure au programme de travail du BGIR en 2022. Repenser dans sa globalité la programmation des PSPC est en effet une priorité pour ce bureau, dont les réflexions vont se trouver au croisement des campagnes précédentes, des travaux de l'Anses, de la veille sanitaire ainsi que des travaux de la Plateforme SCA incluant ce GT. **Le déploiement des plans de surveillance programmés à la lumière de CIMAP 2 est prévu à partir de 2023**, ce qui coïncide avec la date limite de mise en application des points du Règlement (CE) n°2017/625 relatifs aux contrôles aux imports et aux résidus de substances dans l'alimentation humaine et animale (cf. section III.3). Par ce Règlement, les procédures de contrôle vont se trouver renforcées. En effet, jusqu'à présent, le cadmium était recherché dans les matrices issues d'animaux terrestres (hors lait) *via* un

plan de contrôle national répondant à la Directive n°96/23/CE, et dans les produits de la mer et d'eau douce par un plan de surveillance national pour correspondre aux exigences du Règlement (CE) n°2019/627. En 2023, les analyses du cadmium dans les matrices d'origine animale, qu'elles soient terrestres ou marines, s'inscriront dans le même plan de contrôle national, auquel s'ajoutera un plan de contrôle sur les imports. Ces obligations sont encadrées par un règlement délégué¹⁶ et son annexe, qui fixent les groupes de substances à analyser par catégorie de matrice, ainsi que les critères de ciblage et un règlement d'exécution¹⁷ et son annexe, qui fixent les fréquences de prélèvements (cf. section III.3.a). Toutes les matrices analysées par la DGAL pour le cadmium relèveront donc d'un plan de contrôle, plus rigide quant à la répartition des matrices à analyser, et suivant une stratégie d'échantillonnage ciblée. Une fois l'application de ces règlements planifiée, le BGIR souhaite confronter les recommandations de CIMAP 2 aux exigences du Règlement (CE) n°2017/625 pour déterminer ce qu'il est pertinent et possible de planifier en matière de surveillance, conditionné aux ressources financières et humaines. Les premières réflexions pourraient porter sur le cadmium.

Pour les denrées relevant de la DGCCRF, les propositions de renforcement de la surveillance concernaient principalement des légumes et produits à base de légumes (légumes-racines, légumes-bulbes, légumes-fruits, légumes du genre *Brassica*, légumes à feuilles, légumes-tiges et champignons) en ciblant ceux présentant des non-conformités. Or, depuis 2015, une seule non-conformité a été relevée dans les enquêtes de la DGCCRF pour le cadmium, dans des épinards surgelés. Par ailleurs, lorsque de nouvelles TM sont en cours de discussion ou en attente d'application, les Autorités confrontent les résultats d'analyses à ces futures valeurs réglementaires. Les échantillons dont les concentrations dépassent ces futures TM sont étiquetés « à surveiller ». Cela représente entre deux et six analyses par an. En 2017, un échantillon de chocolat noir avait été classé « impropre à la consommation », aboutissant à un retrait du produit, en raison de teneurs en cadmium excédant largement la TM votée en 2014 mais dont l'application n'était prévue qu'en 2019. Ainsi, la surveillance des catégories d'aliments pour lesquelles un renforcement était suggéré a été maintenue, mais en précisant dans les instructions techniques à destination des services déconcentrés quelles matrices avaient fait l'objet de non-conformités afin que celles-ci soient spécifiquement surveillées.

De façon générale, la clé de répartition des analyses à réaliser entre les différentes catégories d'aliments dans les plans de contrôle suit la production nationale. Elle n'est donc pas toujours un bon reflet de la contribution à l'exposition des catégories d'aliments. Elle se trouve fortement contrainte par les exigences européennes, ce qui laisse une faible latitude aux autorités compétentes nationales pour répartir les prélèvements.

En matière d'échantillonnage, deux autres points ont été discutés en entretien :

- **La prise en compte des contaminations locales.** Le cadmium étant un contaminant du sol, les niveaux de contamination dans celui-ci impactent ceux des végétaux qui y poussent ou des animaux qui s'en nourrissent. Il est donc pertinent de cibler préférentiellement les zones agricoles où le cadmium est le plus biodisponible pour le transfert vers les plantes cultivées. A cet effet, les instructions techniques de la DGAL transmises en région stipulent la nécessité de tenir compte des contaminations locales dans le ciblage des zones géographiques d'intérêt.

¹⁶ Règlement délégué (UE) 2022/931

¹⁷ Règlement délégué (UE) 2022/932

Les bases de données Basol et Basias sont ainsi exploitées¹⁸ pour déterminer les zones à privilégier mais une meilleure évaluation de la biodisponibilité du Cd dans les sols cultivés devrait être considérée. L'existence de non-conformités antérieures est également prise en compte. Ceci étant, si ces éléments sont faciles à intégrer au niveau régional en cas d'existence d'un ancien site pollué, ils sont plus complexes à utiliser lorsque la pollution est plus diffuse ;

- **Les échantillonnages sur lots.** Les contrôles sont en effet souvent effectués sur des lots, résultant d'assemblage de productions unitaires. Cette approche par lots est contrainte par le Règlement (CE) n°333/2007 modifié, avec l'objectif d'être représentatif et homogène. En cas de non-conformité d'un lot, il est plus difficile de remonter au producteur concerné que si l'échantillon ne portait que sur une production unitaire. Cela pourrait conduire à s'interroger sur l'utilité de conserver des échantillons de chaque produit avant assemblage, qui seraient conservés dans l'attente de l'analyse sur le lot, et qui pourraient être contrôlés ensuite en cas de non-conformité. Toutefois, les autorités compétentes ne jugent pas cette mesure nécessaire car si des anomalies sont détectées sur un lot, l'information est transmise aux services déconcentrés de la DGAL (DRAAF) qui peuvent remonter à chaque agriculteur grâce à la traçabilité. Il est en effet de l'intérêt de chaque opérateur de conserver une traçabilité la plus précise possible pour qu'en cas d'anomalies sur le lot, le retrait soit le plus limité possible. En conséquence, les opérateurs vont souvent au-delà des exigences réglementaires en matière de traçabilité et il est possible de retrouver assez précisément l'origine de la non-conformité.

c. Apport du cadmium par les engrais

Comme stipulé précédemment (cf. section III.3), le Règlement (CE) n°2019/1009 fixe des limites en cadmium dans les matières fertilisantes. Lors des discussions qui ont précédé son adoption, l'Anses avait été saisie pour déterminer quels seraient les niveaux en cadmium à ne pas dépasser dans l'ensemble des matières fertilisantes et supports de culture afin de maîtriser la pollution des sols agricoles et la contamination des productions végétales (et ainsi réduire l'exposition du consommateur). L'Anses a rappelé que les engrais minéraux phosphatés sont particulièrement pertinents à cibler pour le cadmium car ils représentent plus de la moitié des apports en cadmium sur les sols agricoles français à l'origine de la contamination des aliments (Belon, 2012). Ils sont identifiés comme une source majeure d'apport en cadmium en France, devançant les autres matières fertilisantes et les dépôts atmosphériques. Les engrais minéraux phosphatés – résultant des mines de phosphate contenant des concentrations en cadmium pouvant être élevées selon l'origine géographique et géologique de la roche – figurent comme les seules matières fertilisantes susceptibles d'être régulées à la source de fabrication par le choix de sources de phosphates naturellement pauvres en cadmium, ou par la mise en œuvre de techniques de décadmiation. A la différence des engrais minéraux phosphatés, les matières fertilisantes d'origine organique ou résiduaire (boues de stations d'épuration des eaux usées, effluents d'élevage, etc.) constituent des sources de cadmium dont la

¹⁸ Pour les contaminants de l'environnement, les informations relatives à la qualité de l'environnement (informations notamment disponibles au sein des bases de données iREP (registre français des émissions polluantes), BASIAS (inventaire historique des sites industriels et activités en service) ou BASOL (données sur les sites et sols pollués ou potentiellement pollués appelant une action des pouvoirs publics, à titre préventif ou curatif) du ministère en charge de l'environnement) recueillies auprès de la DREAL (Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement) doivent être mises à profit pour répartir les prélèvements au niveau départemental. De même, l'existence d'un site ou d'une zone géographique pollués doit conduire à envisager de cibler tout ou partie des productions d'origine animale dans le périmètre identifié.

concentration est liée à une contamination environnementale généralisée, plus diffuse. L'Anses avait donc recommandé dans la saisine 2015-SA-0140 (Anses, 2019 a) une teneur de 20 mg Cd/kg P₂O₅ dans les engrais minéraux phosphatés pour respecter un flux d'apport en cadmium de 2 g Cd/ha/ an par la matière fertilisante afin de réduire la contamination en cadmium des aliments et l'exposition alimentaire¹⁹. La limite réglementaire de contamination en cadmium pour les engrais minéraux phosphatés a finalement été établie par la réglementation européenne à 60 mg Cd/kg P₂O₅. Des teneurs maximales ont également été fixées pour d'autres types de matières fertilisantes. La DGAL a estimé que ce seuil de 60 mg Cd/kg P₂O₅ était adapté s'il était associé à une limitation du flux d'apport autorisé de cadmium à la parcelle, ce qui permet un renversement plus rapide de la tendance d'accumulation en cadmium dans les sols et les aliments. C'est pourquoi un **décret appelé « le Socle Commun », est en cours de finalisation au niveau national, lequel intégrera des valeurs limites de flux de cadmium apportées par les matières fertilisantes mises sur le marché, ou mises en plan d'épandage hors effluents d'élevage, qui viendront s'ajouter à la limite réglementaire de contamination des engrais par le cadmium telle que fixée par la réglementation européenne. L'Anses a réaffirmé la proposition d'un flux de 2 g Cd/ha/an quelle que soit la matière fertilisante apportée au sol agricole. Dans sa note d'appui scientifique et technique liée à la saisine 2021-AST-0120, l'Anses indique que l'atteinte de l'objectif de ce flux peut en outre nécessiter de raisonner l'emploi des matières fertilisantes, notamment les engrais minéraux phosphatés et pour les matières fertilisantes émergentes, en modulant les pratiques agronomiques en termes de dose apportée et de concentration en cadmium dans les intrants (Anses, 2021).**

De plus, **d'autres mesures de gestion** pourraient venir en complément de la fixation de valeurs réglementaires, telles que **l'étiquetage des matières fertilisantes avec le taux de cadmium, ainsi que le renforcement des analyses en cadmium dans ces matières, notamment les engrais, pour connaître les niveaux de contamination. Enfin, la mise en pratique de techniques de décadmiation (Anses, 2021) des engrais est à encourager.**

d. Évaluation des risques et Recherche

Lors de sa rencontre avec l'UERALIM, l'équipe d'animation du GT cadmium a souhaité échanger sur les besoins identifiés en matière d'acquisition de connaissances toxicologiques, de développement de méthodes analytiques, ou encore de données transmises.

i. Toxicologie

Sur le plan de la toxicologie, l'UERALIM considère que les recherches prioritaires à mener portent sur la caractérisation de la relation dose-réponse aux faibles doses d'exposition, notamment au regard des

¹⁹ Lors de la restitution de ces échanges en GT, des membres du groupe ont souhaité rappeler que, suite à cet avis de l'Anses, le Comité Français d'Étude et de Développement de la Fertilisation Raisonnée (COMIFER) a émis en 2021 une proposition de recalcul des niveaux de cadmium à atteindre dans les matières fertilisantes et supports de culture sur la base d'une hypothèse d'apport d'engrais phosphatés au sol prenant en compte les méthodes de raisonnement du calcul de la dose de phosphore à apporter. Le COMIFER dans son analyse des hypothèses, a considéré que les quantités de phosphore apportées présentaient un « caractère non réaliste » et a indiqué que « la correction de ces erreurs modifiera donc certainement nettement les conclusions quant aux teneurs maximale en Cd admissibles dans les engrais pour ne pas dépasser un flux annuel de Cd entrant fixé. » .. Cette proposition a été suivie d'une note d'appui scientifique et technique de l'Anses dans laquelle l'Agence confirmait sa première conclusion (Anses, 2021).

effets osseux, cardiovasculaires, cancérogènes et neuro-développementaux. Ainsi, le dernier avis de l'Anses relatif à la proposition de valeurs toxicologiques de référence, datant de 2019, a retenu comme effet critique des effets osseux : l'ostéoporose et la survenue de fractures osseuses. Cependant, le mécanisme d'action du cadmium sur l'os n'est pas suffisamment clair à ce jour, notamment si l'effet survient du fait d'une action directe du cadmium sur l'os ou s'il résulte d'une action indirecte produite par la fuite urinaire des protéines de faibles poids moléculaires entraînant un défaut de réabsorption du calcium. Les effets cardiovasculaires sont également à étudier davantage, certaines études ayant montré une association entre l'exposition au cadmium et le développement de l'athérosclérose en lien avec la survenue de maladies cardiovasculaires chez l'homme et la femme à des doses similaires (0,5 µg/g de créatinine) aux effets observés sur les reins et les effets osseux. Ces études sont toutefois peu nombreuses et hétérogènes, ce qui conduit à ne pas retenir ces effets comme effet critique à ce jour. Concernant les effets cancérogènes, des travaux plus approfondis doivent aussi être menés. L'exposition alimentaire et/ou environnementale au cadmium peut affecter les individus par des effets cancérogènes (hormono-dépendants, mammaires, testiculaires, prostatiques, rénaux...). Les évaluations conduites à l'Anses (Anses, 2019 a) soulignent que pour une exposition orale, l'effet cancer ne peut être retenu comme effet critique car :

- Chez l'animal, il a été montré que des effets sur d'autres organes, notamment sur les reins et les tissus osseux, apparaissent à des doses inférieures à celles induisant le cancer ;
- Chez l'Homme, aucune étude ne permet de montrer clairement une association entre exposition orale et cancer. Les études portant sur l'association entre l'augmentation de certains types de cancer (sein par exemple) associée à une concentration urinaire de cadmium ne sont pas exploitables. En raison de facteurs confondants tels que le tabagisme et les co-expositions potentielles (ex : arsenic), l'interprétation des résultats reste difficile.

D'autres études cancérogènes après exposition alimentaire au cadmium sont nécessaires pour apprécier une relation dose-réponse. A noter que certains travaux ont montré une augmentation du cancer du sein, associée à une concentration urinaire en cadmium proche de 0,6 µg/g de créatinine et un risque doublé de cancer de l'endomètre chez les femmes ménopausées exposées à des niveaux élevés de cadmium par voie alimentaire.

Enfin, l'Etude de l'Alimentation Totale (EAT) infantile a rappelé que « *plusieurs études épidémiologiques suggèrent de possibles effets neuro-développementaux liés à des expositions faibles au cadmium durant la période fœtale et la petite enfance* » mais que ces études ne permettent pas à ce jour de définir de VTR. Dans le cadre de la révision de la VTR du cadmium en 2019, l'Anses a conduit une revue de la littérature (2011-2017) sur les effets de cet élément auprès de la population générale et des enfants. Sur la trentaine de nouvelles études identifiées montrant différents effets, plusieurs d'entre elles ont suggéré des effets sur le développement neurocognitif. D'autres études ont également mis en évidence des effets staturo-pondéraux, tandis que d'autres enfin font apparaître des résultats contradictoires. Les résultats de la revue critique de la littérature de l'Anses, incluant les articles cités précédemment figurent à l'annexe 3 d'un article co-écrit par l'Anses et Santé publique France (Leconte, 2021). *In fine*, il apparaît qu'il est difficile de conclure en l'état des connaissances actuelles, au regard du manque de robustesse de la majorité des travaux, ce qui incite à la réalisation d'études supplémentaires en utilisant des méthodologies plus rigoureuses. Ces recherches sont toutefois jugées par l'Anses moins prioritaires que celles précédemment indiquées (sur la caractérisation de la relation dose-réponse aux faibles doses d'exposition, notamment au regard des effets osseux, cardiovasculaires, cancérogènes et neuro-développementaux).

ii. Autres connaissances à développer

Outre l'acquisition de connaissances dans la caractérisation de la relation dose-réponse, l'Anses recommande de développer les recherches dans les domaines suivants :

- **Le transfert du cadmium dans la chaîne alimentaire et en particulier au niveau sol-plante :** celui-ci commence à être bien connu dans certaines cultures, comme celle du blé dur (cf. projet Bléssûr, section VI.5) mais nécessiterait davantage de travaux de recherche pour affiner les connaissances sur la part de cadmium transférée à d'autres végétaux, notamment en lien avec les pratiques de fertilisation;
- **Le phénomène de lixiviation pour l'évaluation de la part du cadmium entraîné ;**
- **Les pratiques d'autoconsommation, notamment pour les personnes vivant à proximité de zones polluées.** Afin de mieux identifier ces pratiques, l'unité Méthodologie et Études (UME) de l'Anses travaille actuellement à l'élaboration d'une méthode d'évaluation des risques prenant en compte les pratiques d'autoconsommation ;
- **L'exposition agrégée toutes voies confondues (orale, inhalation, professionnelle), qui prendrait en considération différentes sources telles que la contamination des engrais, le tabac...** (cf. section III.3). Il est à noter d'ailleurs que la VTR a été construite indépendamment du tabagisme et pourrait être affinée en intégrant ce facteur dans la prise en compte de l'exposition globale.

iii. Méthodes analytiques

L'intérêt de la spéciation lors de la réalisation des analyses de cadmium, soit par la surveillance officielle, soit dans le cadre des EAT, a été discuté avec l'Anses. Cette question avait déjà été soulevée lors de l'élaboration des Études de l'Alimentation Totale (EAT) et des réunions de travail menées dans le cadre de l'expertise de la saisine 2015-SA-0140 de l'Anses relative à l'exposition au cadmium (Anses, 2019 a) mais il n'y avait pas eu de recommandation spécifique émise à ce propos. D'une façon générale, ce sujet n'a pas fait l'objet de débats à l'EFSA ou au JECFA ou dans des débats d'experts que ce soit dans le domaine environnemental ou alimentaire. Il n'y a donc pas d'arguments à ce jour laissant penser que des analyses de spéciation auraient un intérêt pour le cadmium et permettraient une ERS plus fine, et ce d'autant que la forte correspondance entre les conclusions des EAT et celles de l'étude Esteban de Santé Publique France (2021), rapportant une élévation de l'exposition de la population au cadmium qu'elle soit estimée par voie externe ou interne, est en faveur de la pertinence de l'analyse du cadmium total pour l'évaluation des risques liés à l'exposition au cadmium.

iv. Données transmises : l'importance du facteur de conversion pour les produits transformés

Pour rappel, l'article 2.1 du Règlement (CE) n°1881/2006 modifié (remplacé en mai 2023 par l'article 3.2 du règlement n° 2023/915 qui en a conservé la substance) stipulait que la TM fixée pour une matrice doit s'appliquer à toutes les denrées alimentaires qui sont produites à partir de celles-ci par des procédés de séchage, de dilution, de transformation ou par association de plusieurs ingrédients, sous réserve de tenir compte des modifications apportées à la concentration du contaminant dans le

produit final et donc d'appliquer des facteurs de conversion. Durant les contrôles officiels, des éléments relatifs à la recette du produit sont transmis à l'Autorité compétente par les opérateurs, permettant de définir le facteur de conversion à appliquer²⁰. Lors de l'analyse, le laboratoire applique directement ces facteurs de conversion pour déterminer la conformité ou non de la denrée. Or, par la suite, ces facteurs ne sont pas rapportés dans la base de données des plans de surveillance/plans de contrôle/ enquêtes des Autorités compétentes, ceux-ci n'étant pas requis par l'EFSA. Ainsi, pour les produits transformés pour lesquels la TM se déduit de celles fixées pour les ingrédients qui la compose, **l'Anses ne dispose que de l'information conforme/non-conforme, pas de la TM finale qui a été appliquée au produit par dérivation de la TM réglementaire fixée dans le produit final, ce qui limite l'exploitation de ces bases de données. L'accès à ces informations permettrait d'interpréter plus finement les données officielles utilisées dans le cadre des saisines**²¹.

²⁰ La méthode appliquée est développée est développée dans le paragraphe II.C, ainsi que dans l'annexe 3 de l'instruction technique 2022-4 de la DGAL datée du 24 décembre 2021 : <https://info.agriculture.gouv.fr/gedei/site/bo-agri/instruction-2022-4/telechargement>

²¹ Il est à noter que cette difficulté est également rapportée par l'équipe opérationnelle de la Plateforme SCA en charge de l'exploitation des données dans le cadre du GT cadmium (cf. § Annexe 6, section c).

e. Leviers d'actions

Les échanges auprès de la DGAL, de la DGCCRF et de l'Anses ont fait ressortir des leviers d'actions, lesquels sont rapportés ci-après. Pour rappel, ces propositions ont été émises en complément de celles du GT et n'engagent pas ses membres :

A) Leviers d'action identifiés lors des entretiens auprès de la DGAL et la DGCCRF :

Exploitation des saisines CIMAP de l'Anses :

1. Les recommandations de CIMAP 2 relatives au renforcement de la surveillance pour certaines denrées alimentaires relevant du périmètre de la DGAL n'ont pas encore pu être prises en compte. Une réflexion intégrant les différentes matrices contributrices est à mener dès que possible et le GT cadmium se tiendra à la disposition de la DGAL pour y contribuer si celle-ci le juge utile ;
2. L'outil de pilotage que représente CIMAP3 doit être également intégré aux méthodes à disposition de la DGAL pour mener son analyse de risque ;

Interopérabilité des données :

3. Des réflexions sur l'amélioration de l'interopérabilité entre les données publiques et privées doivent être entreprises (homogénéisation des formats, référentiels communs etc.), notamment pour les autocontrôles, pour la réalisation desquels les professionnels sont incités à adopter les mêmes conditions de réalisation que les conditions requises pour la surveillance officielle (techniques d'analyses, choix de laboratoires).

B) Leviers d'actions identifiés lors des entretiens auprès de l'Anses :

Évaluation du risque lié à l'exposition au cadmium :

4. L'Anses propose de mener une ré-évaluation globale des risques liés à l'exposition au cadmium toutes voies confondues (orale, par inhalation, professionnelles) afin d'identifier les leviers d'action prioritaires à mettre en place et, concernant la voie orale, d'initier une réflexion relative à la mise en place d'une nouvelle méthode de répartition du crédit toxicologique du cadmium par aliment en tenant compte des régimes alimentaires, de manière à ce que l'ensemble des limites proposées permette *in fine* d'éviter des dépassements de cette VTR ;
5. Les pratiques d'autoconsommation pourraient être davantage investiguées afin de mieux préciser les risques pour le consommateur ;
6. Des réflexions pourraient être initiées entre l'Anses et la DGCCRF ainsi que la DGAL concernant le rapportage des facteurs de conversion appliqués aux produits transformés lors de la confrontation des résultats d'analyses aux teneurs réglementaires pour évaluer la conformité de ces produits.

Poursuite des travaux CIMAP de l'Anses :

7. Lors de l'élaboration du rapport de la saisine CIMAP 2, il avait été envisagé que celle-ci puisse être réactualisée régulièrement pour s'adapter à l'émergence des dangers, ainsi qu'aux évolutions de consommation et de contamination. Ces travaux, tout comme la réévaluation globale des risques liés à l'exposition au cadmium toutes voies confondues évoquée au point

4, ne peuvent être réalisés par l'Anses, faute de ressources disponibles. De même l'exploitation de la méthode de hiérarchisation des dangers biologiques et chimiques proposée par la saisine CIMAP 3 (Anses, 2020 a) n'a pu être réalisée à ce jour. Cette méthode doit permettre de mettre en évidence les dangers d'une part, et les couples « danger-matrice » associés aux risques les plus importants et donc potentiellement à surveiller davantage. Une attention particulière devrait être portée aux ressources accordées à l'Anses pour la conduite et la poursuite de ces travaux, essentiels pour la surveillance des contaminants d'une façon générale, et du cadmium en particulier.

Recherche :

8. Dans le domaine de la recherche en toxicologie, des travaux doivent être menés sur la caractérisation de la relation dose-réponse aux faibles doses d'exposition, notamment au regard des effets osseux, cardiovasculaires, cancérogènes et neuro-développementaux.
9. D'autres recherches sont également à développer pour mieux comprendre le transfert du cadmium dans la chaîne alimentaire et en particulier au niveau sol-plante afin de préciser notamment la part du cadmium du sol transférée aux végétaux en lien avec la fertilisation ainsi que la part entraînée par lixiviation qui réduit l'accumulation du cadmium dans les sols mais induit une contamination des nappes.

Mesures liées aux matières fertilisantes :

10. La surveillance des matières fertilisantes serait facilitée par l'étiquetage des produits, indiquant le taux de cadmium. De plus, les analyses en cadmium dans ces matières, notamment les engrais, pourraient être renforcées, afin de mieux préciser les niveaux de contamination dans ces produits.
11. La mise en pratique de techniques de décadmiation des engrais, notamment des engrais minéraux phosphatés identifiés comme une source majeure d'apport en cadmium à l'origine de la contamination des sols et des aliments, est à encourager.

4. Collaborations : partages d'information en cas de non-conformités et d'évolution des tendances

Tel qu'indiqué dans la section Méthodologie, l'échange sur le volet « Collaborations » s'est déroulé en sous-groupe avant restitution en réunion plénière. Partant du constat qu'une détection plus précoce des évolutions de tendances ou de l'augmentation des non-conformités permet une meilleure surveillance, le sous-groupe a été invité à réfléchir sur la circulation des informations :

- Qui devrait surveiller l'évolution des taux de non-conformités et les évolutions temporelles des niveaux de contamination ?
- Entre quels acteurs l'information devrait-elle circuler ?
- Par quel(s) moyen(s) faire circuler l'information ?

Qui devrait surveiller les tendances ?

Pour pouvoir communiquer sur des tendances, il est nécessaire de les mettre en évidence, et donc d'exploiter les données afin d'en dégager des indicateurs. Le sous-groupe a estimé que la détection précoce des non-conformités et des évolutions de tendances est un critère de qualité de la surveillance et que ce rôle incombe à tous les acteurs de la chaîne alimentaire.

Certains dispositifs rassemblent des adhérents d'une même filière qui leur transmettent leurs données de surveillance, lesquelles sont agrégées puis traitées, ce qui permet de dégager des informations sur les niveaux de contamination, les évolutions géographiques et temporelles à une échelle plus large que celle d'une entreprise unique. Cette exploitation commune des données offre une vue d'ensemble de la contamination pour la filière en question. Cela permet également la mise en évidence d'évolutions plus modérées grâce à une volumétrie plus grande, avec un gain important de la puissance statistique lors du traitement de ces données. Cette agrégation des informations n'existe cependant pas dans toutes les filières. Il est dans ce cas plus difficile d'identifier des évolutions temporelles de la contamination. Le groupe a estimé que ce modèle était à développer.

Deux options apparaissent à privilégier : soit la centralisation de cette activité par un organisme spécifique pour chaque filière, tel qu'une confédération ou une interprofession, soit par un organisme tiers, comme l'Anses ou la Plateforme SCA. Certains membres ont suggéré que ces deux options pouvaient également être complémentaires à des niveaux différents. L'intérêt d'une centralisation par un organisme extérieur aux filières, se trouvant au croisement de tous les acteurs de la chaîne, réside dans la réalisation d'une surveillance plus large, multi-maillons, multi-filières, permettant ensuite une restitution facilitée à l'ensemble des acteurs.

Quelles filières devraient communiquer entre elles ?

Si certains membres ont considéré que la pertinence d'un échange d'informations entre différentes filières dépend de la proximité des productions de celles-ci (exemples : alimentation animale/lait/viande, ou fertilisation/oléagineux/céréales/alimentation animale), d'autres ont estimé que toutes les filières devraient partager des informations de surveillance entre elles.

L'état des lieux de la surveillance (cf. schéma des collaborations, section III.4) a montré qu'il existe déjà des collaborations entre dispositifs, voire entre filières. Toutefois, une forte hétérogénéité est notée entre les dispositifs, certains ayant développé des interconnexions fortes avec des dispositifs dont le périmètre est assez voisin tandis que d'autres fonctionnent davantage en vase clos.

Le schéma des collaborations illustre également l'existence d'échanges d'informations et de données entre la surveillance publique et la surveillance privée. Ces transmissions peuvent avoir été mises en place annuellement de façon systématique entre un dispositif et les autorités compétentes, ou résulter de l'obligation de remontée des non-conformités (loi Egalim). Toutefois, ces éléments n'intègrent généralement pas le suivi de l'évolution des tendances au long cours.

Par quel(s) moyen(s) faire circuler l'information ?

Deux types de communication ont été proposés puis discutés par le GT : des réunions annuelles d'échanges rassemblant les acteurs de la chaîne alimentaire ou la mise en place d'un outil de surveillance national dédié au cadmium. Ce dernier est apparu toutefois nécessiter un trop grand

investissement au regard de l'apport attendu. Des réunions annuelles lors desquelles seraient restituées un ensemble d'indicateurs de la contamination en cadmium détectée au cours de l'année dans les aliments via la surveillance officielle et privée seraient à privilégier.

Pour que celles-ci soient utiles, il est toutefois nécessaire que toutes les filières participent, mais également que les résultats présentés soient homogènes, ce qui implique de s'accorder en amont sur les informations à collecter pour pouvoir produire ces indicateurs. A cette fin, un groupe de travail pourrait être constitué, chargé d'émettre des recommandations sur la collecte des données, pour élaborer un référentiel commun afin de s'assurer de l'homogénéité des résultats remontés. L'animation de ce groupe, ainsi que l'exploitation commune des données nécessiterait la mise à disposition de ressources humaines, même si le fonctionnement reposerait avant tout sur la motivation des acteurs à collaborer.

Il est enfin suggéré que ce type de restitution se fasse dans le cadre de journées de la Plateforme SCA, qui rassembleraient l'ensemble des acteurs de la chaîne alimentaire et qui seraient consacrées à la présentation des travaux en cours combinée à des bilans annuels sur des sujets travaillés précédemment en GT, comme le cadmium (informations sur les évolutions réglementaires, production d'indicateurs sur l'ensemble de la chaîne, comparaison avec les années antérieures etc.).

En conclusion, les recommandations du GT sont les suivantes :

- **Inciter les professionnels à se rassembler par filière** pour mieux **surveiller les tendances** (la volumétrie augmentée résultant de l'agrégation des données des opérateurs augmentant fortement la puissance statistique) ;
- **Promouvoir des restitutions renforcées** entre filières, en particulier les filières proches, et idéalement vers les autorités compétentes, en y associant la Plateforme SCA ;
- **Organiser des Journées de la Plateforme SCA intégrant un bilan annuel sur le cadmium** (puis éventuellement sur d'autres dangers traités préalablement par la Plateforme en GT) ;
- **Constituer un groupe de travail** chargé d'émettre des recommandations sur la collecte des données, pour élaborer un référentiel commun afin de s'assurer de l'homogénéité des résultats remontés.

5. Quelques mesures de gestion et outils permettant de limiter et prévoir les niveaux de contamination en cadmium

Outre l'optimisation de la surveillance de la chaîne alimentaire, le GT a souhaité rappeler l'existence de mesures de gestion et d'outils permettant de limiter la contamination des aliments en cadmium. En premier lieu, il est recommandé de s'appuyer sur les guides de bonnes pratiques d'hygiène (GBPH) élaborés par les différentes filières professionnelles pour les opérateurs de leur secteur. Des agences sanitaires ont également publié des recommandations à cet effet. A titre d'exemple, en 2020, la FDA a publié un article portant sur les stratégies d'atténuation pour réduire l'exposition alimentaire au cadmium en réponse aux facteurs affectant la contamination en cadmium dans les cultures (Schaefer, 2020). La figure 49 est extraite de cet article et synthétise les recommandations formulées par la FDA :

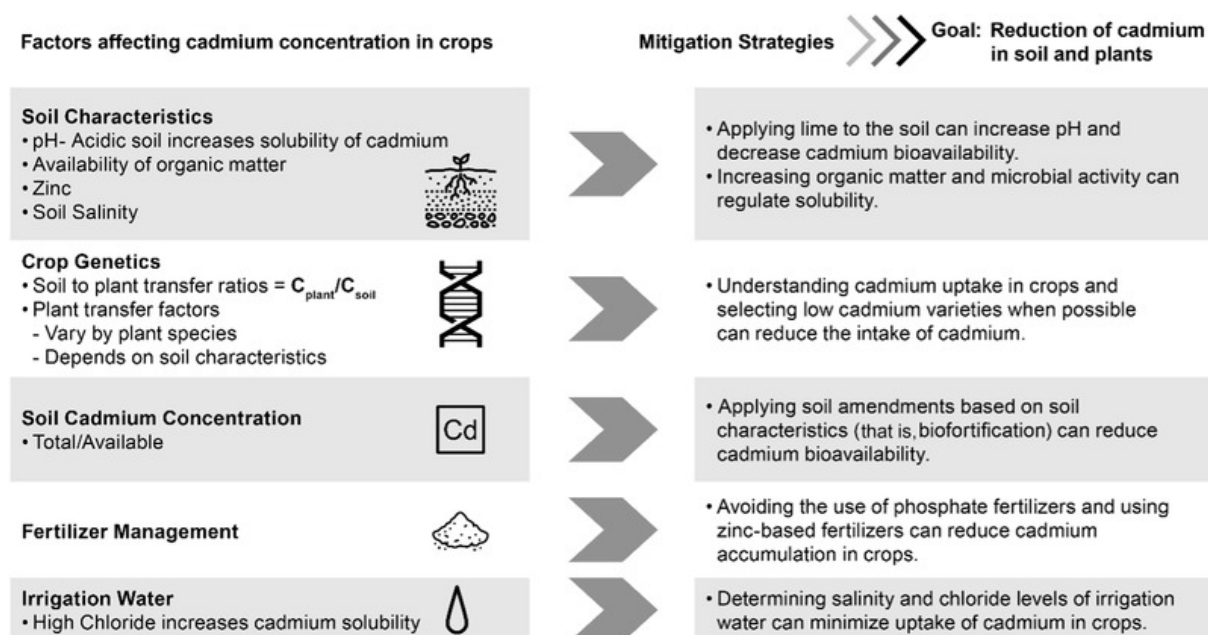


Figure 49 : Stratégies de réduction du cadmium dans les sols et plantes (extrait de : Schaefer et al. 2020)

Des travaux de recherche ont également été conduits dans le but de prévoir les niveaux de contamination en cadmium dans les végétaux, comme le projet Blésûr (cf. encadré), mené par INRAE et Arvalis sur les cultures de blé dur. Le développement de cet outil et son application à d'autres cultures pourrait permettre de mieux anticiper à l'avenir les risques de fortes contaminations et d'y pallier en adaptant par exemple la variété du végétal cultivé.

Encadré : focus sur le projet Blésûr

Le blé dur a la capacité d'accumuler le cadmium de manière plus importante que d'autres céréales comme le blé tendre, l'orge ou le maïs. La récente révision de la réglementation sur les teneurs maximales en Cd dans les denrées alimentaires (EC2021/1323) a défini une limite spécifique à cette culture, plus contraignante que la limite précédente relatives aux blés en général.

Dans ce contexte de durcissement de la réglementation, Blésûr est un outil gratuit disponible sous la forme d'un web-service qui a été développé par INRAE et Arvalis Institut du Végétal (financement ANR Cadon 15-CE21-0001-04) dans l'objectif de prédire le risque de non-conformité d'une future culture de blé dur par rapport à sa teneur en cadmium. Il s'agit de modèles fondés sur des algorithmes d'apprentissage automatique qui requièrent de la part de l'utilisateur i) les données de l'analyse de terre qui déterminent la disponibilité du Cd du sol et ii) la variété qui conditionne l'aptitude de la plante à accumuler le Cd dans ses grains.

Blésûr détecte 82 % des cas réels de non-conformité et les prédictions de non-conformité sont fiables à 75 %. Pour les cas de conformité, les performances sont respectivement de 88 % des cas détectés avec 89 % de fiabilité (Nguyen, 2021). Blésûr permet également d'identifier les sols à risques (teneurs en Cd, pH) et il fournit un classement des principales variétés de blé dur cultivées en France quant à leur aptitude à accumuler le Cd dans les grains. L'agriculteur peut ainsi limiter le risque de contamination en Cd de sa récolte en adaptant le couple parcelle-variété.

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

6. Évaluation de dispositifs volontaires

En complément des travaux présentés précédemment, il a été décidé de réaliser dans la continuité du GT cadmium une évaluation d'un dispositif de surveillance du cadmium. Il n'a été possible de mener cette évaluation que pour un seul dispositif en raison du temps nécessaire à la conduite de celle-ci. Le Plan de Surveillance de la qualité sanitaire des Oléoprotéagineux (PSO) a été retenu. L'évaluation a été lancée en septembre 2022, suivant la méthode Oasis Flash, une méthode semi-quantitative développée pour permettre l'analyse standardisée et approfondie du fonctionnement et de la qualité d'un dispositif de surveillance. Majoritairement utilisée jusqu'ici dans le domaine de la santé animale et de la sécurité sanitaire des aliments en lien avec la contamination microbiologique, cette évaluation orientée sur la surveillance d'un danger chimique par un dispositif doit permettre d'éclairer le Groupe de Suivi « Évaluation des dispositifs de surveillance » (GS EDS) de la Plateforme sur les adaptations à conduire sur la méthode pour permettre sa transposition dans le domaine des contaminants chimiques.

Les conclusions de cette évaluation feront l'objet d'un rapport spécifique.

VII. Synthèse des recommandations

Les principales recommandations formulées par le GT sont récapitulées dans le tableau 42 (page suivante).

Tableau 42: Synthèse des recommandations émises par le GT cadmium, et acteurs concernés

Domaine	N°	Recommandations	Acteurs concernés						
			Professionnels (alimentation humaine)	Professionnels (alimentation animale)	Interprofessions, confédérations, syndicats etc.	Gestionnaires de dispositifs mutualisés	Laboratoires d'analyse	Autorités compétentes	Plateforme SCA
Echantillonnage	A1	Harmoniser les pratiques d'échantillonnage au niveau des filières à partir d'un socle de bonnes pratiques basées sur la réglementation, les normes françaises, CEN ou ISO existantes et les recommandations émises par les interprofessions ;	X	X	X		X		
	A2	Encourager les opérateurs à la définition de procédures internes déclinées à partir du socle réglementaire, normatif et professionnel ;	X	X	X	X			
	A3	Mieux suivre le déploiement et l'application des procédures internes par les responsables des plans d'échantillonnage à travers la traçabilité et l'enregistrement des opérations.	X	X					
Analyse	B1	Encourager les laboratoires à respecter les exigences du Règlement CE n°333/2007 , lesquelles étaient initialement formulées pour la surveillance officielle mais ont été étendues à l'ensemble de la surveillance en 2016 ;					X		
	B2	Inciter les professionnels de la chaîne alimentaire à vérifier l'adéquation des méthodes et leurs performances (méthodes validées) et inciter au report systématique de celles-ci (<i>a minima</i> les LD, LQ et incertitude) ²² ;	X	X	X	X	X		
	B3	Proposer des formations courtes sur les exigences en termes de méthodes analytiques pour les personnes en charge de dispositifs de surveillance, afin qu'elles disposent des éléments nécessaires à l'analyse critique des résultats rendus, et ce quelle que soit l'échelle du dispositif ;	X	X	X	X	X	X	X
Exploitation des données	C1	Bien cibler les informations indispensables et utiles à collecter , notamment les informations relatives aux méthodes, à leur performance analytique et à l'incertitude associée aux résultats ;	X	X		X	X		
	C2	Harmoniser les formats d'écritures des modalités afin de permettre une extraction plus facile des noms de matrices et de pays notamment ;	X	X		X			
	C3	Mettre en place des tests afin de repérer la saisie de valeurs numériques aberrantes ;	X	X		X			

²² Pour l'incertitude en particulier, l'unité devrait être indiquée sans ambiguïté car elle peut être parfois exprimée en mg/kg ou en pourcentage. La mise en place de test logiques permettant de repérer les valeurs aberrantes peut également permettre d'améliorer la qualité des données et leur exploitabilité.

	C4	Renseigner <i>a minima</i> le résultat de conformité de l'analyse , dans l'idéal renseigner l'ensemble des informations pertinentes pour leur interprétation (incertitude de mesure, facteur de conversion, taux d'humidité etc.) ;	X	X		X	X		
	C5	Envisager de collecter l'information relative à l'origine géographique des matières premières pour lesquelles ce facteur impacte fortement les concentrations en cadmium et notamment les produits suivants : - Les fèves de cacao et dérivés du cacao, afin de pouvoir distinguer les cacaos d'Amérique et ceux d'Afrique ; - Les aliments minéraux pour animaux, et notamment le phosphate calcique.	X	X		X	X		
	C6	Envisager de renseigner de façon plus détaillée la composition de certains produits transformés réglementés et notamment : - Les aliments complets pour animaux ; - Les préparations de suite et laits en poudre destinés à l'alimentation infantile.	X	X		X			
	C7	Pour l'alimentation animale, flécher de manière claire les aliments complémentaires d'origine minérale afin de les distinguer de ceux d'origine non minérale, et indiquer le pourcentage de phosphore .		X					
	C8	Par ailleurs, ces travaux ont été limités par le faible nombre d'échantillons disponibles dans les jeux de données transmis pour certaines catégories de produits. Ainsi pour approfondir il serait nécessaire d'exploiter/acquérir davantage de données pour certaines matrices et notamment : - Les légumes ; - Les herbes fraîches ; - Les champignons ; - Les algues ; - Les produits issus de la panification ; - Les biscuits ; - Les céréales pour petit-déjeuner.						X	X
Collaborations	D1	Inciter les professionnels à se rassembler par filière pour mieux surveiller les tendances ;	X	X	X	X			
	D2	Promouvoir des restitutions renforcées entre filières, en particulier les filières proches, et idéalement vers les autorités compétentes, en y associant la Plateforme SCA ;	X	X	X	X		X	X
	D3	Organiser des Journées de la Plateforme SCA intégrant un bilan annuel sur le cadmium (puis éventuellement sur d'autres dangers traités préalablement par la Plateforme en GT) ;							X
	D4	Constituer un groupe de travail chargé d'émettre des recommandations sur la collecte des données , pour élaborer un référentiel commun afin de s'assurer de l'homogénéité des résultats remontés.							X

VIII. Conclusions

Le GT Cadmium a rassemblé 15 organismes partenaires, acteurs de la surveillance de la chaîne alimentaire. Il s'est réuni onze fois en plénier et quatre fois en sous-groupes durant les deux années de son mandat afin de réaliser un état des lieux de la surveillance, déclinée en plusieurs points-clés (échantillonnage, analyse, exploitation de la donnée, conformité du résultat, mise en évidence de tendances temporelles et gestion des non-conformités et des évolutions de tendances au sens du partage collaboratif de l'information), autour desquels la réflexion visant à dégager des propositions d'amélioration a été construite.

Conçu comme une preuve de concept, ce premier GT de la Plateforme SCA dédié à la surveillance d'un danger chimique a montré la capacité de la Plateforme à rassembler des acteurs publics et privés, représentant différentes filières autour d'une problématique commune. Il a également confirmé sa capacité à exploiter des données de surveillance issues de sources très diverses. En dépit de quelques biais et limites, il illustre l'intérêt d'agréger des données issues de la surveillance officielle et des autocontrôles dans l'optique de disposer d'un nombre de résultats suffisant pour rechercher d'éventuelles tendances temporelles ou géographiques. Pour y parvenir, il est indispensable de disposer de données de qualité, assorties des informations nécessaires à leur interprétation. Dans cette optique, l'exploitation des données transmises volontairement par onze dispositifs de surveillance a permis de dégager des indicateurs de qualité des données, lesquels ont fait l'objet d'une restitution personnalisée auprès de chaque dispositif transmetteur. En complément, des fiches mémo ont été élaborées pour venir en appui aux dispositifs de surveillance dans leur activité. Les données transmises ont également permis de déterminer des indicateurs sanitaires de la contamination en cadmium. Ce travail, bien que ne pouvant prétendre à une complète représentativité de la surveillance – certaines filières n'étant pas ou peu représentées dans les données –, fournit néanmoins des informations sur l'évolution de la contamination en cadmium dans les aliments en France pour la période 2010-2019. Si la confrontation des résultats des EAT1 et 2 avait mis en évidence une forte hausse des niveaux de contamination entre 2000 et 2006, ces tendances n'ont pas été retrouvées sur la période 2010-2019 dans les jeux de données transmis. Toutefois, les nombreuses différences existant entre la méthode utilisée ici et celle des EAT ne permet pas une comparaison des niveaux de contamination. Il aurait été intéressant de récupérer des données de surveillance (officielles voire également privées) pour la période 2000-2006 afin de pouvoir *a minima* confronter les résultats pour les matrices peu transformées mais ce travail n'a pu être réalisé, faute de temps. La publication de l'EAT3, actuellement menée par l'Anses, permettra de vérifier si la stabilité des tendances retrouvée ici est confirmée.

In fine, ce travail a identifié des axes d'amélioration, en particulier en matière d'homogénéisation des pratiques d'échantillonnage, d'analyse, et plus encore de report des données. Il illustre l'intérêt de surveiller en continu les niveaux de contamination, idéalement par filière. Dans une approche plus systémique, il serait ensuite pertinent d'agréger ces données et de synthétiser les résultats sur l'ensemble de la chaîne alimentaire. Pour cela, la collaboration entre les différentes filières doit être renforcée. La mise en place d'un groupe de travail dédié, chargé de l'agrégation de ces données, de la production d'indicateurs et de la restitution des résultats à l'ensemble des acteurs de la chaîne impliqués permettrait d'obtenir une vue d'ensemble de la contamination de la chaîne et de son évolution pour pouvoir adapter en conséquence la surveillance aux évolutions détectées. Le GT cadmium a permis de dégager une méthode de travail qui pourra être reprise dans les futurs travaux « chimie » de la Plateforme SCA, facilitant leur mise en place. Cette méthode, rapportée dans les

sections IV du présent rapport pour l'approche générale et V pour l'exploitation des données, est restituée intégralement dans le rapport RETEX (Retour d'EXpérience). Celui-ci développe plus spécifiquement les recommandations émises par les membres du GT en vue d'améliorer la méthode utilisée et de faciliter sa transposition à de futurs travaux. Des outils, des supports de communication, des scripts informatiques et des référentiels ont également été élaborés et pourront être réutilisés et complétés, permettant un gain de temps lors des prochains GT.

Enfin, dès la publication du rapport, l'accent devra être porté sur les actions de valorisation à mener, développées dans le rapport RETEX, afin de poursuivre les efforts engagés pour une meilleure surveillance du cadmium tout au long de la chaîne alimentaire.

IX. Bibliographie

Articles et avis scientifiques

Adamse, P., Van der Fels-Klerx, H. J., & de Jong, J. (2017). Cadmium, lead, mercury and arsenic in animal feed and feed materials—trend analysis of monitoring results. *Food Additives & Contaminants: Part A*, 34(8), 1298-1311.

ADEME (2007). Bilan des flux de contaminants entrant sur les sols agricoles de France métropolitaine, rapport final.

Afssa (2007). Avis de l'Agence française de sécurité sanitaire des aliments relatif à la pertinence d'établir une teneur maximale en cadmium pour les gastéropodes, les échinodermes et les tuniciers et à l'évaluation des risques sanitaires liés à des teneurs élevées en cadmium dans les bulots et les pétoncles. **Saisine n° 2007-SA-0098**.

Afssa (2010). Avis relatif aux niveaux de contamination en cadmium (Cd) dans les diverses fractions comestibles des crustacés de grande taille. **Saisine n°2010-SA-0025**.

Anses (2011 a). Étude de l'Alimentation Française 2 (EAT2) – Tome 1 : Contaminants inorganiques, minéraux, polluants organiques persistants, mycotoxines, phyto-estrogènes. **Saisine n°2006-SA-0361**.

Anses (2011 b). Avis relatif à la révision des teneurs maximales en cadmium des denrées alimentaires destinées à l'homme. **Saisine n°2011-SA-0194**.

Anses (2016). Etude de l'Alimentation Totale Infantile (EAT infantile) – Exposition alimentaire des enfants de moins de 3 ans à certaines substances. **Saisine n°2010-SA-0317**.

Anses (2018). Avis relatif au « risque sanitaire lié à la consommation de gibier au regard des contaminants chimiques environnementaux (dioxines, polychlorobiphényles (PCB), cadmium et plomb) ». **Saisine 2015-SA-0109**.

Anses (2019 a). Exposition au cadmium. Propositions de valeurs toxicologiques de référence par ingestion, de valeurs sanitaires repères dans les milieux biologiques (sang, urines, ...) et de niveaux en cadmium dans les matières fertilisantes et supports de culture permettant de maîtriser la pollution des sols agricoles et la contamination des productions végétales. **Saisine n°2015-SA-0140**.

Anses (2019 b). Avis et rapport relatifs à l'optimisation des « plans de surveillance et de contrôles officiels de la contamination chimique des denrées alimentaires à toutes les étapes de la chaîne alimentaire (hors alimentation pour animaux et eau). **Saisine n°2015-SA-0187**.

Anses (2020 a). Avis et rapport relatifs à la hiérarchisation des dangers biologiques et chimiques dans le but d'optimiser la sécurité sanitaire des aliments. **Saisine n°2016-SA-0153**.

Anses (2020 b). Avis relatif « à la teneur maximale en cadmium pour les algues destinées à l'alimentation humaine ». **Saisine n°2017-SA-0070**.

Anses (2020 c). Note d'appui scientifique et technique relatif à l'analyse des données de contamination en cadmium des bulots issus d'un plan de surveillance exploratoire réalisé en 2017-2018. **Saisine n°2020-SA-0041**.

Anses (2021). Appui scientifique et technique du 02 novembre 2021 relatif à la recommandation de niveaux en cadmium dans les matières fertilisantes permettant de maîtriser la contamination en cadmium des sols et des productions agricoles et l'exposition de la population humaine. **Saisine n°2021-AST-0120**.

CITEPA (2022). Gaz à effet de serre et polluants atmosphériques. Bilan des émissions en France de 1990 à 2021, Rapport national d'inventaire. Format Secten.

Damy P.-C. (2011). Synthèse des connaissances sur l'origine et la disponibilité du cadmium dans les eaux continentales. Synthèse documentaire, AgroParisTech.

Denaix, L., Nguyen, C., Sappin-Didier, V., & Schneider, A. (2010). Synthèse sur la contamination en cadmium des productions végétales de grandes cultures.

Djordjevic V, Wallace D, Schweitzer A, Boricic N, Knezevic D. et al. (2019). Environmental cadmium exposure and pancreatic cancer: Evidence from case control, animal and in vitro studies. *Environment International*, **128**, 353-361.

EFSA (2004). Opinion of the Scientific Panel on contaminants in the food chain related to cadmium as undesirable substance in animal feed. *EFSA Journal*, 2(6), 72.

EFSA (2009 a). Cadmium in food-Scientific opinion of the Panel on Contaminants in the Food Chain. *EFSA Journal*, 7(3), 980.

EFSA (2009 b). General principles for the collection of national food consumption data in the view of a pan-European dietary survey. *EFSA journal*, 7(12), 1435.

EFSA (2010). Management of left-censored data in dietary exposure assessment of chemical substances. *EFSA Journal*, 8(3), 1557.

EFSA (2012). Scientific Report of EFSA. Cadmium dietary exposure in the European population. *EFSA Journal*, 10(1), 2551.

EURL-MN - European Union reference laboratory for metals and nitrogenous compounds in feed and food – (2020). List of methods. <https://www.eurl-mn.eu/library/list-of-methods>. Consulté le 09/11/22.
FDA (2022). Total diet study report, <https://www.fda.gov/food/fda-total-diet-study-tds/fda-total-diet-study-tds-results>. Consulté le 10/10/2022.

FEHD - Center for Food Safety (2013). The first Hong Kong total diet study: metallic contaminants.

FSA (2019). Total diet study: metals and other elements, Metals exposure data. <https://www.food.gov.uk/sites/default/files/media/document/metals-exposure-data.xlsx>. Consulté le 19/10/22.

FSAI (2016). Report on a Total Diet Study carried out by the Food Safety Authority of Ireland in the period 2012-2014. FSAI, Dublin.

Gis Sol (2011). L'état des sols de France. Groupement d'intérêt scientifique sur les sols, 188 p

Gy, P. (1996). L'échantillonnage des lots de matière en vue de leur analyse. Sciences de l'ingénieur, Masson.

Hendrikx, P., Gay, E., Chazel, M., Moutou, F., Danan, C., Richomme, C., ... & Dufour, B. (2011). OASIS: an assessment tool of epidemiological surveillance systems in animal health and food safety. *Epidemiology & Infection*, 139(10), 1486-1496.

INRS (2022). Cadmium et composés minéraux, fiche toxicologique n°60. 5^e édition.

Leblanc J.C., Verger P., Guérin T., Volatier J.L. et al. (2004). Étude de l'alimentation totale française. Mycotoxines, minéraux et éléments-traces. INRA/DGAL.

Leblanc, J. C., Sirot, V., Volatier, J. L., Bemrah-Aouachria, N., & AFSSA-INRA. (2006). Etude des Consommations Alimentaires de Produits de la mer et Impregnation aux éléments traces, Polluants et Omega-3 (CALIPSO). AFSSA-INRA.

Magras, C., Fédérighi, M., & Soulé, C. (1997). Les dangers pour la santé publique liés à la consommation de la viande de cheval. *Revue scientifique et technique-Office international des épizooties*, 16(2), 554-563.

Mata, L., Perez, M.D., Puyol, P. et al. (1995). Distribution of added lead and cadmium in human and bovine milk. *Journal of food protection*, 58 (3), 305-309.

Moon MK, Lee I, Lee A, Park H, Kim MJ et al. (2021). Lead, mercury, and cadmium exposures are associated with obesity but not with diabetes mellitus: Korean National Environmental Health Survey (KoNEHS) 2015–2017. *Environmental Research*. 204, Part A.

Nguyen, C., Roucou, A., Grignon, G., Cornu, J. Y., & Meleard, B. (2021). Efficient models for predicting durum wheat grain Cd conformity using soil variables and cultivars. *Journal of Hazardous Materials*, 401, 123131.

Noël, L., Chafey, C., Testu, C., Pinte, J., Velge, P., & Guérin, T. (2011). Contamination levels of lead, cadmium and mercury in imported and domestic lobsters and large crab species consumed in France: Differences between white and brown meat. *Journal of Food Composition and analysis*, 24(3), 368-375.

Nriagu, J. O., & Pacyna, J. M. (1988). Quantitative assessment of worldwide contamination of air, water and soils by trace metals. *Nature*, 333(6169), 134-139.

Oleko A., Fillol C., Saoudi A., Zeghnoun A., Bidondo M.L., Gane J., Balicco A. (2021). Imprégnation de la population française par le cadmium. Programme national de biosurveillance, Esteban 2014-2016. Saint-Maurice : Santé publique France, 43p.

Plateformes ESA, ESV et SCA (2021). Guide pratique sur la qualité des données de surveillance. <https://wiki.esa.inrae.fr/books/guide-pratique-sur-la-qualite-des-donnees-de-surveillance>.

Santé publique France (2021). Imprégnation de la population française par le cadmium. Programme national de biosurveillance, Esteban 2014-2016. 36p.

Schaefer, H. R., Dennis, S., & Fitzpatrick, S. (2020). Cadmium: Mitigation strategies to reduce dietary exposure. *Journal of food science*, 85(2), 260-267.

Schroder, J. J., Cordell, D., Smit, A. L., & Rosemarin, A. (2010). Sustainable use of phosphorus: EU tender ENV. B1/ETU/2009/0025 (No. 357). Plant Research International.

Spungen, J. H. (2019). Children's exposures to lead and cadmium: FDA total diet study 2014-16. *Food Additives & Contaminants: Part A*, 36(6), 893-903.

Stolt, J. P., Sneller, F. E. C., Bryngelsson, T., Lundborg, T., & Schat, H. (2003). Phytochelatin and cadmium accumulation in wheat. *Environmental and Experimental Botany*, 49(1), 21-28.

Tittlemier, S. A., & Richter, A. (2022). Cadmium concentrations in Canadian durum exports decreased with the adoption of low accumulating cultivars. *Food Additives & Contaminants: Part A*, 39(12), 1953-1962.

Tremel-Schaub A., Feix I. (2005). Contamination des sols – Transfert des sols vers les plantes. EDP Sciences/ADEME.

Vanderschueren, R., Argüello, D., Blommaert, H., Montalvo, D., Barraza, F., Maurice, L., & Smolders, E. (2021). Mitigating the level of cadmium in cacao products: Reviewing the transfer of cadmium from soil to chocolate bar. *Science of the Total Environment*, 781, 146779.

WHO (1987). Air quality guidelines for Europe. Copenhagen: WHO Regional Office for Europe.

WHO (World Health Organization), Regional Office for Europe (2000). Air quality guidelines for Europe, 2nd Edition – Chapter 6.3 : Cadmium. *World Health Organization. Regional Office for Europe*.

WHO (2013). Reliable Evaluation of Low-level Contamination of Food - Addendum of the Report on GEMS/Food-euro Second Workshop of the 26-27th May 1995.

Zhao, X., Shao, Y., Ma, L., Shang, X., Zhao, Y., & Wu, Y. (2022). Exposure to Lead and Cadmium in the Sixth Total Diet Study—China, 2016– 2019. *China CDC Weekly*, 4(9), 176.

Textes réglementaires et recommandations

Arrêté du 1er avril 2020 fixant la composition des dossiers de demandes relatives à des autorisations de mise sur le marché et permis de matières fertilisantes, d'adjuvants pour matières fertilisantes et de supports de culture et les critères à prendre en compte dans la préparation des éléments requis pour l'évaluation. (J.O du 7 avril 2020).

Codex Alimentarius, Norme générale pour les contaminants et les toxines présents dans les produits de consommation humaine et animale, dernière modification en 2019 (CXS 193-1995).

Directive 96/23/CE du Conseil, du 29 avril 1996, relative aux mesures de contrôle à mettre en oeuvre à l'égard de certaines substances et de leurs résidus dans les animaux vivants et leurs produits et abrogeant les directives 85/358/CEE et 86/469/CEE et les décisions 89/187/CEE et 91/664/CEE. J.O du 23/05/1996.

Directive 2002/32/CE du Parlement Européen et du Conseil sur les substances indésirables dans les aliments pour animaux, JOCE 2002 L 140, p. 10.

Directive 2002/95/CE du Parlement Européen et du Conseil relative à la limitation de l'utilisation de certaines substances dangereuses dans les équipements électriques et électroniques, JOCE 2003 L 37, p. 19-23.

Directive 2006/66/CE du Parlement européen et du Conseil du 6 septembre 2006 relative aux piles et accumulateurs ainsi qu'aux déchets de piles et d'accumulateurs et abrogeant la directive 91/157/CEE, JOUE 2006 L266, p.1-14.

Loi n° 2018-938 du 30 octobre 2018 pour l'équilibre des relations commerciales dans le secteur agricole et alimentaire et une alimentation saine, durable et accessible à tous, JORF n°0253, NOR : AGRX1736303L.

Ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation - Arrêté du 28 juin 2019 modifiant l'arrêté du 18 décembre 2009 relatif aux règles sanitaires applicables aux produits d'origine animale et aux denrées alimentaires en con tenant. Journal officiel, n°0158 du 10 juillet 2019, texte n°37.

(2014/193/UE): Recommandation de la Commission du 4 avril 2014 sur la réduction de la présence de cadmium dans les denrées alimentaires. J.O du 08/04/2014.

Recommandations (UE) 2018/464 de la Commission du 19 mars 2018 sur la surveillance des métaux et de l'iode dans les algues marines, les halophytes et les produits à base d'algues marines.

Règlement (CEE) n° 315/93 du Conseil, du 8 février 1993, portant établissement des procédures communautaires relatives aux contaminants dans les denrées alimentaires ; J.O du 13/02/1993.

Règlement (CE) n° 178/2002 du Parlement européen et du Conseil du 28 janvier 2002 établissant les principes généraux et les prescriptions générales de la législation alimentaire, instituant l'Autorité européenne de sécurité des aliments et fixant des procédures relatives à la sécurité des denrées alimentaires. J.O du 01/02/2002.

Règlement (CE) n° 852/2004 du Parlement européen et du Conseil du 29 avril 2004 relatif à l'hygiène des denrées alimentaires. J.O du 30/04/2004

Règlement (CE) n° 853/2004 du Parlement européen et du Conseil du 29 avril 2004 fixant des règles spécifiques d'hygiène applicables aux denrées alimentaires d'origine animale. J.O du 30/04/2004.

Règlement (CE) n° 854/2004 du Parlement européen et du Conseil du 29 avril 2004 fixant les règles spécifiques d'organisation des contrôles officiels concernant les produits d'origine animale destinés à la consommation humaine. J.O du 30/04/2004

Règlement (CE) n° 882/2004 du Parlement européen et du Conseil du 29 avril 2004 relatif aux contrôles officiels effectués pour s'assurer de la conformité avec la législation sur les aliments pour animaux et les denrées alimentaires et avec les dispositions relatives à la santé animale et au bien-être des animaux. J.O du 30/04/2004

Règlement (CE) n° 183/2005 du Parlement européen et du Conseil du 12 janvier 2005 établissant des exigences en matière d'hygiène des aliments pour animaux. J.O du 08/02/2005.

Règlement (CE) n°1881/2006 de la Commission du 19 décembre 2006 portant fixation de teneurs maximales pour certains contaminants dans les denrées alimentaires, JOUE 2006 L 364, p.5.

Règlement (CE) n° 333/2007 de la Commission du 28 mars 2007 portant fixation des modes de prélèvement d'échantillons et des méthodes d'analyse pour le contrôle officiel des teneurs en plomb, en cadmium, en mercure, en étain inorganique, en 3-MCPD et en benzo(a)pyrène dans les denrées alimentaires. J.O du 29/03/2007.

Règlement (UE) n° 835/2012 de la Commission du 18 septembre 2012 modifiant l'annexe XVII du règlement (CE) n° 1907/2006 (REACH), JOUE 2012 L 252, p. 1.

Règlement (UE) 2016/582 de la Commission du 15 avril 2016 modifiant le règlement (CE) n° 333/2007 en ce qui concerne l'analyse de l'arsenic inorganique, du plomb et des hydrocarbures aromatiques polycycliques ainsi que certains critères de performance relatifs à l'analyse. J.O du 16/04/2016.

Règlement (UE) 2017/625 du Parlement européen et du Conseil du 15 mars 2017 concernant les contrôles officiels et les autres activités officielles servant à assurer le respect de la législation alimentaire et de la législation relative aux aliments pour animaux ainsi que des règles relatives à la santé et au bien-être des animaux, à la santé des végétaux et aux produits phytopharmaceutiques, modifiant les règlements du Parlement européen et du Conseil (CE) n° 999/2001, (CE) n° 396/2005, (CE) n° 1069/2009, (CE) n° 1107/2009, (UE) n° 1151/2012, (UE) n° 652/2014, (UE) 2016/429 et (UE) 2016/2031, les règlements du Conseil (CE) n° 1/2005 et (CE) n° 1099/2009 ainsi que les directives du Conseil 98/58/CE, 1999/74/CE, 2007/43/CE, 2008/119/CE et 2008/120/CE, et abrogeant les règlements du Parlement européen et du Conseil (CE) n° 854/2004 et (CE) n° 882/2004, les directives du Conseil 89/608/CEE, 89/662/CEE, 90/425/CEE, 91/496/CEE, 96/23/CE, 96/93/CE et 97/78/CE ainsi que la décision 92/438/CEE du Conseil (règlement sur les contrôles officiels) Texte présentant de l'intérêt pour l'EEE. J. O du 07/04/2017.

Règlement d'exécution (UE) 2019/627 de la Commission du 15 mars 2019 établissant des modalités uniformes pour la réalisation des contrôles officiels en ce qui concerne les produits d'origine animale destinés à la consommation humaine conformément au règlement (UE) 2017/625 du Parlement européen et du Conseil et modifiant le règlement (CE) n° 2074/2005 de la Commission en ce qui concerne les contrôles officiels. J.O du 19/05/2019

Règlement (UE) 2019/1009 du Parlement européen et du Conseil du 5 juin 2019 établissant les règles relatives à la mise à disposition sur le marché des fertilisants UE, modifiant les règlements (CE) no 1069/2009 et (CE) no 1107/2009 et abrogeant le règlement (CE) no 2003/2003. J.O du 25/06/2019.

Règlement (UE) 2019/1869 modifiant et rectifiant l'annexe I de la directive 2002/32/CE du Parlement européen et du Conseil en ce qui concerne les teneurs maximales pour certaines substances indésirables dans les aliments pour animaux. JO du 8/11/2019.

Règlement (UE) 2021/1323 de la Commission du 10 août 2021 modifiant le règlement (CE) no 1881/2006 en ce qui concerne les teneurs maximales en cadmium dans certaines denrées alimentaires, JOUE 2021 L 288, p.13.

Règlement délégué (UE) 2022/931 de la Commission du 23 mars 2022 complétant le règlement (UE) 2017/625 du Parlement européen et du Conseil en établissant des règles pour la réalisation des contrôles officiels en ce qui concerne les contaminants dans les denrées alimentaires, JOUE 2022 L 162, p.7.

Règlement délégué (UE) 2022/932 de la Commission du 9 juin 2022 relatif aux modalités uniformes de réalisation des contrôles officiels en ce qui concerne les contaminants dans les denrées alimentaires, au contenu spécifique supplémentaire des plans de contrôle nationaux pluriannuels et aux modalités spécifiques supplémentaires applicables à leur élaboration, JOUE 2022 L 162, p. 13.

Règlement (UE) 2023/915 de la Commission du 25 avril 2023 concernant les teneurs maximales pour certains contaminants dans les denrées alimentaires et abrogeant le règlement (CE) no 1881/2006, JOUE 2023 L 119, p.103-157.

X. Annexes

Annexe 1 : Questionnaire pour le recensement des acteurs et des dispositifs de surveillance du cadmium en France

Questionnaire GT Cadmium – Juillet 2020 – Septembre 2020

Inventaire des Dispositifs de surveillance du Cadmium en France

GT cadmium

Le GT cadmium est un groupe de travail de la Plateforme de surveillance de la chaîne alimentaire (Plateforme SCA). Il a pour objectif d'évaluer et d'optimiser la surveillance du cadmium dans la chaîne alimentaire en France. Le premier axe de travail que le GT a défini consiste à décrire les dispositifs de surveillance et leurs acteurs afin d'obtenir une cartographie d'ensemble du système existant. Ce questionnaire a été réalisé à cet effet et est destiné à être diffusé aux personnes en charge des dispositifs de surveillance du cadmium en France.

Bonjour,

Vous vous apprêtez à répondre à un questionnaire de la Plateforme SCA sur la surveillance du cadmium et nous vous en remercions par avance. Votre participation est essentielle pour nous permettre d'avoir une vision la plus large possible de la surveillance réalisée en France. Le questionnaire comprend 77 questions, l'affichage de certaines est conditionné par vos réponses antérieures. A tout moment vous pouvez sauvegarder vos réponses et reprendre ultérieurement en cliquant sur "Finir plus tard" sur le bandeau supérieur à droite de chacune des pages du questionnaire.

Merci de renseigner un questionnaire par dispositif de surveillance auquel vous participez. Si vous - ou votre organisme - êtes impliqué dans plusieurs dispositifs de surveillance, merci de remplir plusieurs questionnaires. Si plusieurs organismes sont impliqués dans un même dispositif, il est préférable que chaque organisme remplisse un questionnaire afin d'obtenir une vision la plus large possible des activités de surveillance réalisées.

En cas de question, vous pouvez nous contacter à l'adresse suivante: helene.bernard@oniris-nantes.fr

Un grand merci pour votre participation !

Identification

[A0] Merci de renseigner vos nom et prénom, et votre fonction au sein de votre organisme) :

Veillez écrire votre réponse ici :

[A1] Quel est le nom / acronyme de votre organisme?

Veillez écrire votre réponse ici :

[A2] Indiquez votre secteur(s) d'activité(s) :

Veillez choisir toutes les réponses qui conviennent :

Alimentation animale
Alimentation humaine
Environnement
Santé animale
Santé humaine
Santé végétale
Autre:

[A3] Quel est le rayon d'action de votre organisme / organisation?

Veillez sélectionner une seule des propositions suivantes :

Département / Région
France
Europe
International

[A4] Votre organisme / organisation est...

Veillez sélectionner une seule des propositions suivantes :

publique
privée

[A5] Indiquez la catégorie de mission de votre organisme /organisation :

Veillez choisir toutes les réponses qui conviennent :

Agence d'expertise
Autorité compétente
Professionnel / groupement de professionnels
Institut de recherche
Institut technique
Laboratoire d'analyses

[A6] Si vous êtes une autorité compétente, précisez votre niveau d'action :

Répondre à cette question seulement si les conditions suivantes sont réunies :

La réponse était 'publique' à la question ' [A4]' (Votre organisation est...)

Veillez sélectionner une seule des propositions suivantes :

Administration départementale / régionale
Administration centrale
Organisation intergouvernementale
Autre

[A7] Merci de renseigner votre(vos) activité(s) ou mission(s) principale(s) :

Veillez choisir toutes les réponses qui conviennent :

Evaluation des risques
Expertise
Recherche

Analyse de laboratoire
Gestion des risques
Production primaire (animale et végétale)
Transformation de produits agroalimentaires
Distribution de produits agroalimentaires
Autre:

Description du dispositif

[B1] Merci d'indiquer le nom du dispositif de surveillance, ou les noms si l'appellation en interne diffère du nom usuellement utilisé en dehors du dispositif ?

Veillez écrire votre réponse ici :

[B2] Quels sont les secteur(s) couvert(s) par le dispositif :

Veillez choisir toutes les réponses qui conviennent :

Alimentation animale
Alimentation humaine
Environnement
Santé animale
Santé humaine
Santé végétale
Autre:

[B3] Précisez le rôle de votre organisme dans ce dispositif de surveillance :

Veillez choisir toutes les réponses qui conviennent :

Pilotage du dispositif
Coordination du dispositif
Réalisation des prélèvements
Réalisation d'analyses de laboratoire
Recueil et stockage des données
Analyse et interprétation des résultats
Autre:

[B4] En quelle année le dispositif a-t-il démarré?

Seuls des nombres peuvent être entrés dans ce champ.

Veillez écrire votre réponse ici :

[B7] Quelle est la cible de la surveillance :

Veillez choisir toutes les réponses qui conviennent :

Aliments pour animaux
Denrées alimentaires
Eau de boisson
Matières fertilisantes et supports de culture
Productions animales (incluant le lait, les œufs et le miel)
Productions végétales
Humains
Autre

[B8a] Merci de préciser l'espèce ou les espèces animale(s) ciblées par le dispositif

Répondre à cette question seulement si les conditions suivantes sont réunies :

La réponse était 'Aliments pour animaux' à la question 'B7' (Quelle est la cible de la surveillance :)

Veuillez écrire votre réponse ici :

[B8b] Merci de préciser les denrées alimentaires ciblées par le dispositif :

Répondre à cette question seulement si les conditions suivantes sont réunies :

La réponse était 'Denrées alimentaires' à la question 'B7' (Quelle est la cible de la surveillance :)

Veuillez choisir toutes les réponses qui conviennent :

Aliments infantiles
Boissons alcoolisées
Boissons non alcoolisées
Jus de fruits, légumes et produits à base de fruits/légumes
Conserves
Gâteaux, pâtisseries, biscuits salés
Huiles
Plats transformés
Produits laitiers
Autres

[B8c] Merci de préciser les matières fertilisantes et supports de culture ciblés par le dispositif :

Répondre à cette question seulement si les conditions suivantes sont réunies :

La réponse était 'Matières fertilisantes et supports de culture' à la question 'B7' (Quelle est la cible de la surveillance :)

Veuillez choisir toutes les réponses qui conviennent :

Boues
Composts
Effluents d'élevage
Fertilisants minéraux
Produits phytosanitaires
Autres

[B8d] Merci de préciser les productions animales ciblées par le dispositif:

Répondre à cette question seulement si les conditions suivantes sont réunies :

La réponse était 'Productions animales' à la question 'B7' (Quelle est la cible de la surveillance :)

Veuillez choisir toutes les réponses qui conviennent :

Aquaculture
Pêche
Bovin
Caprin
Equin
Lapin
Ovin
Porcin
Volaille
Gibier
Lait
Miel
Œufs
Autres

[B8e] Merci de préciser les productions végétales ciblées par le dispositif :

Répondre à cette question seulement si les conditions suivantes sont réunies :

La réponse était 'Productions végétales' à la question 'B7' (Quelle est la cible de la surveillance :)

Veuillez choisir toutes les réponses qui conviennent :

Cacao
Café
Céréales
Fruits

Herbes aromatiques, plantes pour épices avant transformation
Légumes
Légumineuses
Oléagineux
Tubercules
Autres :

[B8f] Merci de préciser la matrice ciblée par le dispositif :

Répondre à cette question seulement si les conditions suivantes sont réunies :

La réponse était 'Humains' à la question 'B7 ' (Quelle est la cible de la surveillance :)

Veuillez choisir toutes les réponses qui conviennent :

Sang
Urine
Lait maternel
Autre

[B8g] Merci de préciser le cadre ciblé par le dispositif :

Répondre à cette question seulement si les conditions suivantes sont réunies :

La réponse était 'Humains' à la question 'B7 ' (Quelle est la cible de la surveillance :)

Veuillez choisir toutes les réponses qui conviennent :

Clinique
Recherche
Autres

[B8h] Merci de préciser les catégories ciblées par le dispositif :

Répondre à cette question seulement si les conditions suivantes sont réunies :

La réponse était 'Autres' à la question 'B7 ' (Quelle est la cible de la surveillance :)

Veuillez écrire votre réponse ici :

[B9] Le dispositif est-il associé à un programme de contrôle ?

Veuillez sélectionner une seule des propositions suivantes :

Oui
Non

[B10] Merci d'identifier ce programme:

Répondre à cette question seulement si les conditions suivantes sont réunies :

La réponse était 'Oui' à la question 'B9' (Le dispositif est-il associé à un programme de contrôle?)

Veuillez écrire votre réponse ici :

[B11] Le questionnaire du dispositif est :

Veuillez sélectionner une seule des propositions suivantes :

public
privé
public et privé

[B12] La surveillance exercée par le dispositif est :

Veuillez sélectionner une seule des propositions suivantes :

officielle (c'est à dire coordonnée et mise en oeuvre par les autorités compétentes)
réglementaire (c'est à dire coordonnée par les autorités compétentes mais mise en oeuvre par les professionnels)
obligatoire (c'est à dire mise en oeuvre par les professionnels dans le cadre du principe de responsabilité)
volontaire (hors de toute obligation réglementaire)
Autre

Description des objectifs du dispositif de surveillance

[C1] Le dispositif de surveillance a pour objectif (s) :

Veuillez choisir toutes les réponses qui conviennent :

- la détection précoce
- le suivi des tendances
- la démonstration de conformité aux exigences
- Autre:

[C2] Existe –t- il un document formalisant l'objectif de la surveillance?

Veuillez sélectionner une seule des propositions suivantes :

- Oui
- Non

[C3] Précisez la référence de ce document :

Répondre à cette question seulement si les conditions suivantes sont réunies :

La réponse était 'Oui' à la question ' [C2]' (Existe - il un document formalisant l'objectif de la surveillance?)

Veuillez écrire votre réponse ici :

[C4] Quelle(s) est(sont) la(les) raison(s)/ la(les) finalité(s) de la surveillance opérée par le dispositif?

Veuillez choisir toutes les réponses qui conviennent :

- Gestion immédiate du risque *Cadmium* (*retrait/rappel, etc.*)
- Définition de mesures de gestion à long terme du risque *Cadmium* (*réglementation, révision du dispositif de surveillance, etc.*)
- Evaluation de l'efficacité des mesures de gestion du risque *Cadmium*
- Autre:

[C5] Existe –t- il un document formalisant la raison de la surveillance?

Veuillez sélectionner une seule des propositions suivantes :

- Oui
- Non

[C6] Précisez la référence de ce document :

Répondre à cette question seulement si les conditions suivantes sont réunies :

La réponse était 'Oui' à la question ' [C5]' (Existe - il un document formalisant la raison de la surveillance?)

Veuillez écrire votre réponse ici :

Description des conditions de gestion des données et des modalités de surveillance

[D1] Indiquez la couverture géographique du dispositif de surveillance :

Veuillez sélectionner une seule des propositions suivantes :

- Départementale / Régionale
- Nationale
- Européenne
- Internationale
- Autre

[D2] Les données collectées par le dispositif comportent-elles des données contextuelles (métadonnées de prélèvement etc.):

Veillez choisir une des propositions suivantes :

Oui
Non

[D3] Les méthodes sont-elles validées (normes officielles):

Veillez choisir une des propositions suivantes :

Oui
Non

[D3a] Merci de préciser le référentiel ou la norme :

Répondre à cette question seulement si les conditions suivantes sont réunies :

La réponse était 'Oui' à la question 'D3' (Les méthodes sont-elles validées (normes officielles):)

Veillez écrire votre réponse ici :

[D3b] Quelles sont valeurs associées aux performances analytiques de cette méthode :

Répondre à cette question seulement si les conditions suivantes sont réunies :

La réponse était 'Oui' à la question 'D3' (Les méthodes sont-elles validées (normes officielles):)

LD :
LQ :
Incertitude associée :
Autre performance analytique (préciser la performance et sa valeur) :

[D4] Les données analytiques supérieures au seuil de quantification (LQ) sont-elles rapportées:

Exemple : LQ à 2 µg/kg, seuil réglementaire à 5 µg/kg, données d'analyse a = 4 µg/kg et b = 6 µg/kg. Veillez choisir une des propositions suivantes :

en résultat binaire, exprimé par rapport au dépassement d'un seuil (oui/non) (dans l'exemple ci-dessus: a = non, pas de dépassement, b = oui)
en valeurs quantifiées (dans l'exemple ci-dessus a = 4 µg/kg, b = 6 µg/kg)
sous la forme de valeurs seuils lorsque celles-ci ne sont pas dépassées et dans le cas contraire en valeurs quantifiées (dans l'exemple ci-dessus a ≤ 5 µg/kg et b = 6 µg/kg)
Autre:

[D5] Merci de préciser la méthode analytique (ICP-MS, ICP optique, spectrométrie d'absorption atomique AAS, etc.) :

Veillez écrire votre réponse ici :

[D6] Les données collectées sont des

Veillez choisir toutes les réponses qui conviennent :

des données primaires (collectées pour le dispositif de surveillance)
des données secondaires (collectées dans un autre contexte que celui du dispositif de surveillance)

[D7] Dans ce cas, précisez la raison et l'objectif premier de la collecte des données :

Répondre à cette question seulement si les conditions suivantes sont réunies :

La réponse était 'des données secondaires (collectées dans un autre contexte que celui du dispositif de surveillance)' à la question [D6] (Les données collectées sont des)

Veillez écrire votre réponse ici :

[D8] Identifiez l'entité responsable du stockage des données :

Veillez écrire votre réponse ici :

[D9] L'échantillonnage est :

Veillez sélectionner une seule des propositions suivantes :

aléatoire
ciblé

[D10] Qui est propriétaire des données ?

Veillez écrire votre réponse ici :

[D11] Qui est (sont) le(s) fournisseur(s) de prélèvements (c'est-à-dire les organismes et les personnes en charge de réaliser les prélèvements)?

Veillez écrire votre réponse ici :

[D12] Qui est(sont) le(s) fournisseur(s) des données (ex : laboratoires agréés pour les données analytiques, inspecteur vétérinaire pour les données contextuelles etc.) ?

Veillez écrire votre réponse ici :

[D13] Les données de surveillance sont collectées dans un contexte :

Veillez choisir toutes les réponses qui conviennent :

de routine
de surveillance renforcée suite à des non-conformités
Autre:

Modalités d'organisation

[E1] Identifiez les participants au pilotage du dispositif et/ou la composition de la structure de pilotage du dispositif:

Veillez écrire votre réponse ici :

[E2] En quoi consiste(nt) l'(es) activité(s) de la structure de pilotage?

Veillez choisir toutes les réponses qui conviennent :

Définition de l'objectif et de la finalité du dispositif de surveillance
Programmation de la surveillance
Communication des résultats de surveillance
Animation du dispositif
Analyse et interprétation des données
Formation
Evaluation du dispositif
Autre:

[E3] Quelles sont les modalités d'organisation / fonctionnement du pilotage du dispositif? (par exemple: fréquence des réunions, rapport écrit, etc.)

Veillez écrire votre réponse ici :

[E4] Existe –t- il un document formalisant l'organisation du pilotage du dispositif de surveillance?

Veuillez sélectionner une seule des propositions suivantes :

- Oui
- Non

[E5] Précisez la référence du document (officiel ou interne):

Répondre à cette question seulement si les conditions suivantes sont réunies :

La réponse était 'Oui' à la question [E4] (Existe - il un document formalisant l'organisation du pilotage du dispositif de surveillance?)

Veuillez écrire votre réponse ici :

[E6] Identifiez les coordinateurs et/ou la composition de la structure de coordination du dispositif :

Veuillez écrire votre réponse ici :

[E7] En quoi consiste(nt) le(s) activité(s) de la coordination au sein du dispositif?

Veuillez choisir toutes les réponses qui conviennent :

- Orientation de l'objectif et de la finalité du dispositif de surveillance
- Programmation de la surveillance
- Communication des résultats de la surveillance
- Animation du dispositif
- Analyse et interprétation des données
- Formation
- Evaluation du dispositif
- Autre:

[E8] Quelles sont les modalités d'organisation/fonctionnement de la coordination du dispositif? (par exemple: fréquence des réunions, rapport écrit, etc.)

Veuillez écrire votre réponse ici :

[E9] Existe-t-il un document formalisant l'organisation de la coordination?

Veuillez sélectionner une seule des propositions suivantes :

- Oui
- Non

[E10] Précisez la référence du document :

Répondre à cette question seulement si les conditions suivantes sont réunies :

La réponse était 'Oui' à la question '[E9]' (Existe - il un document formalisant l'organisation de la coordination?)

Veuillez écrire votre réponse ici :

[E11] Identifiez les équipes d'appui scientifique et technique :

Veuillez écrire votre réponse ici :

[E12] En quoi consistent les activités d'appui scientifique et technique au sein du dispositif de surveillance?

Veuillez choisir toutes les réponses qui conviennent :

- Orientation de l'objectif et de la finalité du dispositif de surveillance
- Programmation de la surveillance
- Communication des résultats de la surveillance

Animation du dispositif
Analyse et interprétation des données
Formation
Evaluation du dispositif
Autre:

[E13] Comment l'appui scientifique et technique est-il organisé? Comment fonctionne-t-il? (*par exemple: rapport, réunion, formation, etc.*)

Veuillez écrire votre réponse ici :

[E14] Existe - il un document formalisant l'organisation de l'appui?

Veuillez sélectionner une seule des propositions suivantes :

Oui
Non

[E15] Précisez la référence du document :

Répondre à cette question seulement si les conditions suivantes sont réunies :

La réponse était 'Oui' à la question ' [E14]' (Existe - il un document formalisant l'organisation de l'appui?)

Veuillez écrire votre réponse ici :

Les laboratoires dans le dispositif de surveillance

[F1] Merci d'identifier le type de laboratoires impliqués dans le dispositif de surveillance (*analyses de première intention et confirmation*) :

Veuillez choisir toutes les réponses qui conviennent :

Laboratoire d'analyse public
Laboratoire d'analyse privé
Laboratoire National de Référence
Autre:

[F2] Indiquez le nombre de laboratoires impliqués dans le dispositif de surveillance:

Seuls des nombres peuvent être entrés dans ce champ.

Veuillez écrire votre réponse ici :

[F3] Quel est le niveau de management par la qualité au sein du réseau de laboratoires du dispositif de surveillance?

Veuillez choisir toutes les réponses qui conviennent :

Accréditation ISO obligatoire pour faire partie du réseau de laboratoires
Participation obligatoire à des Essais Inter Laboratoires pour faire partie du réseau de laboratoires
Obligation de conformité avec une charte qualité pour faire partie du réseau de laboratoires
Aucune obligation - niveau hétérogène d'assurance qualité au sein du réseau de laboratoires
Autre:

[F4] Y a-t-il une harmonisation entre les laboratoires ?

Veuillez choisir toutes les réponses qui conviennent :

Oui pour la méthode de prélèvement
Oui pour la méthode analytique
Oui pour les modalités d'interprétation des résultats d'analyse
Oui pour le rapportage des données

Non
Autre:

Collaboration(s)

[G1] Identifiez le(s) dispositif(s) avec qui votre organisme collabore dans le cadre de vos activités pour le dispositif de surveillance :

Veuillez écrire votre réponse ici :

[G2] Quel est ou quels sont le(s) type(s) de collaboration avec cet(ces) autres(s) dispositif(s)? (si votre organisme collabore avec plusieurs dispositifs, merci de décrire ces collaboration dans la case "autre" et dans la zone commentaire en fin de questionnaire)

Veuillez choisir toutes les réponses qui conviennent :

- Collaboration pour le pilotage de la surveillance
- Collaboration pour la coordination de la surveillance
- Collaboration pour la programmation de la surveillance (*choix objet de la surveillance, technique de laboratoire, etc.*)
- Collaboration pour les activités de laboratoire (*harmonisation des méthodes, transfert technologique, etc.*)
- Collaboration pour la réalisation des prélèvements sur le terrain
- Collaboration pour le partage des données brutes de surveillance
- Collaboration pour le partage des résultats (*données interprétées et agrégées*)
- Collaboration pour s'alerter en cas de non-conformités
- Communication commune à destination des acteurs des dispositifs collaborateurs et des décideurs, formation
- Communication commune à destination du grand public
- Nous ne collaborons avec aucun autre dispositif

Autre:

[G3] Existe-t-il un document formalisant la collaboration ?

Veuillez sélectionner une seule des propositions suivantes :

Oui
Non

[G4] Précisez la référence du document :

Répondre à cette question seulement si les conditions suivantes sont réunies :

La réponse était 'Oui' à la question 'G3' (Existe-t-il un document formalisant la collaboration ?)

Veuillez écrire votre réponse ici :

[G5] Si vous le souhaitez, vous pouvez ajouter ci-dessous des informations complémentaires, des précisions ou des commentaires sur vos attentes quant au travail collaboratif entamé au sein du GT cadmium :

Veuillez écrire votre réponse ici :

Envoyer votre questionnaire.

Merci d'avoir participé à cette enquête. Si *a posteriori* vous souhaitez apporter des éléments de réponses complémentaires, vous pouvez nous contacter à l'adresse suivante : helene.bernard@oniris-nantes.fr. Bonne journée !

Annexe 2 – Description des règles appliquées pour le calcul des indicateurs qualité

Type d'indicateur	Variables concernées	Description des règles de vérification des données
Complétude	Toutes	Recherche de cellules vides ou renseignées par "Vide", "Absent" etc...
Validité de format et homogénéité d'écriture	Toutes	Recherche de modalités différentes renseignant la même information, recherche de formats différents employés pour les dates, les valeurs numériques, les unités...
	Dates	Recherche de dates ne précisant pas l'année (Ex : 02-avril)
Exactitude	Toutes	Recherche de modalités non attendues (Ex : une date pour renseigner un pays)
	Dates	Recherche de dates non plausibles (Ex : 03/07/2024)
	Valeurs numériques	Recherche de valeurs aberrantes, recherche de valeurs renseignées par "0"
	Unités	Recherche d'unités différentes de celle employée dans la réglementation (Ex : µg/kg, ng/g...) et conduisant à des résultats aberrants
	Zones FAO	Recherche de codes erronés ¹
	Identifiant unique	Recherche de doublons
Cohérence	LD, LQ, résultat d'analyse, incertitude	Recherche d'incohérences : - LD > LQ - Résultat quantifié < LQ ou < LD - Résultat indiqué comme non quantifié mais valeur renseignée ≠ LQ - Résultat indiqué comme non détecté mais valeur renseignée ≠ LD - Résultat < Incertitude
	Indications géographiques	Recherche d'incohérences : - Région/Département français renseigné(e) pour un produit d'origine étrangère - Toutes autres incohérences au regard de la logique de renseignement du jeu de données
	Dates	Recherche d'incohérences : - Date d'analyse antérieure à la date de prélèvement - Date d'envoi de l'échantillon antérieure à la date de prélèvement et/ou postérieure à la date d'analyse - Discordance entre la date de prélèvement/analyse et l'année de prélèvement/analyse lorsque ces informations font l'objet de deux colonnes distinctes - Toutes autres incohérences liées aux relations d'antériorité/postériorité des événements

Pour les codes FAO, le site suivant a été utilisé comme référence : https://fish-commercial-names.ec.europa.eu/fish-names/fishing-areas_fr.

Annexe 3 - Calcul des indicateurs de qualité des données

Résumé

La présente notice accompagnait le rapport d'analyse de la qualité des données mis à disposition de chaque partenaire dans le cadre du GT cadmium. Elle détaille les méthodes de calcul des indicateurs de qualité des données retenus, exemples à l'appui. L'analyse de la qualité a été réalisée par trois membres de l'équipe opérationnelle de la Plateforme SCA en s'appuyant sur les recommandations du « Guide pratique sur la qualité des données de surveillance » émis par le groupe de suivi inter-plateformes « Qualité des données de surveillance ». Ce guide est par ailleurs consultable en ligne à l'adresse suivante : <https://wiki.esa.inrae.fr/books/guide-pratique-sur-la-qualite-des-donnees-de-surveillance>.

Les indicateurs abordés dans cette notice sont :

1. **La complétude**, c'est-à-dire le renseignement systématique des différentes variables, de manière à limiter la perte d'informations utiles;
2. **La validité du format et l'homogénéité**, c'est-à-dire le respect d'un format prédéfini et l'homogénéité d'écriture pour toutes les modalités d'une même variable;
3. **L'exactitude** ou tout au moins la vraisemblance de la donnée, c'est-à-dire l'absence d'information aberrante;
4. **La cohérence**, c'est-à-dire le respect d'une logique que peut impliquer le lien entre plusieurs variables.

1. Complétude

L'indicateur de complétude est un indicateur de qualité qui permet d'évaluer l'absence de valeur manquante. Sont comptabilisées comme absentes les valeurs non renseignées (cellule vide dans un tableau) ou bien les valeurs renseignées par des modalités comme "Vide", "Absente" etc.... En revanche, des données erronées ne sont pas comptabilisées comme absentes. Ici, le pourcentage de complétude a été calculé à deux échelles différentes à l'aide des formules indiquées ci-après.

- **A l'échelle d'une variable** (c'est-à-dire plus concrètement à l'échelle d'une colonne dans un jeu de données), la complétude a été calculée en utilisant la formule ci-dessous :

$$\% \text{ complétude} = \frac{\text{nombre de données renseignées pour la variable X}}{\text{nombre de données attendues pour la variable X}} \times 100$$

- **A l'échelle du jeu de données entier**, la complétude a été calculée en utilisant la formule indiquée ci-dessous :

$$\% \text{ complétude} = \frac{\text{nombre de données renseignées pour l'ensemble des variables}}{\text{nombre de données attendues pour l'ensemble du jeu de données}} \times 100$$

L'exemple donné en Figure 1 illustre le calcul de la complétude à l'échelle d'une variable et d'un jeu de données entier. Les cellules encadrées en rouge correspondent aux valeurs manquantes.

Pays	Département	Analyte
France	Ain	Cadmium
France	Creuse	0,02
France		Cadmium
FR	Corrèze	
France		Cadmium

100 %

60 %

80 %

Complétude du jeu de donnée = 80 %

Figure 1 : Exemple de calcul de la complétude à l'échelle des variables ou du jeu de donnée entier

Notion de complétude conditionnelle : La complétude peut parfois être calculée en appliquant des conditions, notamment lorsque le jeu de données comporte des variables renseignées elles-mêmes sous certaines conditions. Dans l'exemple donné Figure 2, un résultat ne peut pas être à la fois supérieur et inférieur à la LQ. Une seule valeur, manquante pour les deux colonnes, est donc comptabilisée comme absente. La complétude est donc égale à : $4/5 \times 100 = 80 \%$.

Complétude du jeu de données = 80 %

Résultat si > LQ	Résultat si < LQ
0,0003	
	0,0001
	0,0001
0,0122	

Seul ce résultat est comptabilisé comme « absent »

Figure 2 : Exemple de calcul de complétude dite conditionnelle

2. Validité du format et homogénéité d'écriture des modalités

Les indicateurs de validité du format et d'homogénéité des modalités sont des indicateurs de qualité qui permettent d'évaluer la présence de données renseignées au format attendu (validité du format), et l'emploi de modalités identiques pour une même information (homogénéité). Lors de la collecte des données le format d'une variable peut ne pas être contraint, ceci peut générer au sein d'une même variable une hétérogénéité :

- De format (Ex : un mélange de dates au format jj/mm/aaaa ou au format aaaa/mm/jj)
- D'écriture (Ex : l'information "France" est renseignée par des modalités différentes comme "Fr", "France", "FRANCE" etc ...)
- De précision (Ex : Une méthode analytique est renseignée par un nom générique ("ICP") ou un nom plus précis ("ICP-AES", "ICP-MS"))

Ici, le pourcentage de données au bon format et homogènes dans leur écriture a été calculé à deux échelles différentes à l'aide des formules indiquées ci-après.

- **A l'échelle d'une variable**, en utilisant la formule ci-dessous (nb = nombre) :

$$\% \text{ validité} = \frac{\text{nb de données au format attendu pour la variable X}}{\text{nb de données renseignées pour la variable X}} \times 100$$

- **A l'échelle du jeu de données entier**, en utilisant la formule indiquée ci-dessous (nb= nombre) :

$$\% \text{ validité} = \frac{\text{nb de données au format attendu pour l'ensemble des variables}}{\text{nb total de données renseignées}} \times 100$$

Le tableau 1 indique quelques formats attendus dans un jeu de données, notamment concernant les dates et les valeurs numériques. Pour les données au format texte, la modalité la plus employée a été considérée comme la référence d'écriture (Ex : si l'information "Matière première" est écrite "MP" pour 75 % des lignes et "Matière P" dans les 25 % des lignes restantes, alors ces dernières sont considérées comme non valides au niveau de leur écriture).

Tableau 1 : Exemple de formats attendus et exemple de formats considérés comme corrects

Type de données	Format attendu	Exemples validés	Exemples invalidés
Année	Numérique, 4 chiffres	2018	- deux mille dix-huit 18
Date	Date avec année entière	01/03/2018 2018-03-01 2018/03/01 2019-09-07T-15:50+00	01/03 - Mars 2018 - Avr-2015 - Un mélange de formats
Quantitative continue (ex: résultat)	Numérique	1,23 1.23 0,003 < 0,01	0,01 puis 0.01 dans la même colonne

L'exemple donné en Figure 3 illustre le calcul des indicateurs de format et homogénéité pour différents types d'informations (date, texte, valeur numérique...) dans un jeu de données. Les valeurs encadrées en rouge sont considérées comme non correctes. Comme illustré avec le cas de la variable "Matrice", pour les informations au format texte il est parfois impossible d'évaluer l'homogénéité des modalités si aucune écriture privilégiée ne semble ressortir. Exemple de calcul des indicateurs de format et homogénéité pour les différentes variables d'un jeu de données

100 %	60 %	80 %	60 %	
Matrice	Pays	Résultat	Date	
carotte	DANEMARK	0,02	01/03/2018	
CAROTTE	Danemark	0,02	01/03/2018	
Carotte	France	0,01	02-mai	Problème de format « date »
Choux	Fraince	0,04	03-avr	
choux	Allemagne	0.01	02/03/2019	
Homogénéité impossible à évaluer, aucun format privilégié ne ressort		séparateur « . »		
		- problème de casse - orthographe		

Figure 3 : Exemples de calcul d'indicateurs de validité du format

4. Exactitude

L'indicateur d'exactitude est un indicateur de qualité qui permet d'évaluer la présence de données vraisemblables, correspondant à la réalité. Lors de la collecte des données, des données non attendues ou erronées peuvent être générées lorsque par exemple :

- Une information est saisie dans la mauvaise colonne (Ex : on retrouve un nom de produit dans une colonne "Date de prélèvement")
- Une erreur est introduite au moment de la saisie (Ex : un résultat de dosage du Cadmium semble aberrant, ou bien est renseigné par "0")

Les résultats d'analyse doivent par exemple être rendus avant 2022 (une analyse rendue en 2024 correspondra probablement à une erreur de saisie), ou bien encore un identifiant d'analyse unique ne doit apparaître qu'une fois dans le jeu de données.

Ici, le pourcentage de données vraisemblables a été calculé à deux échelles différentes à l'aide des formules indiquées ci-après.

- **A l'échelle d'une variable**, en utilisant la formule ci-dessous :

$$\% \text{ exactitude} = \frac{\text{nombre de données valides pour la variable X}}{\text{nombre de données renseignées pour la variable X}} \times 100$$

- **A l'échelle du jeu de données entier**, en utilisant la formule indiquée ci-dessous :

$$\% \text{ exactitude} = \frac{\text{nombre de données valides}}{\text{nombre de données renseignées}} \times 100$$

L'exemple donné en Figure 4 illustre le calcul du pourcentage de données vraisemblables ou correspondant à des modalités attendues pour les différentes variables d'un jeu de données.

78 %	89 %	78 %	89 %	67 %
ID unique	Matrice	Résultat	Date prélèvement	Analyte
AJ003	Carotte	0,03	02/07/2018	Cadmium
AJ004	Carotte	0,02	03/07/2018	Cadmium
AJ005	Carotte	125	04/07/2018	Cadmium
AJ006	Choux	0,04	05/07/2018	Cadmium
AJ007	Choux	0,01	06/07/1885	03/12/2018
AJ008	Choux	0,01	07/07/2018	02/12/2018
AJ003	Savon	0,02	08/07/2018	02/12/2018
AJ010	Carotte	-4	09/07/2018	Cadmium
AJ011	Carotte	0,02	10/07/2018	Cadmium

Doublon Matrice non alimentaire Valeurs aberrantes Date aberrante Modalités non attendues

Figure 4 : Exemple de calcul des indicateurs d'exactitude pour les différentes variables d'un jeu de données

5. Cohérence

L'indicateur de cohérence est un indicateur de qualité qui permet d'évaluer la présence de données non contradictoires. Ici, la cohérence a été évaluée, quand cela était possible, entre :

- Les dates renseignées pour le prélèvement, l'analyse et le rendu du résultat de dosage du cadmium en vérifiant leur relation d'antériorité/postérité
- Les résultats de dosage et les performances analytiques en vérifiant leur relation d'infériorité/supériorité ($LD < LQ < \text{résultat quantitatif}$)
- Les informations géographiques en vérifiant par exemple qu'une région française était bien attribuée à un produit en provenance de la France

Ici, le pourcentage de données cohérentes a été calculé à l'échelle de l'ensemble du jeu de données en utilisant la formule suivante :

$$\% \text{ cohérence} = \frac{\text{nombre de données cohérentes}}{\text{nombre de données renseignées}} \times 100$$

L'exemple A donné en Figure 5 illustre le calcul du pourcentage de données pour lesquelles les dates renseignées sont cohérentes entre elles.

Exemple A – Dates

% cohérence = 50 %

Date de prélèvement	Date d'analyse	Année
02/05/2019	02/04/2019	2019
03/05/2019	12/06/2019	2019
04/05/2018	12/06/2018	2019
05/05/2018	12/06/2018	2018

↓

Date antérieure
au prélèvement

↓

Incohérent
avec les
autres dates

Figure 5 : Exemple de calcul du pourcentage de cohérence des dates renseignées

L'exemple B donné en Figure 6 illustre le calcul du pourcentage de données pour lesquelles les résultats d'analyse et les performances analytiques renseignés sont cohérents entre eux.

Exemple B – Résultats et performances analytiques

% cohérence = 50 %

Valeurs LD	LQ	Statut
1,2	0,02	0,04 Quantifié
0,09	0,02	0,04 Quantifié
0,02	0,01	0,04 Non quantifié
0,01	0,03	0,01 Quantifié

↓

LD > LQ

Le résultat rendu est différent de la LQ alors qu'il est non quantifié

Figure 6 : Exemple de calcul du pourcentage de cohérence des résultats et performances analytiques

L'exemple C donné en Figure 7 illustre le calcul du pourcentage de données pour lesquelles les informations géographiques renseignées sont cohérentes entre elles.

Exemple C – Données géographiques

Origine	Pays	Département
France	Allemagne	Ain
Etranger	Allemagne	Ain
France	France	Ain
Belgique	Belgique	Hors catégorie

} Incohérences

% cohérence = $2/4 = 50\%$

Figure 7 : Exemple de calcul du pourcentage de cohérence des données géographiques



Annexe 4 – Exemple de rapport d’analyse qualité des données

Rapport d’analyse - *Qualité des données (Version exemple)*

Ce rapport est destiné au(x) partenaire(s) suivant(s) : EXEMPLE

Contenu du jeu de données transmis et analysé dans le présent rapport : Données “Cadmium”, EXEMPLE

Rédacteur principal : Margot Bärenstrauch (Ingénieure de recherche, Laberca, UMR Oniris-INRAE 1329, équipe opérationnelle de la Plateforme SCA)

Co-rédacteurs : Pauline Bres (Chargée de recherche scientifique et technique, unité EAS, Anses, équipe opérationnelle de la Plateforme SCA), Hélène Bernard (Ingénieure de recherche, Laberca, UMR Oniris-INRAE 1329, équipe opérationnelle et de coordination de la Plateforme SCA)

Approbateur : Gaud Dervilly (Responsable scientifique de l’Axe Alimentation et Directrice adjointe du Laberca, UMR Oniris-INRAE 1329, équipe de coordination de la Plateforme SCA)

Document émis le **08 juillet, 2022**

Version : Rapport_qualite_GT_cadmium_EXEMPLE_2014_2019_V1.1

Introduction

Ce rapport propose une analyse de la qualité des données transmises par chaque partenaire dans le cadre du GT Cadmium. Cette analyse a été réalisée par trois membres de l’équipe opérationnelle de la Plateforme SCA en s’appuyant sur les recommandations du « Guide pratique sur la qualité des données de surveillance » rédigé par le groupe de suivi inter-plateformes « Qualité des données de surveillance ». Ce guide est consultable en ligne à l’adresse suivante : <https://wiki.esa.inrae.fr/books/guide-pratique-sur-la-qualite-des-donnees-de-surveillance>.

Deux documents sont également joints à ce rapport :

- Une **notice** qui détaille les méthodes de calculs des indicateurs de qualité, exemples à l’appui
- Une **note de recommandations**

Les recommandations proposées dans ce rapport ainsi que dans la note ont été élaborées dans l’optique d’améliorer la qualité des données et d’encourager les bonnes pratiques pour le

renseignement futur de données de surveillance. L'exploitation des données dépend fortement de la qualité de ces dernières, requérant le plus souvent en amont un travail de nettoyage et d'harmonisation. Quel que soit l'usage attendu du jeu de données transmis (traçabilité des analyses, réalisation de statistiques, dégagement de tendances spatio-temporelles), son exploitation implique que celui-ci réponde à plusieurs critères de qualité :

- **La complétude**, c'est-à-dire le renseignement systématique des différentes variables, de manière à limiter la perte d'informations utiles;
- **La validité du format**, c'est-à-dire le respect d'un format prédéfini et l'homogénéité d'écriture pour toutes les modalités d'une même variable;
- **L'exactitude** ou tout au moins la vraisemblance de la donnée, c'est-à-dire l'absence d'information aberrante;
- **La cohérence**, c'est-à-dire le respect d'une logique que peut impliquer le lien entre plusieurs variables.

L'application de ces recommandations est donc à adapter en fonction de l'usage auquel ce jeu de données est destiné et du degré d'informativité qui en est attendu.

1. Description du jeu de données

1.2 Dimensions

Le tableau 1 ci-dessous indique les dimensions du jeu de données original, tel que transmis par le partenaire.

Tableau 1 : Dimensions du jeu de données original

Nombre de colonnes	Nombre de lignes
exemple	exemple

1.3 Variables retenues pour l'analyse de la qualité des données

**** colonnes ont été retenues pour l'analyse, représentant ** % des colonnes transmises. Elles sont listées dans le tableau 2 ci-dessous avec leur détail. Les colonnes qui n'ont pas été retenues dans la présente étude correspondent à des données utiles pour le partenaire mais qui ne seront pas utilisées dans le cadre du GT cadmium.

Tableau 41 : Liste des variables retenues pour l'analyse de la qualité des données

Description	Variables correspondantes
Identifiant du produit analysé, unique	EXEMPLE
Nom du produit analysé	EXEMPLE
Date du prélèvement	EXEMPLE
Teneur en cadmium	EXEMPLE
Limite de détection	EXEMPLE
Limite de quantification	EXEMPLE
Identifiant ou nom du laboratoire ayant rendu le résultat	EXEMPLE

2. Présence de données indispensables ou utiles pour la surveillance du cadmium

Lors du GT n° 5, les membres du GT cadmium ont listé un certain nombre d'informations jugées indispensables ou utiles pour la surveillance du cadmium. Cette liste a été complétée et modifiée suite aux entretiens menés avec le Laboratoire National de Référence des éléments traces (Anses) et suite aux échanges du GT n°9. La figure 1 page suivante liste, pour chaque jeu de données transmis, les données présentes parmi celles jugées indispensables et utiles. Cette liste pourra être revue avec chaque partenaire afin d'identifier d'éventuelles améliorations dans la conception des jeux de données, tout en prenant en compte les contraintes propres à chaque filière/partenaire. Il est possible que des données indiquées comme "Absentes" correspondent à des données disponibles mais non transmises par le partenaire.

Dans certains jeux de données, des variables permettant de regrouper les matrices analysées par catégories d'aliments ont été identifiées. **Cette pratique est fortement encouragée car elle facilite l'extraction des données ainsi que leur traitement statistique.** Toutefois, ces variables n'ont pas forcément été retenues ici car une autre nomenclature commune à l'ensemble des jeux de données a été construite spécialement pour l'exploitation des données.

Données perfectibles

Les améliorations suivantes pourraient être apportées dans la construction du jeu de données :
EXEMPLE

GT Cadmium _ Analyse qualité des données

Information	
	Échantillon
*	Matrice
*	Espèce
*	Type produit (transformé, matière première, surgelé, conserve...)
*	Alimentation humaine ou animale
*	Mode de production pour produits d'origine animale (élevage/sauvage)
*	Bio/conventionnel
*	Origine géographique du produit (Pays)
*	zone FAO si pêche
*	Id échantillon unique
*	Id lot/traçabilité
*	Date de prélèvement
u	Origine matière 1ère si France (Département, Région)
u	Variété
Analyse	
*	Analyte
*	Valeur résultat
*	Unité résultat
*	Statut résultat (quantifiable, non quantifiable)
*	Méthode analytique
*	LD
*	LQ
*	Incertitude
*	Accréditation laboratoire
*	Id laboratoire
u	Date de mise en analyse
u	Date rendu du résultat
Réglementation	
*	Non-conformité (oui/non)
u	Teneur maximale utilisée pour statuer sur la conformité
Autre	
u	Année de prélèvement/analyse

Statut de l'information	
absent	information absente du jeu de données
déductible	information déductible à partir d'autres informations connues
présent/perfectible	information présente mais partielle ou perfectible dans son format
présent/accessible	information présente qui peut être exploitée facilement
*	information jugée indispensable par le GT pour la surveillance du cadmium
u	information jugée utile mais pas indispensable par le GT

Figure 1 : Présence/absence des données jugées indispensables/utiles pour la surveillance du cadmium par les membres du GT, dans le jeu de données transmis.

3. Complétude des données

Cette partie vise à évaluer le taux de complétude du jeu de données et permet de répondre à la question “Est-ce que toutes les informations demandées sont renseignées ?”.

→ Voir notice « Calcul des indicateurs »

3.1 Par variable

La figure 2 ci-dessous indique le pourcentage de complétude pour chaque variable.

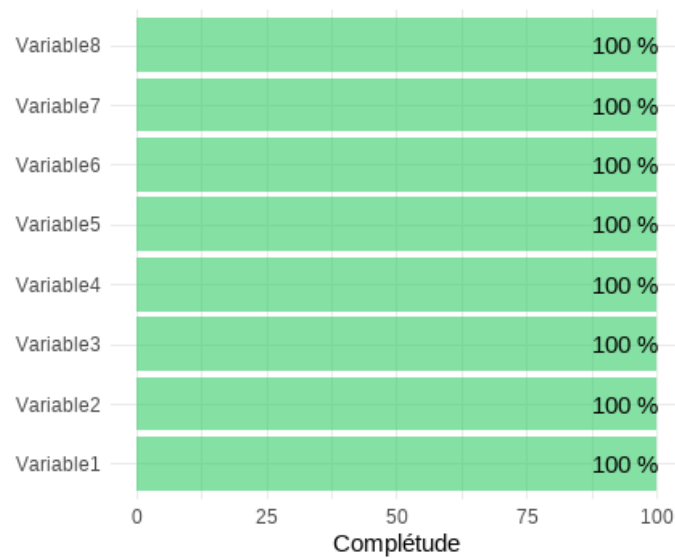


Figure 2 : Pourcentages de complétude obtenus pour chaque variable du jeu de données

3.2 Pour l'ensemble du jeu de données

La figure 3 ci-dessous indique le pourcentage de complétude pour l'ensemble du jeu de données.



Figure 3 : Pourcentage de complétude obtenu pour l'ensemble du jeu de données

3.3 Précisions sur le calcul de la complétude

(Dans cette section certaines précisions sont apportées sur les critères de calculs de la complétude, notamment lorsque des informations sont renseignées de manière conditionnelle : par exemple une incertitude de mesure ne peut être renseignée que si le résultat d'analyse est quantifié)

ATTENTION : tous les indicateurs qui suivent sont calculés pour l'ensemble des lignes renseignées uniquement et ne tiennent évidemment pas compte des cellules vides.

4. Validité du format

Cette partie vise à évaluer le taux de données renseignées au format attendu. Toutes les modalités d'une variable doivent être exprimées suivant le même format. Par exemple si la date est exprimée au format "jj/mm/aaaa", seul ce format doit être retrouvé. De plus, chaque modalité ne doit avoir qu'une seule écriture.

→ Voir notice « Calcul des indicateurs »

4.1 Par variable

La figure 4 ci-dessous indique le pourcentage de données renseignées au format attendu pour chaque variable.

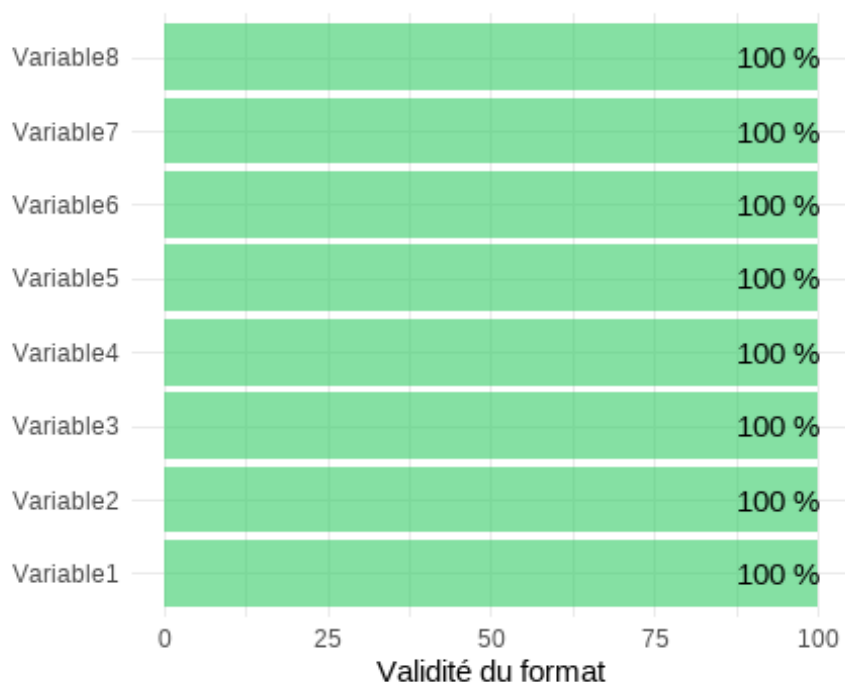


Figure 4 : Pourcentages de validité du format obtenus pour chaque variable du jeu de données

4.2 Pour l'ensemble du jeu de données

La figure 5 ci-dessous indique le pourcentage de données renseignées au format attendu pour l'ensemble du jeu de données.

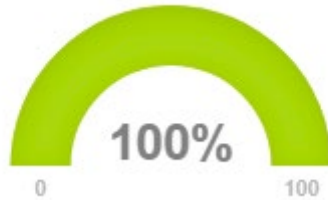


Figure 5 : Pourcentage de validité du format obtenu pour l'ensemble du jeu de données

4.3 Améliorations relatives au format des données

Au regard de l'étude du jeu de données transmis, des suggestions d'améliorations sont proposées :

EXEMPLE

5. Exactitude des données renseignées

Cette partie vise à évaluer le taux de données correctes, c'est-à-dire renseignées par une valeur numérique plausible, une date plausible, ou encore une modalité (matrice, pays...) attendue.

→ Voir notice « Calcul des indicateurs »

5.1 Par variable

La figure 6 ci-dessous indique le pourcentage de données correctes pour chaque variable.

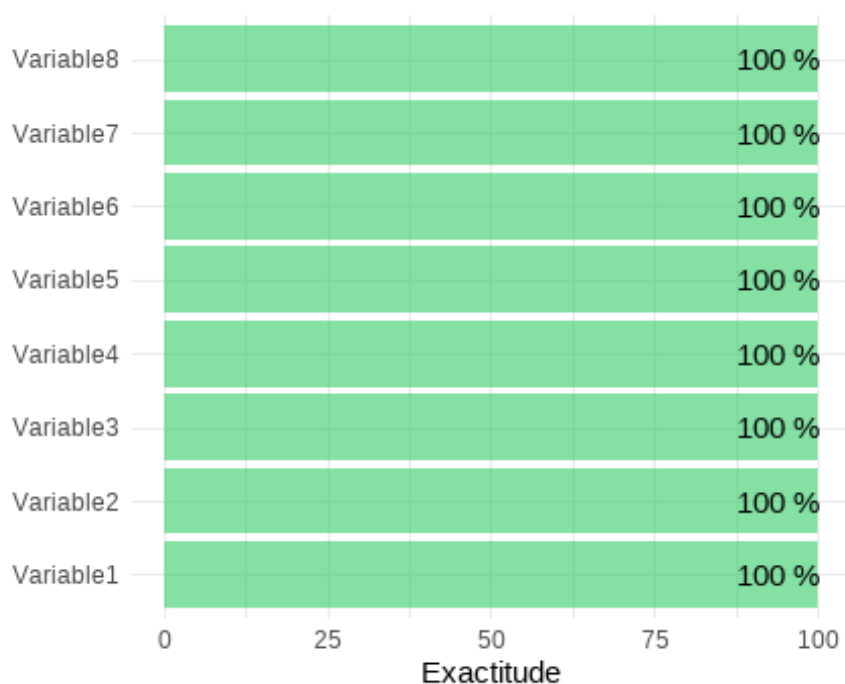


Figure 6 : Pourcentages d'exactitude obtenus pour chaque variable du jeu de données

5.2 Pour l'ensemble du jeu de données

La figure 7 ci-dessous indique le pourcentage de données correctes pour l'ensemble du jeu de données.



Figure 7 : Pourcentage d'exactitude obtenu pour l'ensemble du jeu de données

5.3 Améliorations relatives à l'exactitude des données

Au regard de l'étude du jeu de données transmis, des suggestions d'améliorations sont proposées : *EXEMPLE*

6. Cohérence des données renseignées

Cette partie vise à évaluer la cohérence entre différents renseignements liés entre eux. Quand cela est possible, la cohérence entre les renseignements suivants est évaluée:

- Entre les dates (prélèvement, analyse, année de campagne...)
- Entre les valeurs (LD, LQ, Teneur en Cadmium, Statut du résultat...)
- Entre des données géographiques (Département, Pays...)

→ Voir notice « Calcul des indicateurs »

6.1 Cohérence des dates

La figure 8 ci-dessous indique le pourcentage de lignes pour lesquelles les dates renseignées sont cohérentes entre elles. Il est vérifié par exemple qu'une date de prélèvement est bien antérieure à une date d'analyse.

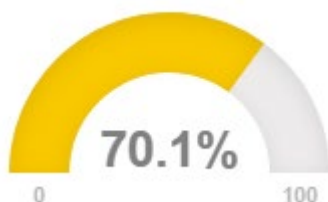


Figure 8 : Pourcentage de cohérence des dates renseignées

(Dans le cas où l'indicateur est inférieur à 100 %, un bref descriptif voire une extraction des données erronées si elles ne sont pas trop nombreuses est proposé à cet emplacement.)

6.2 Cohérence des valeurs

La figure 9 ci-dessous indique le pourcentage de lignes pour lesquelles les valeurs sont cohérentes entre-elles lorsqu'elles sont renseignées.



Figure 9 : Pourcentage de cohérence des valeurs renseignées

(Dans le cas où l'indicateur est inférieur à 100 %, un bref descriptif voire une extraction des données erronées si elles ne sont pas trop nombreuses est proposé à cet emplacement.)

Précisions sur l'analyse de la cohérence des valeurs

(Cette section détaille les tests logiques appliqués afin de vérifier la cohérence des valeurs numériques (résultat, LD, LQ...) renseignées dans le jeu de données.)

6.3 Cohérence des informations géographiques

La figure 10 ci-dessous indique le pourcentage de lignes pour lesquelles les informations géographiques sont cohérentes entre elles lorsqu'elles sont renseignées.



Figure 10 : Pourcentage de cohérence des informations géographiques renseignées

(Dans le cas où l'indicateur est inférieur à 100 %, un bref descriptif voire une extraction des données erronées si elles ne sont pas trop nombreuses est proposé à cet emplacement.)

Conclusion

Dans le cadre du GT Cadmium, des données ont été transmises sur la base du volontariat par plusieurs dispositifs de surveillance avec pour objectif d'évaluer la qualité de ces données, d'en dégager des indicateurs sanitaires ainsi que d'éventuelles tendances temporelles. Ce travail a été mené afin de proposer à terme des recommandations pour une meilleure surveillance du cadmium. Il doit permettre par la même occasion la mise en évidence des difficultés inhérentes à la mutualisation de données d'origines diverses, dans une optique « preuve de concept ».

Conformément à ces objectifs, le présent rapport propose une analyse de la qualité des données ainsi que des recommandations en matière de renseignement des données de surveillance. En effet, dans le cadre de la surveillance, les différents acteurs doivent d'appuyer sur des informations fiables, à la fois conformes au réel et pouvant être traitées sans erreur. La qualité des données influence donc directement le fonctionnement d'un dispositif de surveillance et sa capacité à répondre à ses objectifs. Des données de bonne qualité participent à l'efficacité de la surveillance.

Au total, cinq indicateurs de qualité des données ont été retenus dans ce rapport. Les valeurs obtenues pour l'ensemble des jeux de données analysés (n=17) sont indiquées sur la figure 11 ci-dessous.

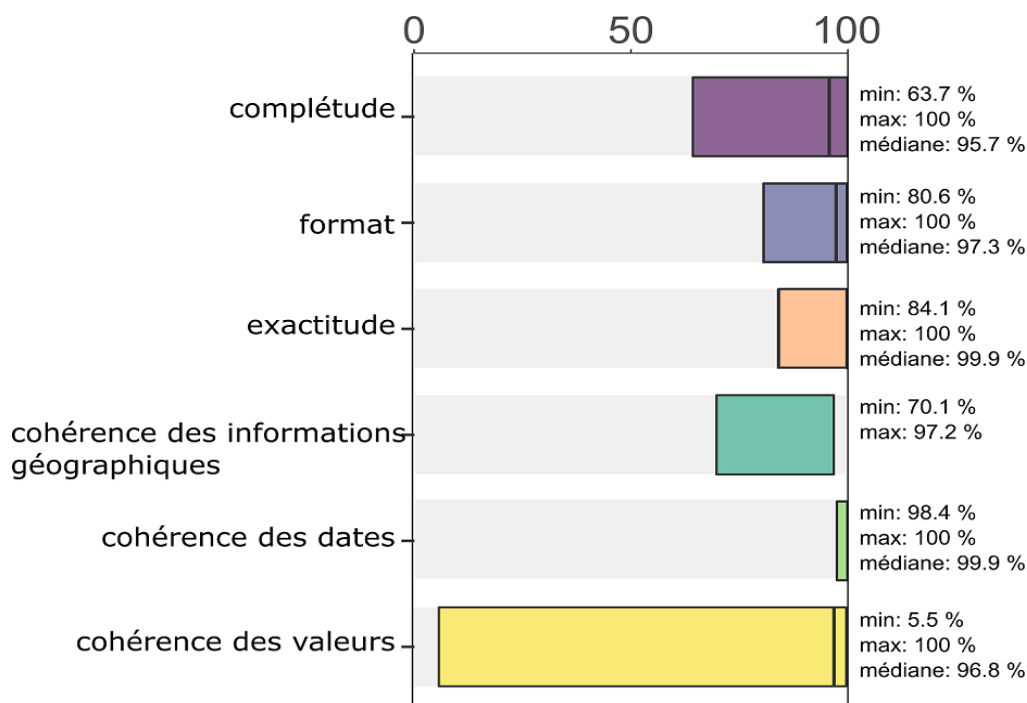


Figure 11 : Valeurs des indicateurs de qualité obtenues pour l'ensemble des jeux de données transmis

Les valeurs obtenues pour l'ensemble des jeux de données pourront être comparées aux valeurs obtenues pour le présent jeu de données, résumées ci-après :

- Complétude globale : ****
- Validité du format et homogénéité globales : ****
- Exactitude globale : ****
- Cohérence des dates : ****
- Cohérence des données géographiques : ****
- Cohérence des valeurs numériques (résultat, LD, LQ...) : ****

La qualité des données est cependant un concept multidimensionnel qui ne saurait être réduit aux indicateurs de qualité retenus, lesquels ont été sélectionnés notamment pour leur simplicité de calcul. Ainsi, une valeur faible obtenue pour un indicateur de qualité correspond parfois à des données qui peuvent être corrigées très simplement par une seule manipulation (ex : une inversion systématique de la LD et la LQ sera très rapidement corrigée, bien qu'elle puisse être associée à une très faible valeur de cohérence).

A l'inverse, des valeurs d'indicateurs élevées peuvent ne refléter que partiellement la qualité de la donnée. Cela peut être le cas notamment lorsque certains indicateurs de validité du format n'ont pu être calculés, en raison d'une forte hétérogénéité au niveau des modalités renseignées. Ainsi, les indicateurs ne reflètent pas systématiquement le temps nécessaire à l'harmonisation d'un jeu de données avant son exploitation.

Les animateurs du GT cadmium se tiennent à la disposition des partenaires pour répondre à leurs éventuelles questions ou remarques à propos de ce document. Si une erreur venait à être détectée, une correction serait alors apportée au document.

Enfin, les membres de l'équipe opérationnelle ainsi que les membres du GT tiennent à remercier les participants d'avoir accepté de transmettre leurs données de surveillance et d'avoir ainsi contribué aux travaux du GT Cadmium.

Annexe 5 – Recommandations relatives à la qualité des données

Rédacteur principal : Pauline Bres (Chargée de recherche scientifique et technique, unité EAS, Anses, équipe opérationnelle de la Plateforme SCA)

Co-rédacteurs : Margot Bärenstrauch (Ingénieure de recherche, Laberca, UMR Oniris-INRAE 1329, équipe opérationnelle de la Plateforme SCA), Hélène Bernard (Ingénieure de recherche, Laberca, UMR Oniris-INRAE 1329, équipe opérationnelle et de coordination de la Plateforme SCA)

Approbateur : Gaud Dervilly (Responsable scientifique de l'Axe Alimentation et Directrice adjointe du Laberca, UMR Oniris-INRAE 1329, équipe de coordination de la Plateforme SCA)

Document émis le **22 avril 2022**

Introduction

Les recommandations proposées dans le présent document ont été élaborées afin d'aider les gestionnaires et les animateurs de dispositifs de surveillance du cadmium dans leur démarche d'amélioration continue. Elles se basent sur le travail d'évaluation de la qualité des données réalisé par trois membres de l'équipe opérationnelle de la Plateforme SCA. Cette évaluation a été menée grâce à l'élaboration et au calcul d'indicateurs de qualité de données. Un rapport individualisé, reprenant l'ensemble des indicateurs de qualité calculés dans le cadre de ce travail, est mis à disposition de chaque partenaire. La présente note de recommandation, transmise à l'ensemble des partenaires, synthétise les principaux axes d'améliorations susceptibles de concerner des dispositifs de surveillance du cadmium et ceci dans l'optique d'optimiser la qualité des données de surveillance. Le guide pratique sur la qualité des données de surveillance émis par le groupe de suivi inter-plateforme « Qualité des données de surveillance » a fortement aidé aux travaux en lien avec la qualité des données produits au sein du GT cadmium.

1. Terminologie

Donnée : valeur affectée à une variable, représentation formalisée de l'information, adaptée à l'interprétation, destinée à faciliter le traitement et la communication. La donnée peut être représentée comme un conteneur porteur d'une information ou d'un fragment d'information. Une donnée est une description élémentaire, représentée sous forme codée, d'une réalité (chose, évènement, mesure, transaction, etc.) en vue d'être collectée, enregistrée, traitée, manipulée, transformée, conservée, archivée, échangée, diffusée et communiquée.

Qualité des données : la qualité des données est un concept multidimensionnel ; une donnée de qualité est habituellement définie comme étant complète, conforme, cohérente, exacte, non dupliquée ou encore intègre. A partir de ces dimensions, les acteurs de la surveillance sélectionnent des définitions opérationnelles de la qualité des données afin de construire des indicateurs concrets et pertinents. Dans le cadre de la surveillance, les différents acteurs attendent une transmission d'informations fiables à la fois conformes au réel et pouvant être traitées sans erreur. La qualité des données influence directement le fonctionnement d'un dispositif de surveillance et sa capacité à répondre à ses objectifs.

Variable : correspond à une colonne ou à un champ, une donnée peut être définie par plusieurs variables ou champs.

Modalité : correspond aux valeurs qu'il est possible de renseigner pour une variable.

Harmonisation des modalités : les modalités peuvent prendre plusieurs formes en fonction du type de variable. L'objectif est de réduire l'hétérogénéité des modalités afin d'obtenir la liste la plus restreinte possible. Il existe quelques règles simples à respecter afin d'optimiser l'harmonisation des modalités qui seront explicitées dans les recommandations.

Standardisation : l'harmonisation des modalités peut passer par la standardisation, c'est à dire l'utilisation de standards/référentiels officiels ou officieux. Les standards/référentiels délimiteront les modalités possibles pour une variable. L'utilisation de standards ou de référentiels implique une mise à jour régulière de ces derniers.

2. Recommandations

Les jeux de données réceptionnés dans le cadre du GT cadmium ont été transmis par différents partenaires issus de différentes filières. La qualité des données s'anticipe dès la création du jeu de données et/ou des bases de données. Il est recommandé de commencer par une réflexion de co-conception avec l'ensemble des acteurs du dispositif de surveillance. La co-conception permet de se questionner sur les variables indispensables et utiles à la surveillance, d'adapter l'outil de collecte, d'anticiper l'utilisation des jeux de données (mutualisation, fusion. . .) et donc d'atteindre un certain niveau de qualité des données. Un outil de collecte ou un jeu de données mal anticipé peut conduire à des données de mauvaise qualité et défavoriser la surveillance en question.

Exemple : Il peut arriver que des dispositifs effectuent la surveillance du cadmium sur un seul type de matrice et donc ne mentionnent pas le nom de la matrice analysée dans le jeu de données mais uniquement dans le nom du fichier. Le même cas de figure peut s'observer pour l'analyte. Les informations importantes, telles que la matrice ou l'analyte pourraient être perdues au moment de la transmission ou de la fusion avec d'autres jeux de données si ces informations ne figurent pas dans des variables dédiées, ou en cas de modification accidentelle du nom du fichier.

Lors de l'étape de co-conception il est possible d'intégrer les recommandations qui suivent, elles peuvent aussi être appliquées sur des jeux de données et bases de données déjà existantes.

2.1 Respect du principe de clé d'unicité

Toute entité d'un jeu de donnée doit posséder un identifiant unique persistant attribué par l'utilisateur, toujours documenté (et non nul). Cette exigence est nommée contrainte d'unicité de clé. Elle permet d'identifier de manière unique chaque enregistrement de la table de la base de donnée. L'identifiant unique peut permettre par exemple de croiser différentes informations stockées dans différentes bases de données. Il permet également une meilleure traçabilité. Il existe deux possibilités pour assurer l'identification unique :

- Recourir à **l'implémentation automatique** : un format d'identifiant unique avec au moins une lettre et un chiffre peut permettre de stabiliser le format de la cellule ;
- Créer un identifiant en **concaténant deux, voire plusieurs variables** de la base de données.

2.2 Suppression des doublons

Il est possible de bloquer la saisie d'un doublon par l'opérateur lors de la saisie des données sur l'outil de collecte des données. Si cela n'est pas anticipé, la vérification de l'unicité se fera au moment du nettoyage des données (à l'aide d'un script automatisé sur R ou SAS par exemple, ou via la fonction « supprimer les doublons » sur une base Excel préalablement sauvegardée).

2.3 Définition des caractéristiques des données

Lors de la conception d'un jeu de données il est recommandé d'établir un dictionnaire des variables qui reprend pour chaque variable :

- Le **nom** de la variable : le plus précis et explicite possible
- La **description** ou définition
- Le **caractère obligatoire ou facultatif** de la variable
- Son **type** : nombre entier, nombre décimal, chaîne de caractère, date. . .
- Son **format et modalités** de renseignement : nombre de caractères maximum, format spécifique, intitulé des catégories (modalités de vocabulaire contrôlé (autrement dit liste des modalités possibles pour les variables qualitatives ainsi que le codage prévu pour chacune de ces modalités), valeurs minimum, maximum pour les valeurs quantitatives



Le dictionnaire des variables pourra être joint au jeu de données en cas de transmission à un partenaire afin qu'il soit exploitable sans ambiguïté. Il est également susceptible de servir lorsqu'une nouvelle personne devient en charge de ce jeu de données. Par ailleurs, une bonne pratique résultant de la caractérisation des données est de respecter le principe suivant : un seul type de renseignement pour une variable.

Exemple :

Packaging		
Bocal 125 g		
Format packaging	Poids packaging	Unité poids packaging
Bocal	125	g

Le mélange de chaîne de caractère et des variables numériques complexifie l'exploitation de la cellule

FIGURE 1 – Définition des variables

2.4 Renseignement des champs

L'exploitation de données de surveillance conduit à se questionner sur la présence de l'ensemble des renseignements nécessaires à cette dernière. Le niveau d'informativité d'un jeu de données est lié à sa complétude, ce qui implique que les variables soient renseignées de manière systématique : il est possible de conditionner la validation de la donnée à l'étape de renseignement des différentes variables lors de la saisie des données. L'absence de renseignement est possible et acceptable dans certains cas, cependant cette absence de renseignement doit être figurée de manière non-ambiguë. Une cellule vide peut porter à confusion, on préférera traduire l'absence de renseignement par une modalité qui peut être : « NA », « SO » ou encore « non renseigné ».

2.5 Harmonisation des données

L'homogénéité des modalités facilite l'exploitation d'une base de données. Elle permet notamment de réduire le nombre de modalités pour une même variable, permettant de les extraire plus facilement lors d'une recherche. Certains principes prévalent pour l'harmonisation des variables en fonction de leur type (voir ci-après).

2.5.1 Dates

Il est recommandé de prédéfinir un format de date à respecter pour toutes les variables de type dates. Le format le plus couramment utilisé est « JJ/MM/AAAA ».

2.5.2 Chaînes de caractères

Si le renseignement se fait manuellement sans assistance il est recommandé de prédéfinir quelques règles simples :

- Majuscule ; minuscule ou première lettre en majuscule
- Singulier ; pluriel
- Prise en compte ou non des accents
- Nombre maximum de caractères acceptés

Exemple : Pour la variable matrice, nous avons pu observer 4 modalités différentes pour la matrice «Épinard haché».

Matrice
EPINARDS HACHES
Epinard haché
Epinard hachés
Epinards hachés

FIGURE 2 – Non harmonisation de la variable matrice

Si la saisie de la donnée s'appuie sur un standard/référentiel, il est nécessaire de veiller régulièrement à la mise à jour de ces documents.

Exemple : Pour l'harmonisation de la variable matrice, nous avons utilisés deux standards afin de catégoriser les matrices :

- Référentiel créé à partir de la réglementation
- Référentiel FoodEx niveau H1 +/- H2

2.5.3 Champs contraints

Pour les variables qui présentent un nombre limité et connu de modalités, il peut être pertinent de mettre en place des listes déroulantes basées sur des standards/référentiels officiels ou informels, afin de restreindre au minimum le nombre de ces modalités. Une modalité « autre » avec saisie obligatoire d'un complément de réponse sous forme de texte libre, peut être proposée en fin de liste pour répondre aux modalités non anticipées. L'analyse de ces réponses « autre » permettra par la suite d'adapter et de faire évoluer la liste déroulante.

A titre d'exemple, l'exploitation des bases de données transmises par les partenaires du GT cadmium a montré d'une façon générale une certaine hétérogénéité des formats et des modalités pour une même variable au sein d'un même jeu de données.

2.5.4 Valeurs numériques

Il est recommandé de définir quelques règles :

- Quel séparateur doit être utilisé «. » ou «, » : cela facilite la manipulation des données et donc l'exploitation statistique
- Valeurs minimale et maximale acceptées : cela permet de limiter les erreurs de saisie en excluant les valeurs aberrantes
- Niveau de précision acceptée (nombre de chiffre après la virgule) : cela homogénéise les résultats

Pour conclure concernant l'harmonisation des variables, il est souhaitable de limiter au maximum les champs ouverts, de favoriser les champs contraints via le respect d'un format ou encore d'une modalité. Il est recommandé d'adopter une démarche permanente d'accompagnement et de formation des personnes qui effectuent la collecte et la saisie (préleveurs, laboratoires. . .) des données afin de garantir la bonne saisie des données.

2.5.5 Vérification des cohérences

La cohérence permet de mettre en évidence la logique entre les renseignements d'une même donnée et de vérifier qu'ils ne fournissent pas d'informations contradictoires. Il est possible d'envisager différents tests de cohérence, adaptables aux jeux de données et donc à la filière et à la surveillance effectuée. Ceux-ci peuvent porter sur la cohérence des dates, des valeurs ou encore des données géographiques renseignées.

Conclusion Dans le cadre du GT Cadmium, des données ont été transmises par plusieurs dispositifs de surveillance dans l'objectif d'évaluer la qualité des données, de dégager des indicateurs sanitaires et d'éventuelles tendances temporelles. Ce travail a été mené afin de dégager des recommandations pour une meilleure surveillance du cadmium et d'autre part afin de mettre en évidence, dans une optique « preuve de concept », les difficultés inhérentes à la mutualisation de données d'origines diverses.

Dans le cadre de la surveillance, les différents acteurs doivent d'appuyer sur des informations fiables à la fois conformes au réel et pouvant être traitées sans erreur. La qualité des données influence directement le fonctionnement d'un dispositif de surveillance et sa capacité à répondre à ses objectifs. Des données de bonne qualité participent ainsi à l'efficacité de la surveillance et concernent tous les acteurs du dispositif de surveillance.

[Cliquez ici pour avoir accès au guide pratique sur la qualité des données](#)

Les animateurs du GT cadmium se tiennent à la disposition des partenaires pour répondre à leurs éventuelles questions ou remarques.

Les membres de l'équipe opérationnelle ainsi que les membres du GT remercient les participants d'avoir accepté de transmettre leurs données de surveillance et d'avoir ainsi contribué aux travaux du GT Cadmium.

Annexe 6 – Méthodologie de l'exploitation statistique des données

a. Nettoyage des données et corrections

La figure 1 indique le nombre d'échantillons écartés à chaque étape de nettoyage. Au total, 3 634 échantillons (soit ~4,9 %) ont été exclus, principalement car les dates de prélèvement indiquées se situaient en dehors de la plage temporelle ciblée pour la transmission (2010-2019). Le jeu de données nettoyé comprend ainsi 71 059 résultats d'analyse.

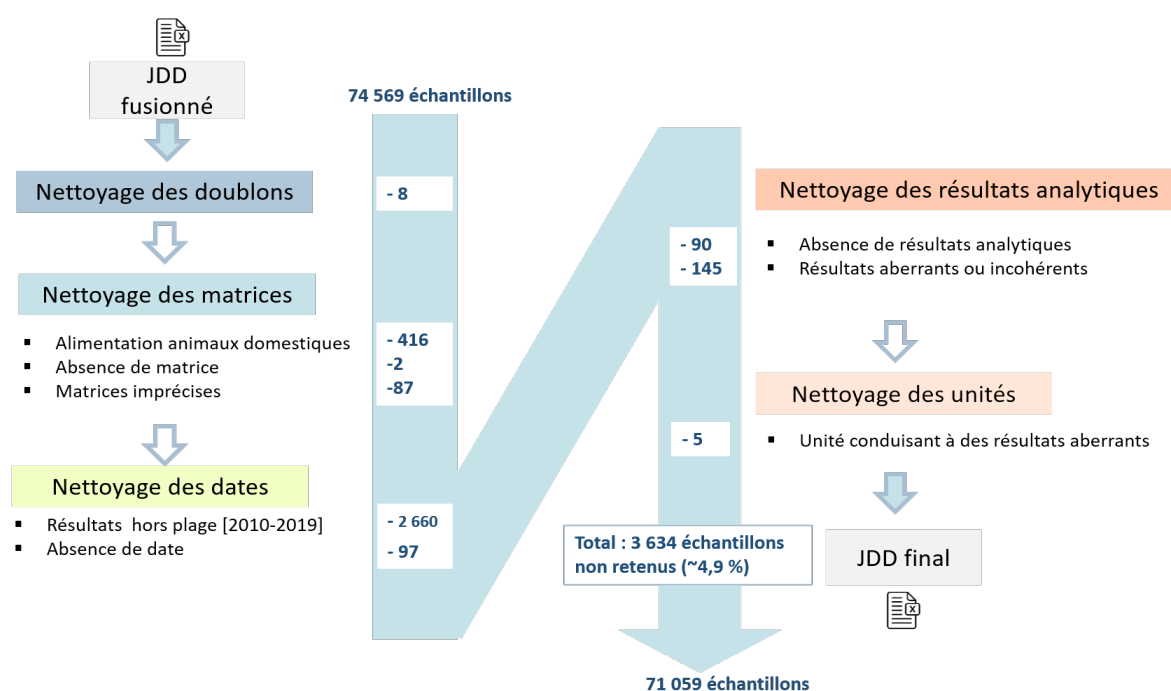


Figure 1 : Détails des données non retenues pour l'exploitation du jeu de données (JDD). Les chiffres précédés du symbole « - » correspondent aux nombres de résultats analytiques écartés pour les différents motifs indiqués.

Les résultats ont également été convertis lorsqu'ils n'étaient pas exprimés en mg/kg. Pour les résultats exprimés par rapport à une unité de volume, l'équivalence approximative de 1 kg = 1 L a été utilisée. Dans tous les jeux de données, les résultats étaient rapportés en unité de concentration dans la matière fraîche ou bien dans la matière telle que consommée (exemple : farines, fruits secs, graines), à l'exception des données de l'Ifremer, lesquelles se rapportent à des niveaux de contamination dans des échantillons de mollusques bivalves exprimés en mg/kg de poids sec. Ces résultats ont donc été convertis en mg/kg de poids frais en appliquant le calcul suivant utilisé par l'Ifremer²³ :

$$\text{Résultat (mg/kg, poids frais)} = \text{résultat (mg/kg, poids sec)} / 5$$

²³ <https://wwwz.ifremer.fr/lern/Reseaux-d-Observations/Environnement/Contamination-chimique-ROCCH>

b. Construction du référentiel des matrices alimentaires

Un double référentiel a été construit afin de regrouper les matrices par catégorie alimentaire. Les matrices ont ainsi été d'une part, associées aux catégories d'aliments pour lesquelles une teneur maximale réglementaire est attribuée (Règlement (CE) n°1881/2006 en vigueur sur la période 2010-2019 pour l'alimentation humaine et Règlement (CE) n°2002/32 pour l'alimentation animale) et d'autre part, harmonisées suivant la nomenclature FoodEx (niveaux hiérarchiques les plus larges à savoir H1 et H2). Cette nomenclature est celle utilisée par l'Anses pour la remontée des données des PS/PC à l'EFSA. Ainsi chaque matrice a été associée à une catégorie de niveau 1 (générale), de niveau 2 (plus détaillée) ainsi qu'une catégorie réglementaire le cas échéant (Figure 2).

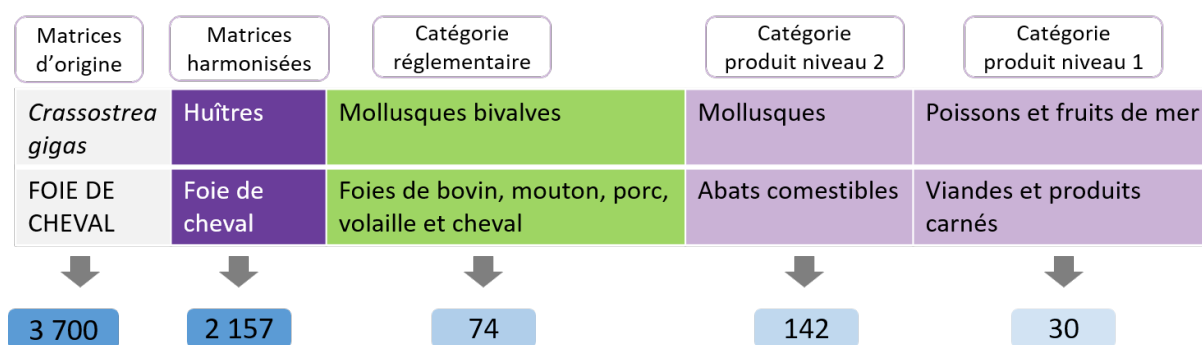
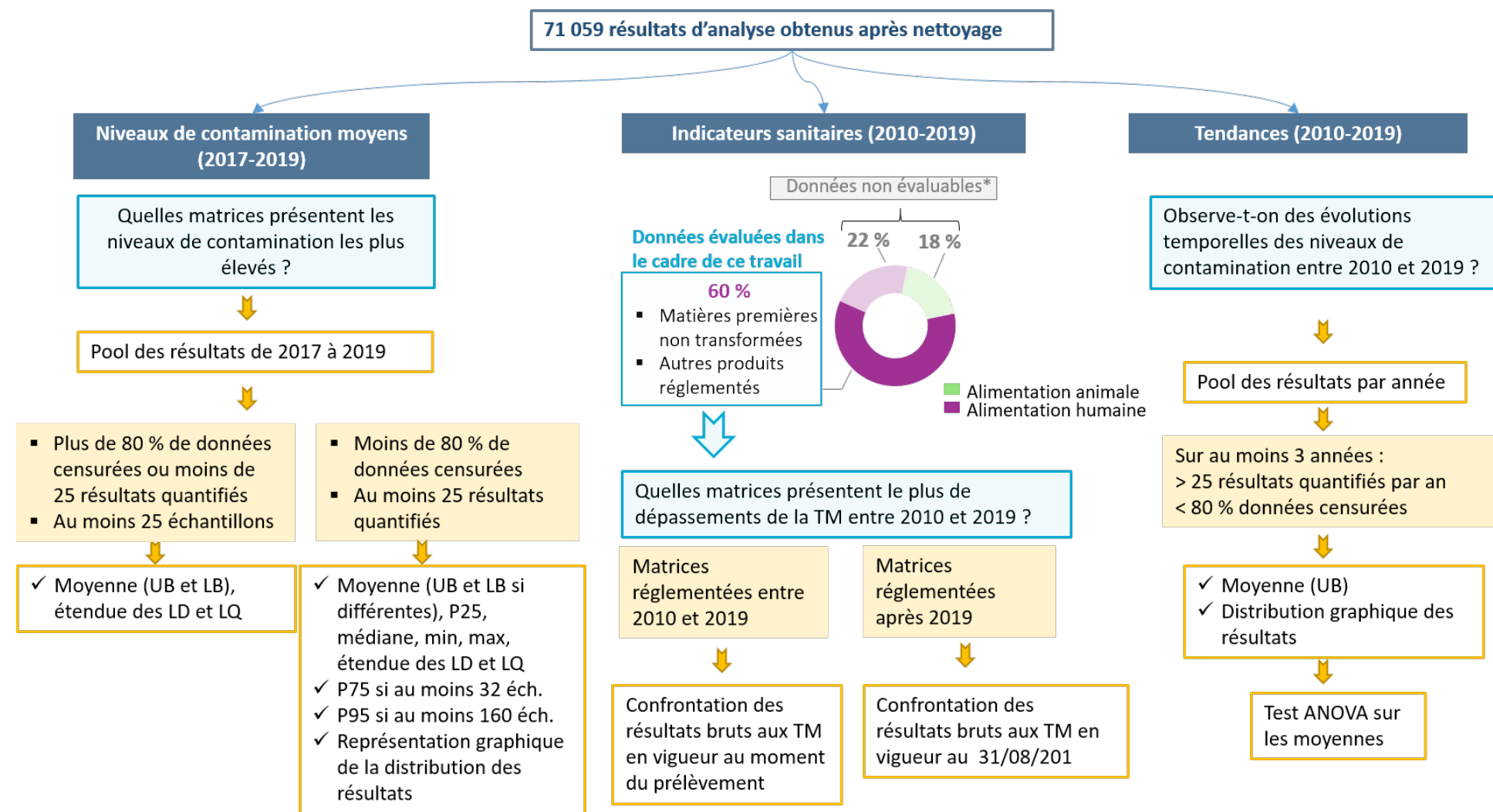


Figure 2 : Extrait du référentiel construit afin de regrouper les matrices par catégorie alimentaire suivant la nomenclature FoodEx, et celle réglementaire. Les chiffres indiquent le nombre de catégories obtenues dans le jeu de données final.

c. Traitement des données

La figure 3 récapitule, pour chacun des trois objectifs cités en introduction, les différents traitements effectués sur les données nettoyées, lesquels sont développés dans les paragraphes qui suivent.



- pour lesquelles il n'est pas possible de confronter le résultat à la TM, soit parce que la matrice n'est pas réglementée, soit parce que des informations sont manquantes
- éch.= échantillon

Figure 3 : Vue d'ensemble de la stratégie d'exploitation des données transmises volontairement au GT cadmium.

Dans ce volet de l'exploitation des données, seules les données de 2017 à 2019 ont été prises en compte. Ensuite, différents estimateurs statistiques (moyenne, médiane, écart-type etc.) ont été calculés pour chaque matrice. Certaines matrices ont cependant dû être regroupées afin d'augmenter la puissance statistique des analyses. C'est par exemple le cas des légumes pour lesquels l'effectif de chaque type de légume pris individuellement étant trop faible, les échantillons ont été regroupés dans des catégories plus larges (Ex : les épinards et la roquette ont été rassemblés dans la catégorie « Légumes-feuilles »).

Les différents estimateurs statistiques ont été calculés pour chaque matrice en tenant compte des données censurées (c'est-à-dire inférieures à la LQ ou la LD), selon les recommandations émises par l'OMS (WHO, 2013) et l'EFSA (EFSA, 2010). Ainsi, en présence de données censurées, deux estimations selon les scénarios « upper-bound » (UB) et « lower-bound » (LB) ont été proposées :

- Dans le **scénario LB**, scénario « minimisant », les résultats inférieurs à la LD ont été remplacés par zéro tandis que ceux compris entre la LD et la LQ ont été remplacés par la LD lorsqu'elle était connue. Toutefois dans les données transmises, la LD était fréquemment absente lorsque le résultat était inférieur à la LQ. Pour pallier cette difficulté, il a été décidé de remplacer dans ce cas le résultat par zéro.
- Dans le **scénario UB**, scénario « maximisant », les résultats inférieurs à la LD ont été remplacés par leur LD correspondante et ceux compris entre la LD et la LQ, par leur LQ correspondante.

Les pourcentages de données censurées par grande catégorie d'aliments sont indiqués sur la figure 4. Les taux de censure varient de 0 % (Ex : blé dur, arachides, oxyde de manganèse [complément alimentaire en alimentation animale]) à 100 % (Ex : lait, huiles végétales, bière). Dans le cas où le taux de censure dépassait 80 %, ou bien lorsque moins de 25 résultats quantifiés étaient disponibles, seule la moyenne a été calculée, à titre indicatif. Selon les recommandations de l'EFSA, les percentiles 75 et 95 n'ont été calculés que si au moins 32 et 160 échantillons par catégorie d'aliments étaient disponibles, respectivement. La moyenne géométrique a également été calculée, celle-ci étant moins sensible que la moyenne arithmétique aux valeurs les plus élevées d'une série de données. Dans le cas où les moyennes UB et LB différaient de moins de 4 % et où les P25, P50 et P75 étaient identiques, seul le scénario UB a été indiqué. Ces données ont été synthétisées dans un tableau distinct pour chaque catégorie alimentaire.

Enfin, lorsque le taux de censure était inférieur à 80 % et qu'au moins 25 résultats quantifiés étaient disponibles, un graphique permettant de comparer les distributions des résultats a été proposé en annexe.

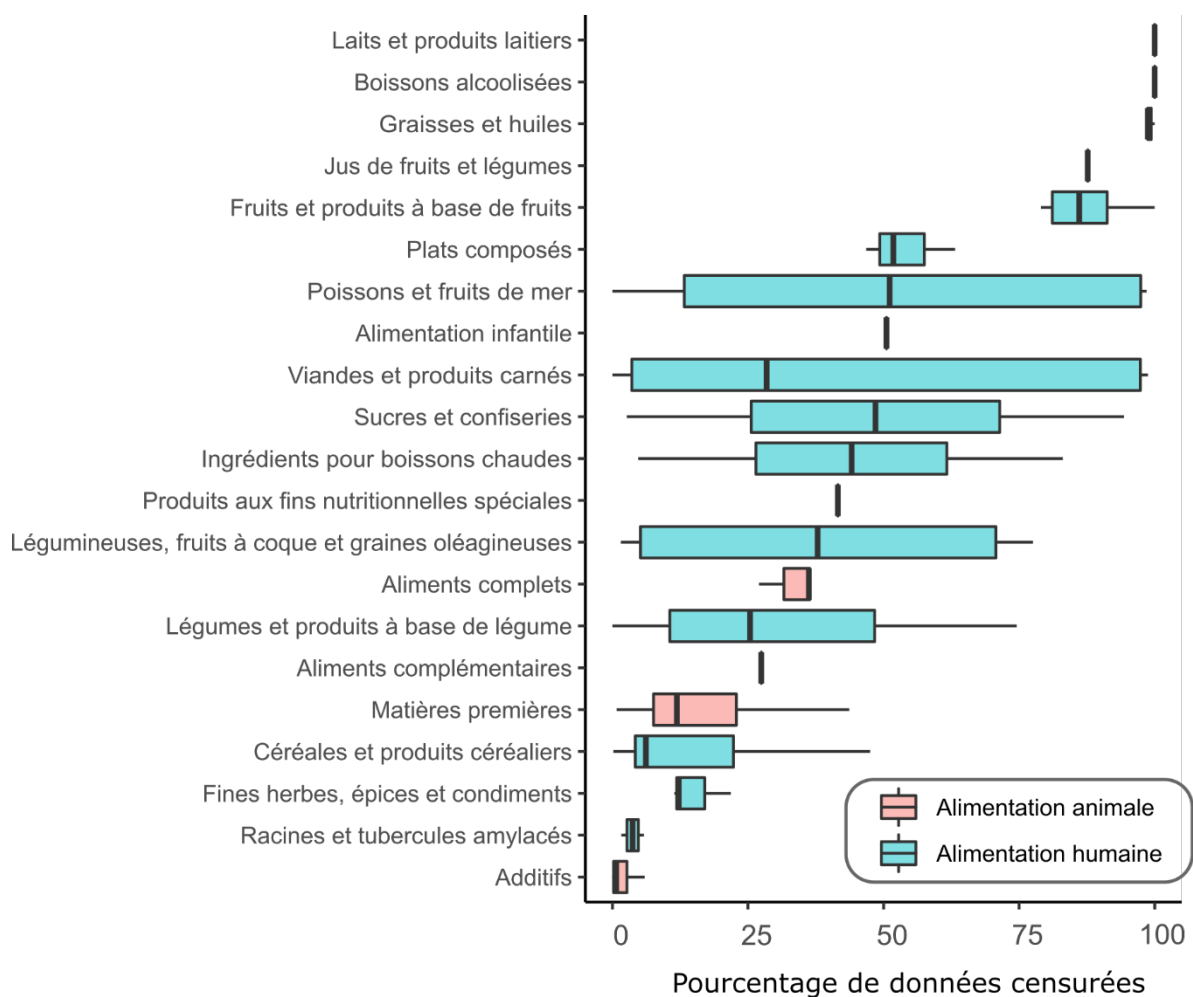


Figure 4 : Distribution des taux de censure par grande catégorie d'aliments.

Indicateurs sanitaires (2010-2019)

L'information relative à la conformité ou non-conformité de l'échantillon était rapportée pour 22,5 % des échantillons. Par conséquent, il n'a pas été possible de produire un bilan des non-conformités. Il n'a pas été possible non plus de retrouver cette information *a posteriori* car des informations manquaient :

- L'incertitude de mesure n'était pas renseignée pour 58,6 % des échantillons (quantifiés) et il n'était pas toujours clairement indiqué si cette dernière était exprimée dans la même unité que le résultat ou s'il s'agissait d'un pourcentage. Il n'était pas précisé non plus s'il s'agissait de l'incertitude élargie ou non (voir paragraphe D1.3 du Règlement (CE) n°333/2007). Or la réglementation impose de retrancher cette incertitude du résultat avant de statuer sur sa conformité.
- Le pourcentage d'humidité, nécessaire pour appliquer le Règlement (CE) n°2002/32 en alimentation animale, n'était pas renseigné pour 93 % des échantillons concernés.
- Enfin les facteurs de conversion, nécessaires pour statuer sur la conformité des produits transformés (ex : légumes séchés, conserve de poissons etc.), n'étaient pas connus. En effet, l'article 2.1 du Règlement 1881/2006 stipule qu'une teneur maximale fixée pour une matrice s'applique à toutes les denrées alimentaires qui sont produites à partir de celles-ci par des

procédés de séchage, de dilution, de transformation ou par association de plusieurs ingrédients, sous réserve de tenir compte des modifications apportées à la concentration du contaminant dans le produit final. Des facteurs de concentration/dilution applicables aux opérations de transformation et mélange des produits doivent donc être pris en compte.

Afin de contourner ces limites et proposer un indicateur se rapprochant du nombre de non-conformités, les résultats d'analyse **bruts** obtenus entre 2010 et 2019 ont été confrontés aux teneurs maximales réglementaires en vigueur fixées par le Règlement (CE) n°1881/2006. Seules les denrées destinées à l'alimentation humaine et figurant telles qu'indiquées dans la réglementation ont donc été analysées.

Pour ce faire, un tableau de correspondance permettant d'attribuer une teneur réglementaire à chaque matrice en fonction de la date de prélèvement a été élaboré (Annexe 7). Les valeurs de la teneur réglementaire en vigueur au moment du prélèvement ont ensuite été rapatriées en face de chaque résultat d'analyse. Dans le cas où la date exacte du prélèvement n'était pas connue, c'est la réglementation en vigueur au 1^{er} janvier de l'année en question qui a été retenue. Lorsqu'aucune réglementation n'était encore mise en place avant 2019 mais existait après cette date (Ex : cas de certaines préparations infantiles), ou lorsqu'un abaissement de la teneur réglementaire a été proposé après 2019, les résultats ont été confrontés aux teneurs réglementaires indiquées dans la version du Règlement (CE) n°1881/2006 du 31/08/2021, à titre indicatif, afin de mettre en évidence dans quelle mesure ces nouveaux seuils auraient été dépassés par les résultats obtenus sur cette période.

Estimation des tendances (2010-2019)

Seules les matrices ayant une proportion de données censurées inférieure à 80 %, avec au moins 25 résultats quantifiés par an et par catégorie d'aliments, avec des données disponibles sur 3 ans au minimum, ont été retenues. Les matrices retenues présentaient globalement des taux de censure très faibles (médiane = 2 %), ce qui entraînait peu de différences entre les scénarios LB et UB. En conséquence, seul le scénario UB a été présenté. Les moyennes annuelles ont été comparées en réalisant un test ANOVA, puis un test post-hoc de Tukey afin d'effectuer des comparaisons multiples par paire entre les années et déterminer si des différences significatives entre années pouvaient être mises en évidence. Dans le cas où les données ne respectaient pas les conditions de l'Anova, un test non paramétrique de Kruskal-Wallis suivi d'un test de Wilcoxon ont été effectués. Enfin, une analyse de régression linéaire simple a été effectuée et les résultats ne sont présentés que dans le cas où la pente était significativement différente de zéro (le cas ne s'est présenté que pour une seule matrice, le blé dur).

d. Sources d'incertitude

Les différents biais et limites à prendre en compte lors de l'interprétation des résultats sont énumérés ci-après.

▪ Stratégie d'échantillonnage

Dans le cas des PS/PC, l'échantillonnage peut être aléatoire (réalisé dans une optique de surveillance), ciblé (réalisé dans le cadre des plans de contrôle en ciblant, sur la base d'une analyse de risque, les couples dangers/matrices les plus susceptibles de présenter des non-conformités) ou suspect (lorsque des risques de non-conformités liés aux caractéristiques spécifiques du producteur, de l'exploitation, de l'animal etc. ont été identifiés). Dans ce dernier cas de figure, la présence d'échantillons suspects est susceptible d'augmenter artificiellement les teneurs moyennes estimées. Dans le cadre des présents travaux, les échantillons portant la mention « Suspect sampling » ont donc été écartés. Cela concernait 29 échantillons dans le jeu de données. Toutefois, la stratégie d'échantillonnage n'était pas précisée pour 11 % des échantillons et il subsiste un risque mineur d'avoir conservé des résultats d'échantillonnage suspects dans le jeu de données final.

▪ Scénario minimisant (LB) et maximisant (UB)

Concernant l'estimation des teneurs moyennes, l'existence de données censurées nous a conduit à indiquer deux valeurs pour plusieurs catégories d'aliment : une obtenue selon un scénario minimisant (remplacement des résultats inférieurs à la LD par zéro, remplacement des résultats inférieurs à la LQ par la LD) et l'autre selon un scénario maximisant (remplacement des résultats inférieurs aux LD et LQ par ces valeurs respectivement). Toutefois, la LD n'était pas renseignée pour 40,4 % des résultats indiqués comme inférieurs à la LQ. Le scénario minimisant a donc été construit en remplaçant ces LD manquantes par zéro. Cela signifie que le scénario minimisant donne des estimations « artificiellement » basses.

▪ Indicateurs sanitaires

Les **résultats de conformité** indiqués par les dispositifs de surveillance n'ont été transmis que pour 22,5 % des échantillons, ce qui limitait l'intérêt de l'exploitation directe de ces informations. De plus, un certain nombre d'informations nécessaires à l'application correcte de la réglementation se sont avérées trop parcellaires ou ambiguës pour pouvoir être exploitées (cf. section V.3.b). La décision a donc été prise de confronter directement les résultats bruts aux teneurs réglementaires, ce qui permet de rendre des résultats pour la totalité des matières premières présentes dans le jeu de données, mais ne donne pas d'informations quant au nombre réel de non-conformités.

▪ Limites analytiques

Des limites analytiques variées étaient renseignées en fonction des matrices échantillonnées, des laboratoires en charge des analyses ou encore selon les années (Figure 5). Par exemple pour la catégorie des fruits, les LQ renseignées variaient de 0,0001 à 0,1 mg/kg. Afin de s'assurer que les limites analytiques n'étaient pas trop élevées et pourraient augmenter « artificiellement » le pourcentage de données censurées, les LD et LQ ont été confrontées aux exigences stipulées dans le Règlement (CE) n°333/2007, portant sur les méthodes d'analyse pour divers contaminants dont le cadmium. Les résultats sont détaillés dans la section VI.2 et démontrent que les limites analytiques respectent majoritairement les exigences de ce règlement. Le biais lié à des limites analytiques trop

élevées, conduisant à augmenter l'incertitude relative au niveau réel de contamination, se trouve toutefois atténué par la présentation de deux scénarios (UB et LB). Ceux-ci permettent d'encadrer la concentration moyenne réelle en cadmium bien que l'intervalle entre les deux scénarios soit d'autant moins précis que les limites sont élevées. Enfin, l'évolution des performances analytiques a parfois été un frein pour l'analyse des tendances et il n'a pas toujours été possible de comparer les résultats annuels entre eux.

▪ Représentativité

Les tailles d'échantillons étaient variables en fonction des matrices. Les observations seront notamment plus robustes pour les produits carnés, fortement représentés, que pour les produits issus du maraîchage par exemple. Un certain nombre de catégories alimentaires n'a pu être exploité du fait d'un effectif trop limité. L'échantillonnage est également le reflet des plans élaborés par les différents dispositifs de surveillance et cela constitue un biais à la représentativité des niveaux de contamination. Par exemple, 63 % des analyses issues des plans officiels résultaient d'un échantillonnage ciblé, c'est-à-dire orienté sur les matrices les plus susceptibles de présenter des niveaux de contamination élevés. Les analyses transmises par les partenaires privés découlent de leur analyse de risque et peuvent également cibler des matrices spécifiques ou des zones géographiques présentant un risque de contamination particulier.

▪ Identification des facteurs de contamination

Le nombre de matrices distinctes étant très élevé, la plupart des matrices ont été regroupées par espèce végétale ou animale (par exemple les thons rouges, thons *Listao* etc. ont été regroupés sous la catégorie « Thon »), sauf lorsqu'une différence de contamination entre espèces était connue. Par exemple, les blés durs et les blés tendres ont été considérés séparément. **Il n'est donc pas exclu que des différences entre espèces ou variétés existent mais n'aient pas été identifiées dans ce travail.**

De même, si l'origine géographique est généralement complétée pour les matières premières, elle n'est pas renseignée lorsqu'il s'agit de produits transformés. Par exemple pour le chocolat ou les cacaos en poudre, produits pour lesquels l'origine des fèves peut impacter considérablement la teneur en cadmium, l'information sur l'origine des fèves n'est pas collectée. **Aussi, les disparités géographiques de manière générale n'ont pas été mises en évidence dans ce travail.**

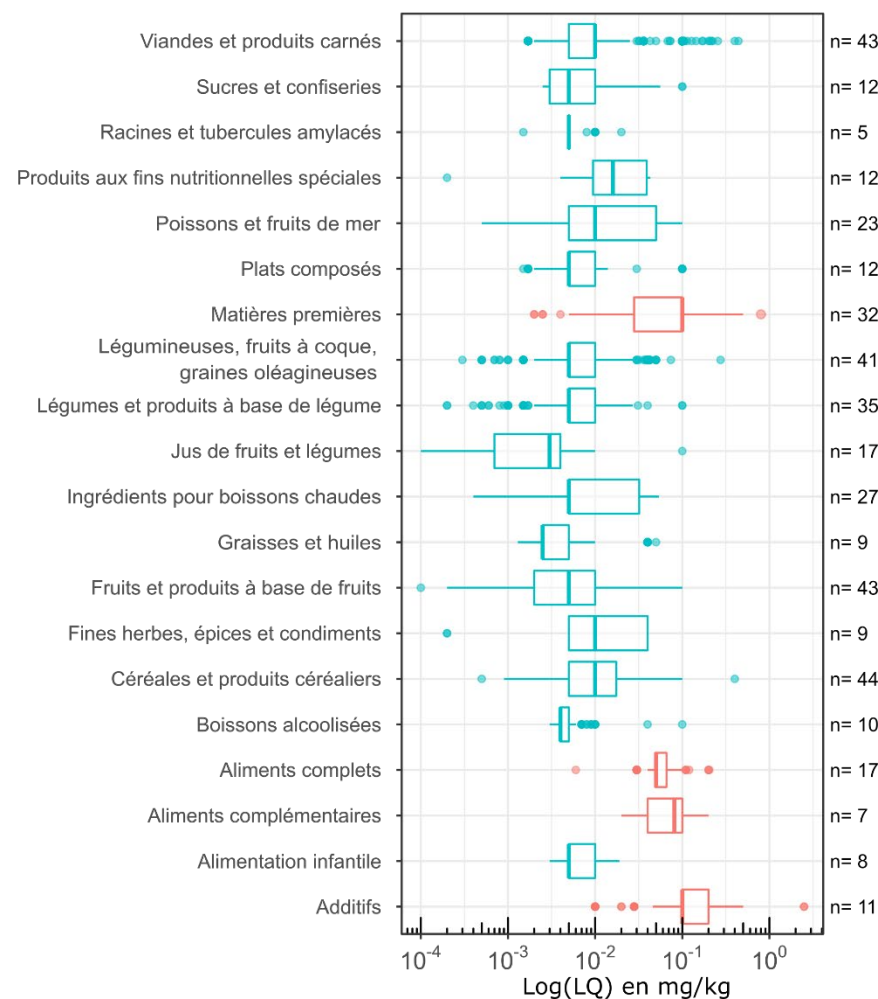
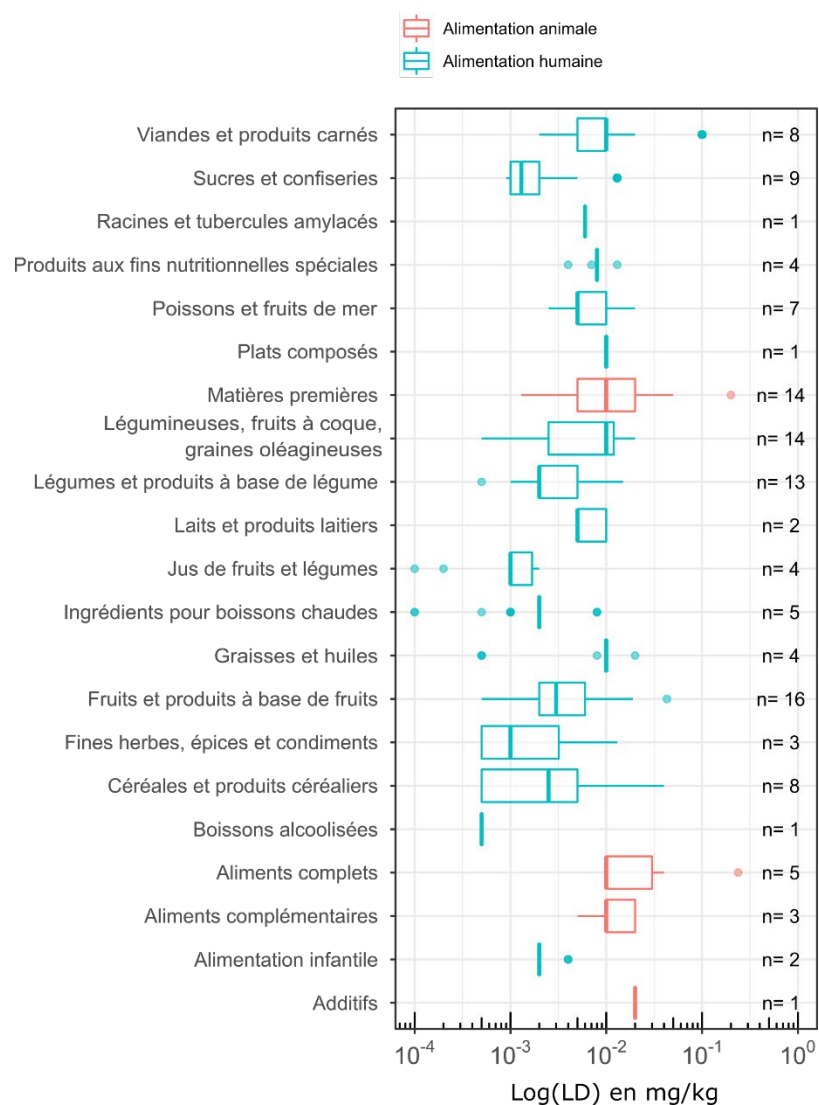


Figure 5 : Étendue des LD et LQ renseignées dans les différents jeux de données par catégorie alimentaire. Le nombre de valeurs distinctes renseignées dans le jeu de données est indiqué à droite.

Annexe 7 : Évolution des teneurs maximales réglementaires relatives à l'alimentation humaine entre 2010 et 2019

Évolution des teneurs maximales réglementaires relatives à l'alimentation humaine renseignées dans le Règlement (CE) n°1881/2006, exprimées en mg/kg de poids frais sauf exception. Les valeurs en rouge indiquent un abaissement des teneurs réglementaires par rapport aux années précédentes.

N°	Matrice	01/01/2010	20/05/2011	02/06/2014	01/01/2015	01/01/2019	31/08/2021
A	Fruits et fruits à coque						
A1	Agrumes, fruits à pépins, fruits à noyau, olives de table, kiwis, bananes, mangues, papayes et ananas	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,020
A2	Baies et petits fruits, à l'exclusion des framboises	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,030
A3	Framboises	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,040
A4	Fruits autres	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050
B	Fruits à coque (sauf ceux destinés au broyage et raffinage d'huile excepté si ces coques après broyage sont commercialisées comme denrées)						
B1	Fruits à coque à l'exclusion des pignons	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,20
B2	Pignons	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,30
C	Légumes-racines et légumes-tubercules						
C1	Légumes-racines et légumes-tubercules autres. <i>(Dans le cas des pommes de terre, la teneur maximale s'applique aux produits pelés.)</i>	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
C2	Radis	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,020
C3	Racines et tubercules tropicaux, persil à grosse racine, navets	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,050
C4	Betteraves	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,060
C5	Céleris-raves	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,15
C6	Raiforts, panais, salsifis	0,10	0,10	0,20	0,20	0,20	0,20
D	Légumes-bulbes						
D1	Légumes-bulbes, à l'exclusion des aulx	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,030
D2	Aulx	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050
E	Légumes-fruits						
E1	Légumes-fruits, à l'exclusion des aubergines	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,020
E2	Aubergines	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,030
F	Légumes du genre Brassica						
F1	Légumes du genre Brassica, autres que les choux feuilles	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,040
F2	Choux feuilles	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,10
G	Légumes-feuilles et fines herbes						
G1	Légumes-feuilles autres	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,10
G2	Épinards et feuilles similaires, plants de moutarde	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
G3	Herbes fraîches	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
G4	Légumineuses potagères	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,020
H	Légumes-tiges						
H1	Légumes-tiges autres	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,030
H2	Poireaux	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,040
H3	Céleris	0,10	0,10	0,20	0,20	0,20	0,10

N°	Matrice	01/01/2010	20/05/2011	02/06/2014	01/01/2015	01/01/2019	31/08/2021
I	Champignons						
I1	Champignons de couche, autres que ceux énumérés en I2 et I3	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,050
I2	Lentinula edodes (shiitaké) et Pleurotus ostreatus (pleurote)	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,15
I3	Agaricus bisporus (agaric commun)	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,050
I4	Champignons sauvages	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,50
J	Légumineuses séchées et protéines provenant de légumineuses séchées						
J1	Légumineuses séchées, à l'exclusion des protéines provenant de légumineuses séchées						0,040
J2	Protéines provenant de légumineuses séchées						0,10
J3	Soja	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
K	Graines oléagineuses (sauf ceux destinés au broyage et raffinage d'huile excepté si ces coques après broyage sont commercialisées comme denrées)						
K1	Graines oléagineuses autres						0,10
K2	Graines de colza						0,15
K3	Arachides et fèves de soja						0,20
K4	Graines de moutarde						0,30
K5	Graines de lin et graines de tournesol						0,50
K6	Graines de pavot						1,20
L	Céréales (sauf celles destinées à produire du malt destiné à la production de bière ou de distillats excepté si ces céréales sont ensuite commercialisées comme denrées)						
L1	Céréales autres	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
L2	Seigle et orge	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,050
L3	Quinoa	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,15
L4	Riz, son de blé et gluten de blé	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,15
L5	Triticum durum (blé dur)	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,18
L6	Germe de blé	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
L7	Blé tendre	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,10
M	Produits spécifiques à base de cacao et de chocolat, énumérés ci-dessous						
M1	— chocolat au lait avec < 30 % de matière sèche totale de cacao					0,10	0,10
M2	— chocolat avec < 50 % de matière sèche totale de cacao; chocolat au lait avec ≥ 30 % de matière sèche totale de cacao					0,30	0,30
M3	— chocolat avec ≥ 50 % de matière sèche totale de cacao					0,80	0,80
M4	— poudre de cacao vendue au consommateur final ou comme ingrédient dans la poudre de cacao sucrée vendue au consommateur final (boisson chocolatée)					0,60	0,60
N	Produits d'origine animale – animaux terrestres						
N1	Viande de bovin, de mouton, de porc et de volaille (à l'exclusion des abats)	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050
N2	Viande de cheval, à l'exclusion des abats	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
N3	Foies de bovin, de mouton, de porc, de volaille et de cheval	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
N4	Rognons de bovin, de mouton, de porc, de volaille et de cheval	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0

N°	Matrice	01/01/2010	20/05/2011	02/06/2014	01/01/2015	01/01/2019	31/08/2021
O	Produits d'origine animale – poissons, produits à base de poisson et tout autre produit de la pêche en mer ou en eau douce						
O1	Chair musculaire de poisson autre	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050
O2	Chair musculaire des poissons suivants : maquereau (espèces du genre Scomber), thon (espèces du genre Thunnus, Katsuwonus pelamis, espèces du genre Euthynnus)	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
O3	Chair musculaire des poissons suivants : sicyoptère à bec de lièvre (Sicyopterus lagocephalus)	0,050	0,050	0,10	0,10	0,10	0,10
O4	Chair musculaire des poissons suivants : bonite à dos rayé (sarda sarda), daurade à deux-bandes, anguille, mullet à grosses lèvres (grey mullet), chinchard (horse mackerel), louvareau (louvar), pilchard (sardinops), céteau (wedge sole)	0,10	0,10	0,05	0,050	0,050	0,050
O5	Chair musculaire des poissons suivants : bonitou (espèces du genre Auxis)	0,20	0,20	0,15	0,15	0,15	0,15
O6	Chair musculaire des poissons suivants : anchois (espèces du genre Engraulis), espadon (Xiphias gladius)	0,30	0,30	0,25	0,25	0,25	0,25
O7	Chair musculaire des poissons suivants : sardine (Sardina pilchardus)	0,10	0,10	0,25	0,25	0,25	0,25
O8	Crustacés : chair musculaire des appendices et de l'abdomen. Dans le cas des crabes et crustacés de type crabe (Brachyura et Anomura), chair musculaire des appendices.			0,50	0,50	0,50	0,50
O9	Crustacés sauf chair brune et sauf tête et corps de homard et autres types	0,50	0,50				
O10	Mollusques bivalves	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
O11	Céphalopodes (sans viscères)	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
P	Préparations pour nourrissons, préparations de suite, denrées alimentaires destinées à des fins médicales spéciales pour les nourrissons et les enfants en bas âge et préparations destinées aux enfants en bas âge						
P1	— commercialisées sous forme de poudre et fabriquées à partir de protéines de lait de vache ou d'hydrolysats de protéines de lait de vache				0,010	0,010	0,010
P2	— commercialisées sous forme de liquide et fabriquées à partir de protéines de lait de vache ou d'hydrolysats de protéines de lait de vache				0,005	0,005	0,005
P3	— commercialisées sous forme de poudre et fabriquées à partir d'isolats de protéines de soja, seuls ou mélangés à des protéines de lait de vache				0,020	0,020	0,020
P4	— commercialisées sous forme de liquide et fabriquées à partir d'isolats de protéines de soja, seuls ou mélangés à des protéines de lait de vache				0,010	0,010	0,010
Q	Préparations pour enfants en bas âge						
Q1	— commercialisées sous forme de poudre et fabriquées à partir d'isolats de protéines végétales, autres que les isolats de protéines de soja, seuls ou mélangés à des protéines de lait de vache						0,020
Q2	— commercialisées sous forme de liquide et fabriquées à partir d'isolats de protéines végétales, autres que les isolats de protéines de soja, seuls ou mélangés à des protéines de lait de vache						0,010
Q3	Préparations à base de céréales et aliments pour bébés destinés aux nourrissons et aux enfants en bas âge				0,040	0,040	0,040
R	Boissons destinées aux nourrissons et aux enfants en bas âge et étiquetées et vendues comme telles, autres que celles visées en P et Q						
R1	Commercialisées sous forme de liquide ou destinées à être reconstituées en fonction des instructions du fabricant, y compris les jus de fruits						0,020
S	Compléments alimentaires						
S1	Compléments alimentaires autres	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
S2	Compléments alimentaires composés exclusivement ou principalement d'algues marines séchées ou de produits issus d'algues marines	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0
S3	Compléments alimentaires composés exclusivement ou principalement de mollusques bivalves séchés	1,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0
T	Sel						0,50

Annexe 8 : Évolution des teneurs maximales réglementaires relatives à l'alimentation animale entre 2010 et 2019

Évolution des teneurs maximales réglementaires relatives à l'alimentation animale renseignées dans le Règlement (CE) n°2002/32 exprimées en mg/kg pour une teneur en humidité de 12 % .

N°	Catégorie	01/01/2010	06/12/2013
Matières premières			
A1	Matières premières des aliments pour animaux d'origine végétale	1	1
A2	Matières premières des aliments pour animaux d'origine animale	2	2
A3	Matières premières des aliments pour animaux d'origine minérale hors phosphates	2	2
A4	Matières premières des aliments pour animaux d'origine minérale : phosphates	10	10
Additifs			
B1	Additifs appartenant au groupe fonctionnel des composés d'oligo-éléments hors oxyde de cuivre, oxyde manganéux, oxyde de zinc et sulfate manganéux monohydrate.	10	10
B2	Additifs appartenant au groupe fonctionnel des composés d'oligo-éléments : oxyde de cuivre, oxyde manganéux, oxyde de zinc et sulfate manganéux monohydrate.	30	30
B3	Additifs appartenant au groupe fonctionnel des liants et des antimottants	2	2
C	Prémélanges	15	15
Aliments complémentaires			
D1	Aliments complémentaires sauf exceptions listées en D2, D3 et D4	0,5	0,5
D2	Aliments complémentaires minéraux contenant <7% de phosphore	5	5
D3	Aliments complémentaires minéraux contenant > ou = 7% de phosphore *	5,25-7,5*	5,25-7,5*
D4	Aliments complémentaires : formulations retardantes d'aliments visant des objectifs nutritionnels particuliers et présentant une concentration d'oligo-éléments plus de 100 fois supérieure à la teneur maximale fixée pour les aliments complets.		15
Aliments complets			
E1	Aliments complets sauf exceptions	0,5	0,5
E2	Aliments complets pour bovins (veaux exceptés), ovins (agneaux exceptés), caprins (chevreaux exceptés) et poissons	1	1

*0,75 pour 1 % de phosphore avec un maximum de 7,5

Annexe 9 – Détail des catégories alimentaires (alimentation humaine) utilisées pour le calcul des teneurs moyennes (2017-2019)

Catégories	Détail
Céréales et produits céréaliers	Céréales pour la consommation humaine
	Grains de blé dur (174), blé tendre (735), riz (135), quinoa (9), boulghour (9), orge (7), maïs (7), sarrasin (2), épeautre (2), mélanges de céréales sans précision (12)
	Dérivés primaires de céréales
	Semoules de blé (13), semoules de maïs (5), son d'avoine (4), gruau d'avoine (2), son de blé (2), flocons d'avoine (1)
	Pâtes et produits similaires
	Pâtes de blé (60), nouilles de riz (10), pâtes sans gluten (6)
	Produits de mouture des grains
	Farines de blé tendre (522), farines de riz (5), farines de sarrasin (3), farines de seigle (2), farine d'orge (1), farines de blé sans précision (50)
	Biscuits, gâteaux et viennoiseries
	Viennoiseries (33), biscuits (10), pains d'épices (6), galettes à la frangipane (3), madeleines (3), cakes (2), pâtisseries (2), galettes de riz (2)
Graisses et huiles	Huiles végétales
	Huiles de tournesol (150), huiles de colza (176), huiles de palme (16), huiles de soja (7), huiles d'arachide (5), huiles de coprah (4), huiles de noix (3), huiles d'olive (3), huiles de maïs (3), huiles de lin (2), huile d'avocat (1), huile de moutarde (1), huile de pépin de raisin (1), huiles de graines sans précision (3)
Légumes et produits à base de légumes, incluant les algues, champignons et herbes fraîches	Fines herbes
	Fraîches : Persil (13), ciboulette (7), basilic (5), coriandre (4), origan (4), menthe (3), estragon (3), romarin (3), fenouil (2), cerfeuil (2), aneth (1), non précisé (3) Séchées : Thym (10), laurier (3), sauge (2), ciboulette (2), persil (1), menthe (1), mélange d'herbes (19)
	Champignons, cultivés ou sauvages
	Champignons de Paris (19), chanterelles (8), pleurotes (5), cèpes (5), pieds de mouton (4), morilles (3), shimeji (1), sans précision (6)
	Algues marines (séchées)
	Algues nori (7), algues brunes (5), wakamé (3), laitue de mer (1), algue dulse (1), kombu (1), sans précision (8)
	Légumes-fruits
	Courgettes (23), tomates (9), melons (6), cornichons (6), concombres (5), épis de maïs (4), aubergines (3), maïs nains (2), piments d'Espelette (2), butternut et autres courges (2), pastèque (1)
	Légumes-racines
	Carottes fraîches ou surgelées (36), navets (7), betteraves (5), salsifis (4), radis noir (3), radis (3), céleri-raves (2), panais (2), rutabaga (1), topinambour (1), bardane (1)
	Légumes-tiges
	Poireaux frais ou surgelés (19), asperges vertes (15), céleris (4), blettes (3), tiges de rhubarbe fraîches ou surgelées (2), artichaut (1), fenouil (1)
	Légumes-feuilles
	Épinards frais ou surgelés (48), mescluns (6), endives (5), mâches (4), scaroles (3), roquettes (3), chicorées frisées (3), laitues iceberg (3), feuilles de chêne (3), salicorne (1), ortie (1), cresson (1), salades et laitues sans précision (25)
	Légumes du genre Brassica
	Choux-fleurs frais ou surgelés (31), brocolis frais ou surgelés (28), choux de Bruxelles frais ou surgelés (11), choux pommés (2), choux rouge (1), choux chinois (1)

Catégories		Détail	
Légumes et produits à base de légumes, incluant les algues, champignons et herbes fraîches	Produits à base de légumes	Conserves	Haricots verts (58), mélanges petits pois/carottes (33), cœurs de palmier (17), asperges (17), chataîgnes (14), petits pois (13), artichauts (12), maïs (11), haricots rouges ou blancs (8), champignons (7), choux-fleurs (6), tomates (5), betteraves (5), carottes (4), haricots mungo (4), poivrons (3), choux (3), céleris (3), pois chiche (3), lentilles (3), choux de Bruxelles (2), haricot beurre (1)
		Concentrés, coulis et pulpes	Coulis de tomates (21), pulpes de tomates (5), concentrés de tomate (3)
		Séchés, lyophilisés	Tomates séchées (5), ails séchés (4), champignons noirs (3), oignons en poudre (3), échalottes lyophilisées (3), cèpes séchés (2), oignon lyophilisé (1), champignons sans précision (23)
		Autres	Produits à base de légumes sans précision (5)
Racines et tubercules amylacés	Pommes de terre et produits à base de pommes de terre	Pomme de terre	Pommes de terre de variétés diverses (667)
		Produits à base de pomme de terre	Frites surgelées (46), flocons de pommes de terre (11), potatoes aromatisées (6), pommes de terre en conserve (3)
Légumineuses, fruits à coques et graines oléagineuses	Dérivés primaires de fruits à coque et graines similaires		Noix de cajou grillées (13), arachides grillées (11), pistaches grillées (7) noix de pécan grillées (3), amandes grillées (3), noisettes grillées (3), poudre de noisette (1), amande effilée (1), noix de coco râpée (1), poudre d'amande (1), produit dérivé sans précision (1)
	Fruits à coque		Noix de cajou (6), amandes (6), pistaches (3), noix (3), noix de macadamia (2), noix d'arec (1), noix de coco (1), noisette (1), noix d'Amazonie (1), noix du Brésil (1)
	Graines oléagineuses		Graines de colza (226), tournesol (152), sésame (1), moutarde (1), lin (1)
	Légumineuses, haricots verts, frais		Pois (16), petits pois (16), haricots plats (12), haricots verts (5), haricots beurre (3), haricot bleu marine (1), autre graine fraîche sans précision (1)
	Légumineuses, haricots, séchés		Pois sec et pois chiche (79), lentilles (62), haricots secs (37), arachides (32), graines de soja (24), féverole (13), lupin (1)
Fruits et produits à base de fruits	Agrumes		Oranges (11), citrons jaunes (8), clémentines (4), mandarines (4), citron vert (1), pamplemousse (1)
	Autres produits à base de fruits (hormis les boissons)		Fruits au sirop (62), compotes et purées de fruits (33), mélanges de fruits découpés (11), fruit confit (1)
	Baies et petits fruits		Fraises (13), framboises (12), myrtilles (8)
	Fruits à noyau		Olives (38), pêches (12), nectarines (7), cerises (7), abricots (6), prunes (5), dattes (1), mirabelles (1)
	Fruits à pépins		Pommes (39), poires (11), raisins de table (7)
	Fruits divers		Kiwis (10), mangues (5), ananas (2), grenades (2), avocats (2), banane (1), kaki (1), fruit de la passion (1), chayotte (1), papaye (1)
	Fruits secs		Abricots (13), raisins (8), figues (6), dattes (4), prunes (4), mangue (1), mélanges de fruits séchés sans précision (9)
	Jus de fruits		Jus de pomme (34), jus d'orange (6), jus de raisin (6), jus d'ananas (2), jus de pêche (2), jus de poire (1), jus de citron (1), jus de pamplemousse (1), boisson tropical aux graines de chia (1), boisson raisin grenade et chia (1), jus de fruits sans précision (20)

Catégories		Détail
Ingrédients pour boissons chaudes (incluant le cacao en poudre)	Fèves de cacao et produits à base de cacao	Cacaos en poudre (53), fèves de cacao (4), masse de cacao (1)
	Grains de café et produits à base de café (solide)	Grains de café moulus et torréfiés (142), grains de café torréfiés (49), ingrédients du café sans précision (8), café vert en grains (2)
	Thé, herbes et autres ingrédients pour infusion (solide)	Feuilles de thé, sèches et/ou fermentées (67), infusions à base de plantes et/ou de fruits (38)
Viandes et produits carnés	Abats comestibles issus d'animaux d'élevage	Foies de bovin de plus de 2 ans (1745), foie de porc (1752), foies de poulet (496), foies de mouton (246), foies de jeune bovin de moins de 2 ans (232), foies de dinde (146), foies de canard (83), foies de lapin (40), foies de caprin (27), foies gras de canard crus (10), foie d'ovin sans précision (1), foie d'oie (1) <i>*Les foies d'équin (265) et reins d'équin (220) ont été considérés séparément car ils présentent des teneurs 10 à 100 fois supérieures aux autres abats.</i>
	Abats comestibles issus de gibiers	Foies de sanglier (87), foies de cerf (66), foie de faisan (1), foies de gibier sans précision (3)
	Charcuterie et produits à base de viande	Jambons (76), spécialités charcutières (39), saucissons (38), saucisses (26), pâtés (17), rillettes (17), foies gras (12), rôtis et viandes cuites (11), boudins (3), sans précision (3)
	Gibiers à plume	Chair de caille (21), chair de pigeon (13), chair de faisan (2)
	Viande d'animaux d'élevage	Chair de bovin de plus de 2 ans (1747), de porc (1751), de jeune bovin de moins de 2 ans (232), d'équin (209), de mouton (147), d'agneau (97), de lapin (40), de caprin (8), de buffle (1)
	Volaille	Chair de poulet (519), de dinde (150), de canard (96), de pintade (17), de ratite (1), d'oie (1)
Poissons et fruits de mer	Chair de poisson	Chair de thon (376), de saumon (162), de maquereau (75), de merlu (74), de truite (71), d'espadon (63), de loup de mer (57), de sardine (46), de lieu (44), de maigre (26), chair d'autres poissons fraîche ou congelée (289)
	Crustacés	Crabes frais ou congelés (81), crevettes surgelées (9), mélanges crevette/crabe (5), langoustes congelées (2), homard congelé (1)
	Mollusques	Huîtres (334), moules fraîches ou surgelées (281), coquilles Saint-Jacques fraîches ou surgelées (78), amandes de mer (56), pétoncles fraîches ou surgelées (48), calmars/seiches/poulpes frais ou surgelés (27), palourdes (15), coques (12), lambis congelés (2), telline (1), autres (24)

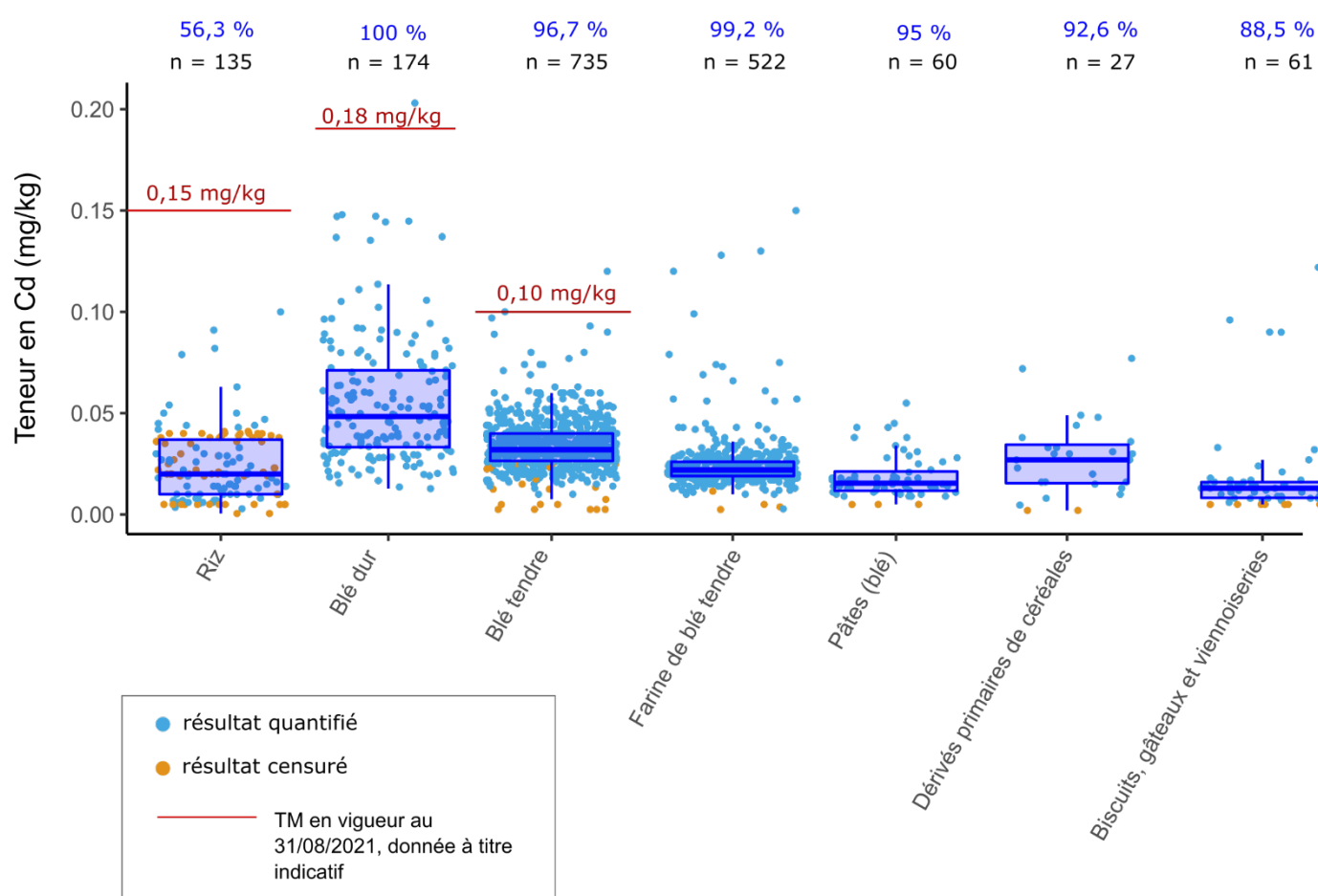
Catégories		Détail
Poissons et fruits de mer	Produits à base de fruits de mer	Crevettes cuisinées (24), rillettes et terrines (9), calmars et poulpes cuisinés (4), bulots cuits (3), homards cuits (3), moules cuites (3), saint-Jacques cuites (3), écrevisses et gambas cuites (2)
	Produits à base de poisson	Conserves de maquereau (725), conserves de thon (394), conserves de sardine (373), saumon fumé (176), anchois (79), poissons marinés (62), terrines et rillettes de poisson (48), truites fumées (36), pâtes d'anchois (23), surimis (14), harengs en conserve (6), taramas (6), conserves de saumon (4), haddocks fumés (3), morues (3), sans précision (2)
Sucres et confiseries (incluant le chocolat)	Miel	Miels polyfleurs (62), monofleurs (39), sans précision (50)
	Produits à base de chocolat (cacao)	Chocolat noir avec au moins 50 % de cacao (45), chocolat noir avec moins de 50 % de cacao (3), chocolat noir sans précision du pourcentage (47), chocolat au lait (21), confiseries au chocolat (20), chocolat blanc (10), pépites de chocolat (9), produits à base de chocolat pour petit-déjeuner (3), pâtes à tartiner (2), tablettes de chocolat sans précision (16)
Plats composés	Plats à base de légumes	Mélange de légumes (112), légumes divers préparés (96), salades préparées (39), purées (36), palets de légumes (27), épinards préparés (21), champignons préparés (19), courgettes préparées (10), lentilles préparées (6), aubergines préparées (5), gratins (3)
	Plats à base de poisson et fruits de mer	Lieux préparés (21), fruits de mer préparés (17), poissons préparés sans précision (9), paellas (8), cabillauds préparés (5), plats préparés sans précision (5), merlans préparés (3), saumons préparés (3), beignets de calmar (3), escargots préparés (3), soupes de poisson (3), moules préparées (2)
	Plats à base de viande	Plats à base de viande sans précision (13), bœufs préparés (13), poulets préparés (12), cassoulets (11), dindes préparées (10), choucroutes (4), couscous (3), foies gras de canard préparés (2), gratins au jambon (2), haricots lardés (2)
Boissons alcoolisées	Boissons de type bière	Bières brunes (4), bières blondes (2), bières Pale Ale (1), sans précision (58)
Épices et condiments	Épices	Poivre (26), curcuma (12), gingembre (7), mélanges d'épices (6), cumin (5), cannelle (3), cardamome (3), curry (3), clous de girofle (3), paprika (3), piments de Cayenne (3), baies de genièvre (2), noix de muscade (2), safran (2), badiane (1), carvi (1), coriandre (1)
Produits aux fins nutritionnelles spéciales	Compléments alimentaires	Formulations à base d'algues (41), formulation à base de plantes et extraits de plantes (24), autres formulations (23)
Alimentation infantile	Repas prêt-à-consommer pour nourrissons et enfant en bas âge	Plats préparés pour bébé (36), repas prêt-à-manger à base de fruits pour enfants (12), repas mixtes pour enfants (9), repas à base de légumes pour enfants (6), compotes pour bébé (6), blanquettes pour bébé (6), repas à base de céréales pour enfants (1), soupe pour bébé (1)

Annexe 10 – Représentations graphiques des données de contamination du cadmium dans l'alimentation humaine et animale (2017-2019)

Dans cette section, un graphique permettant de comparer les distributions des résultats par catégorie d'aliments a été proposé lorsque le taux de censure était inférieur à 80 % et qu'au moins 25 résultats quantifiés étaient disponibles. Les teneurs maximales indiquées dans le Règlement (CE) n°1881/2006 sont données à titre indicatif puisque les résultats présentés ici correspondent à des valeurs brutes, non retranchées de l'incertitude. Un code couleur permet d'identifier si chaque résultat d'analyse (représenté par un point) est quantifié ou non.

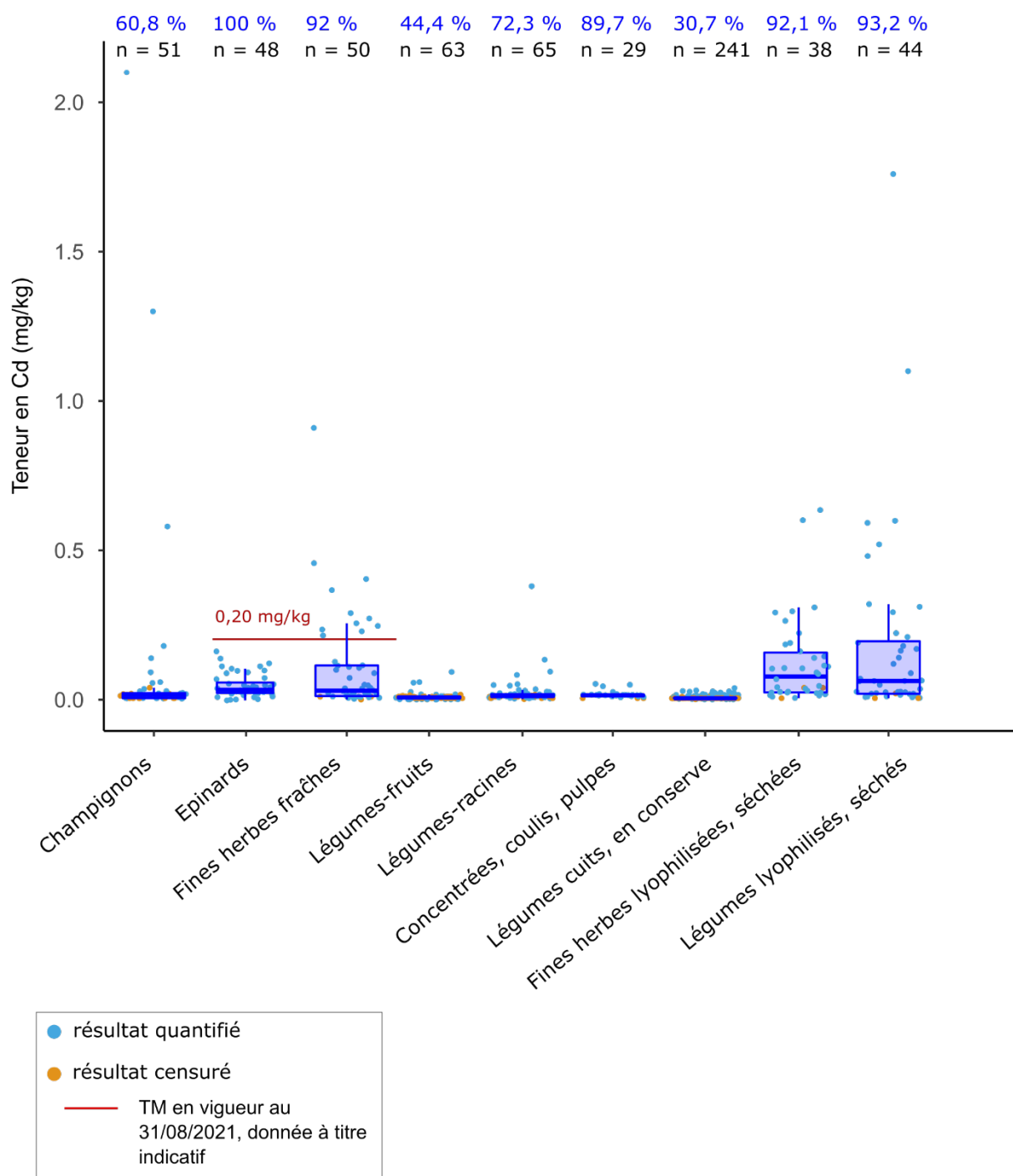
Certaines matrices ont parfois été représentées séparément lorsqu'elles présentaient des teneurs beaucoup plus élevées que les autres matrices appartenant à la même catégorie alimentaire.

Céréales et produits céréaliers



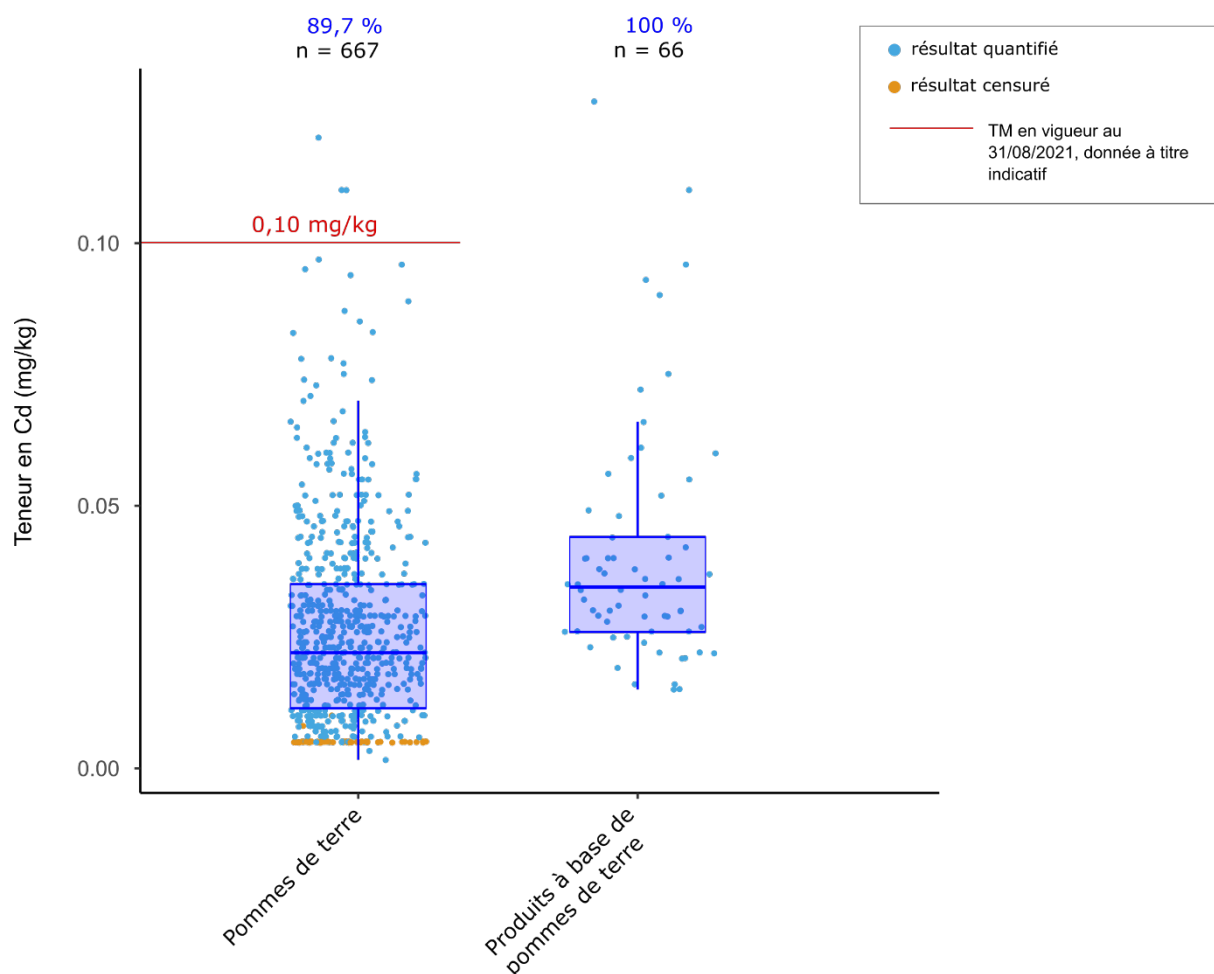
Distribution des résultats d'analyse du cadmium dans les céréales et produits céréaliers par matrice. En haut de chaque matrice sont indiqués les effectifs ainsi que les pourcentages de résultats quantifiés.

Légumes et produits à base de légumes



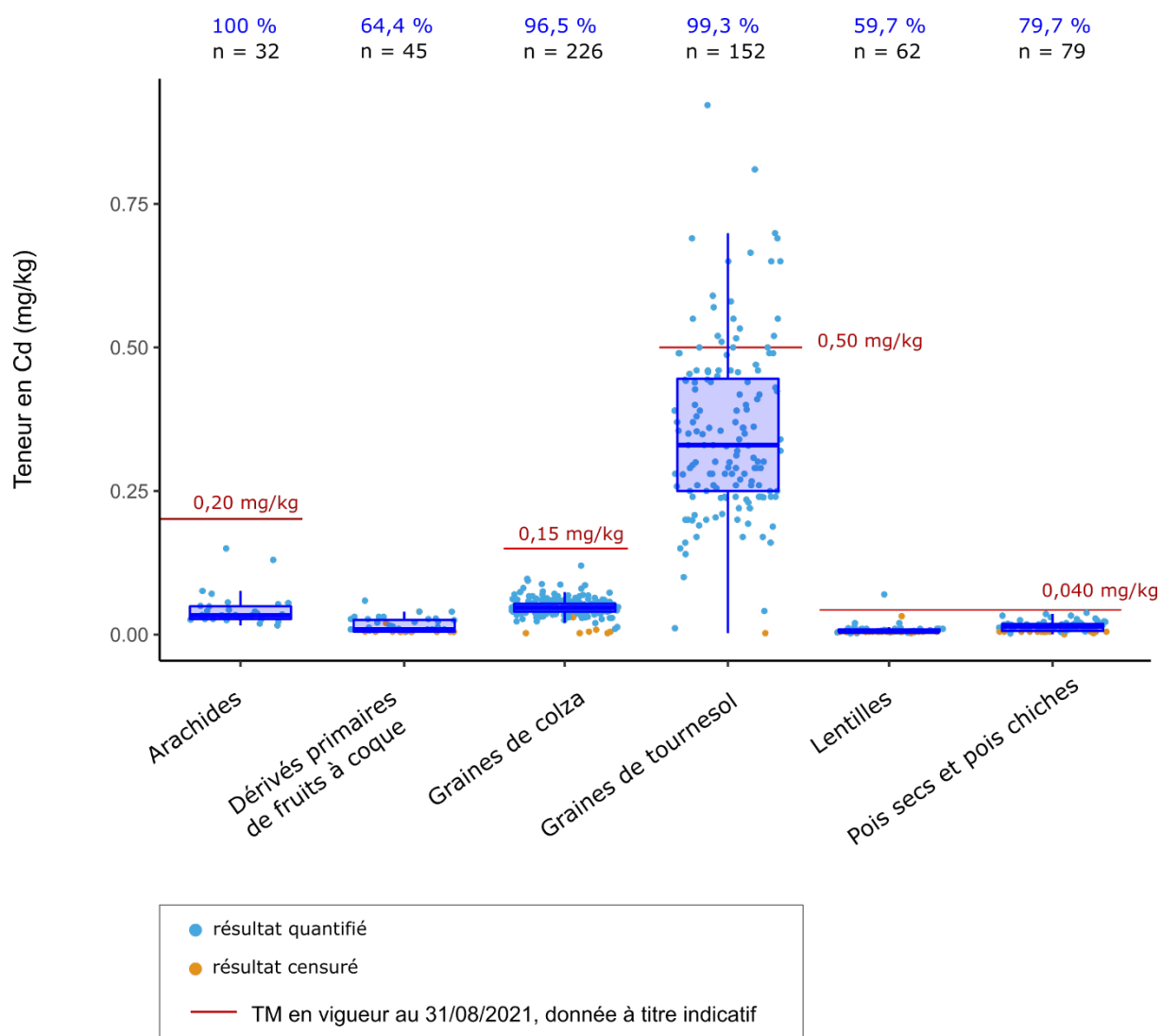
Distribution des résultats d'analyse du cadmium dans les légumes et produits à base de légumes par matrice. En haut de chaque matrice sont indiqués les effectifs ainsi que les pourcentages de résultats quantifiés.

Racines et tubercules amylacés



Distribution des résultats d'analyse du cadmium dans les racines et tubercules amylacés par matrice. En haut de chaque matrice sont indiqués les effectifs ainsi que les pourcentages de résultats quantifiés.

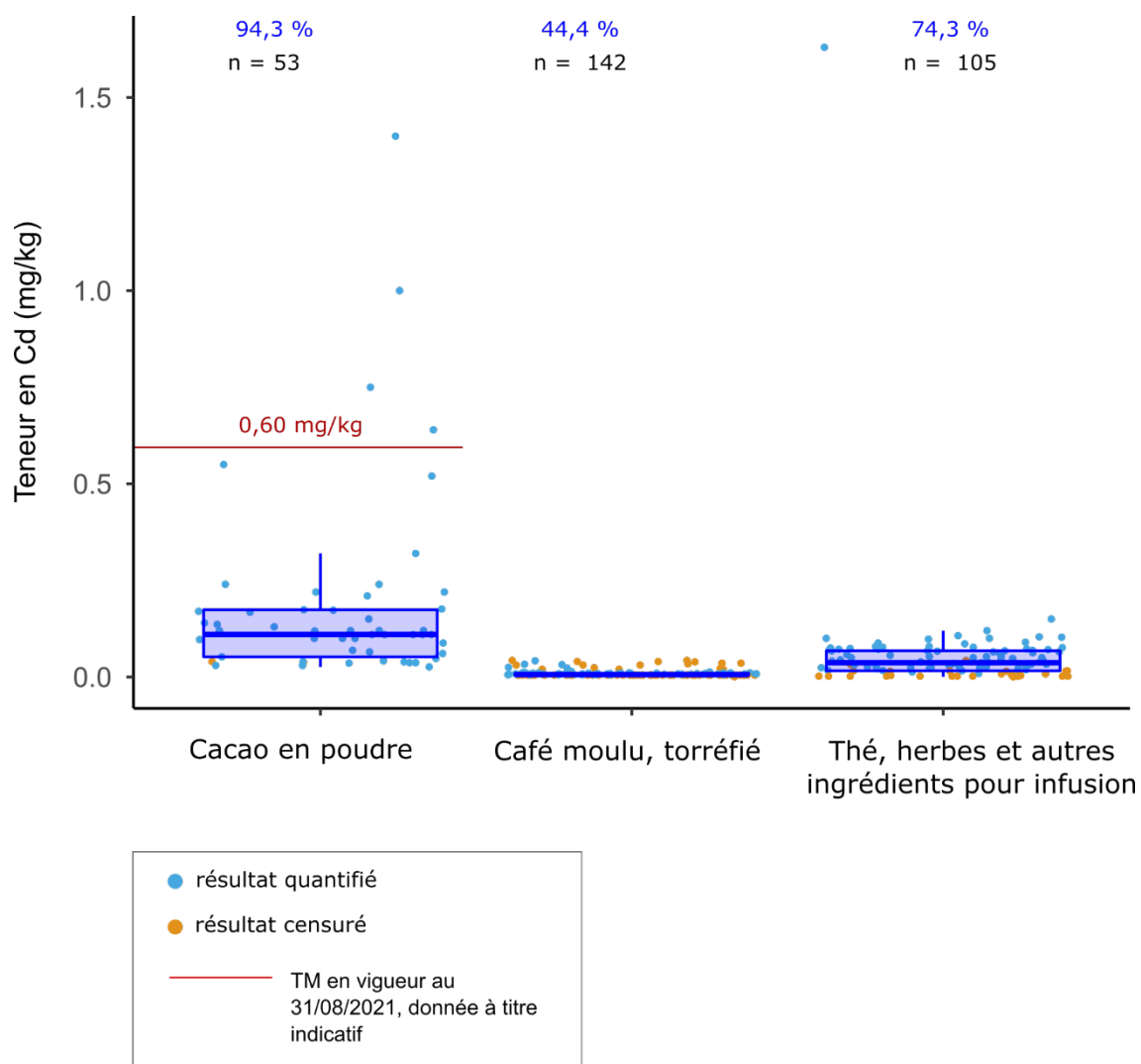
Légumineuses, fruits à coques et graines oléagineuses



Distribution des résultats d'analyse du cadmium dans les légumineuses, fruits à coques et graines oléagineuses par matrice.

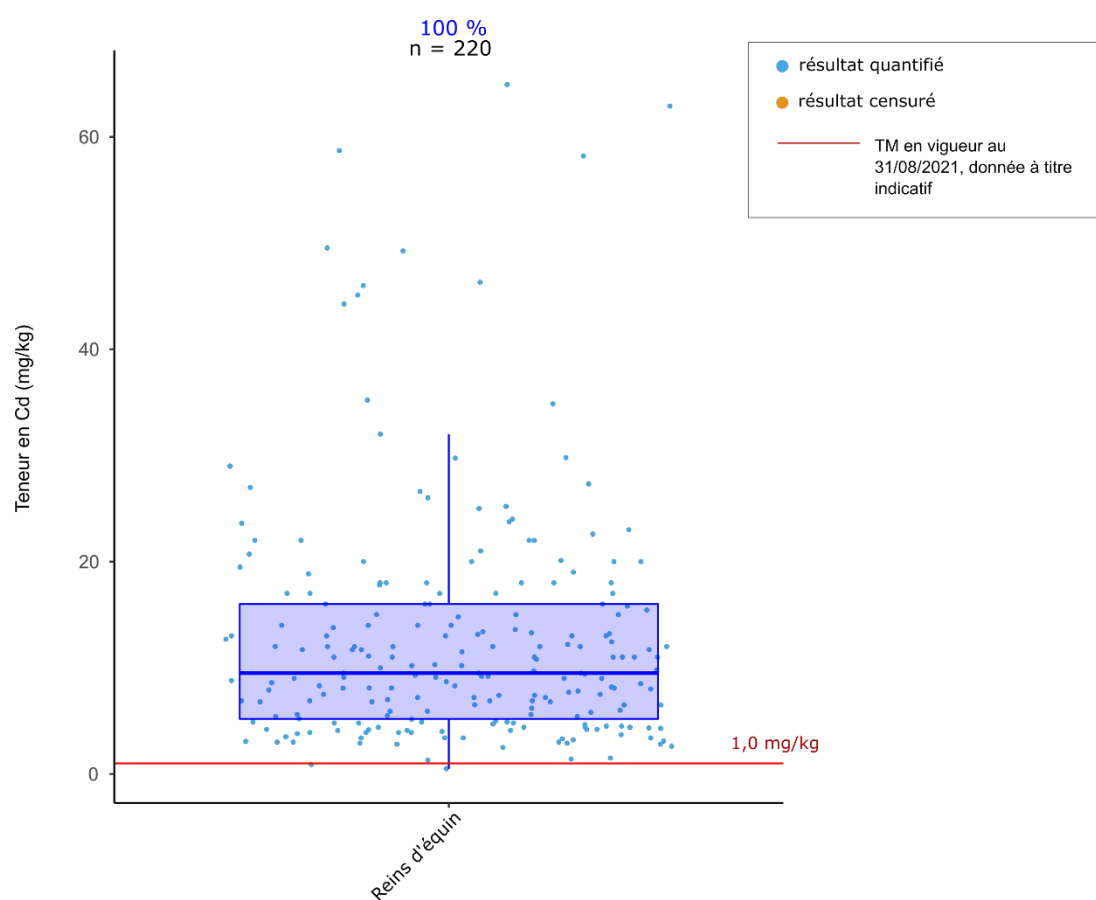
En haut de chaque matrice sont indiqués les effectifs ainsi que les pourcentages de résultats quantifiés.

Ingrédients pour boissons chaudes (solide)



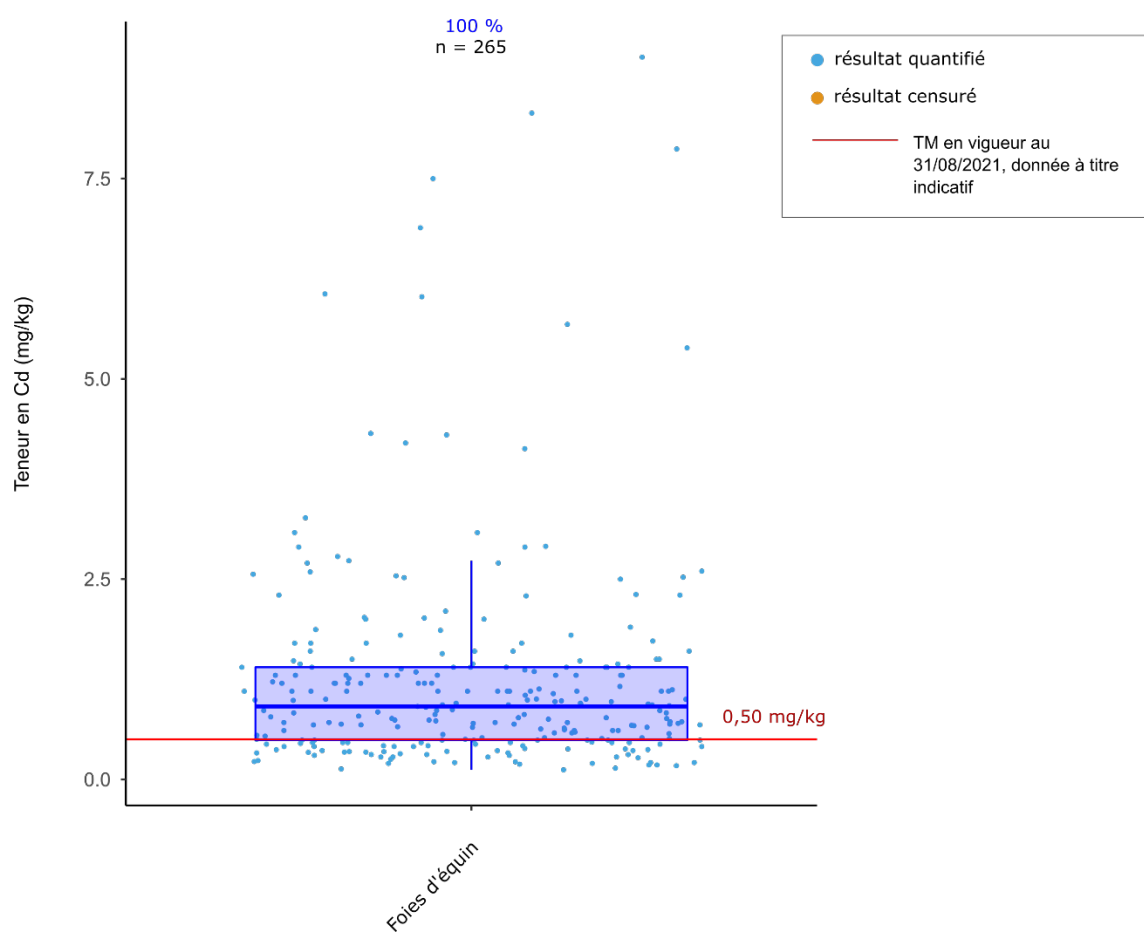
Distribution des résultats d'analyse du cadmium dans les ingrédients pour boissons chaudes par matrice. En haut de chaque matrice sont indiqués les effectifs ainsi que les pourcentages de résultats quantifiés.

Viandes et produits carnés : reins d'équin



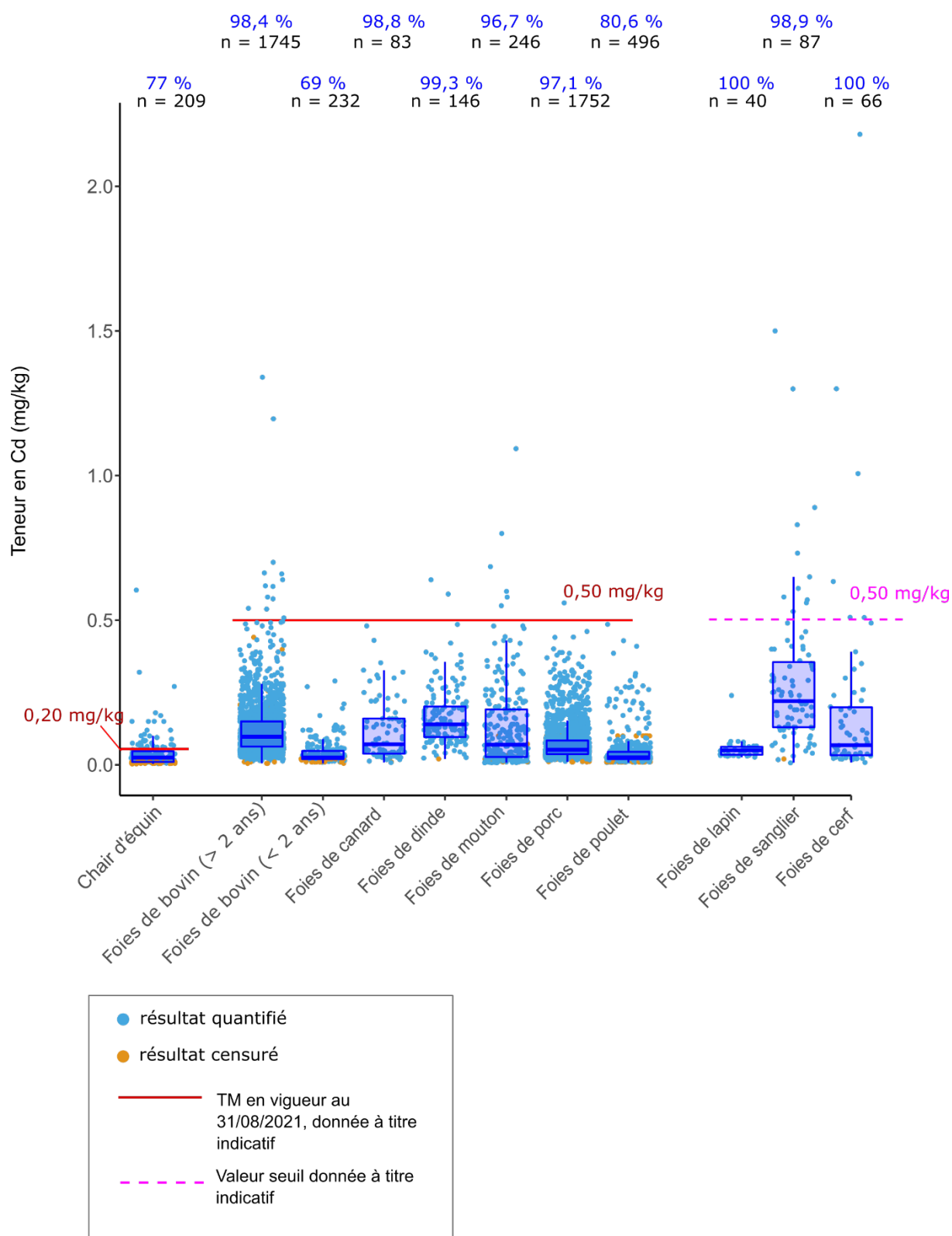
Distribution des résultats d'analyse du cadmium dans les reins d'équins. En haut de chaque matrice sont indiqués les effectifs ainsi que les pourcentages de résultats quantifiés.

Viandes et produits carnées : foies d'équin



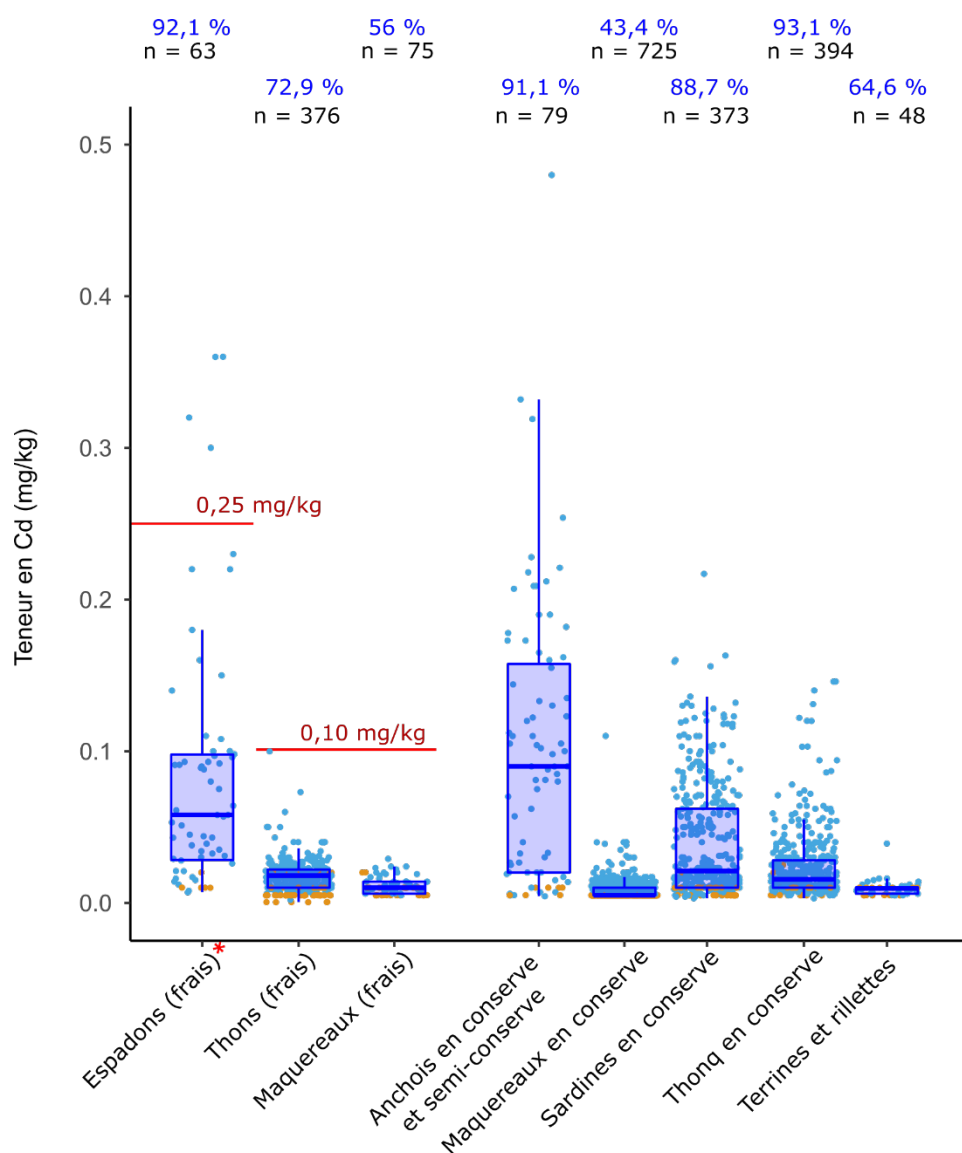
Distribution des résultats d'analyse du cadmium dans les foies d'équins. En haut de chaque matrice sont indiqués les effectifs ainsi que les pourcentages de résultats quantifiés.

Viandes et produits carnés autres que les abats d'équin

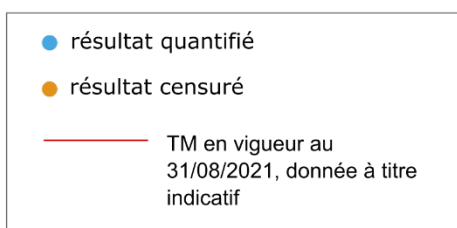


Distribution des résultats d'analyse du cadmium par matrice dans les viandes et produits carnés autres que les abats d'équins. En haut de chaque matrice sont indiqués les effectifs ainsi que les pourcentages de résultats quantifiés.

Poissons et produits à base de poisson

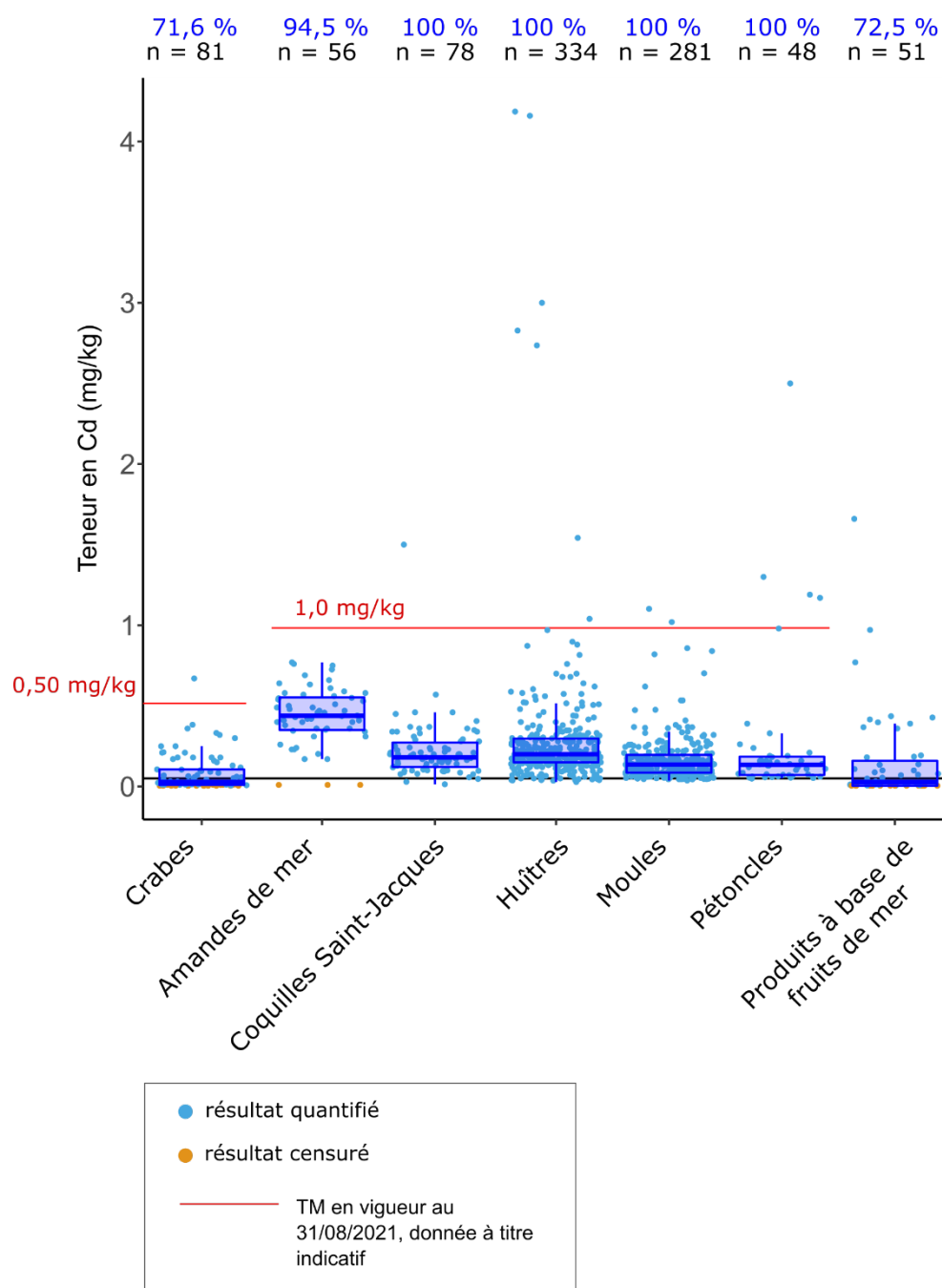


*Un échantillon à 1,4 mg/kg non représenté



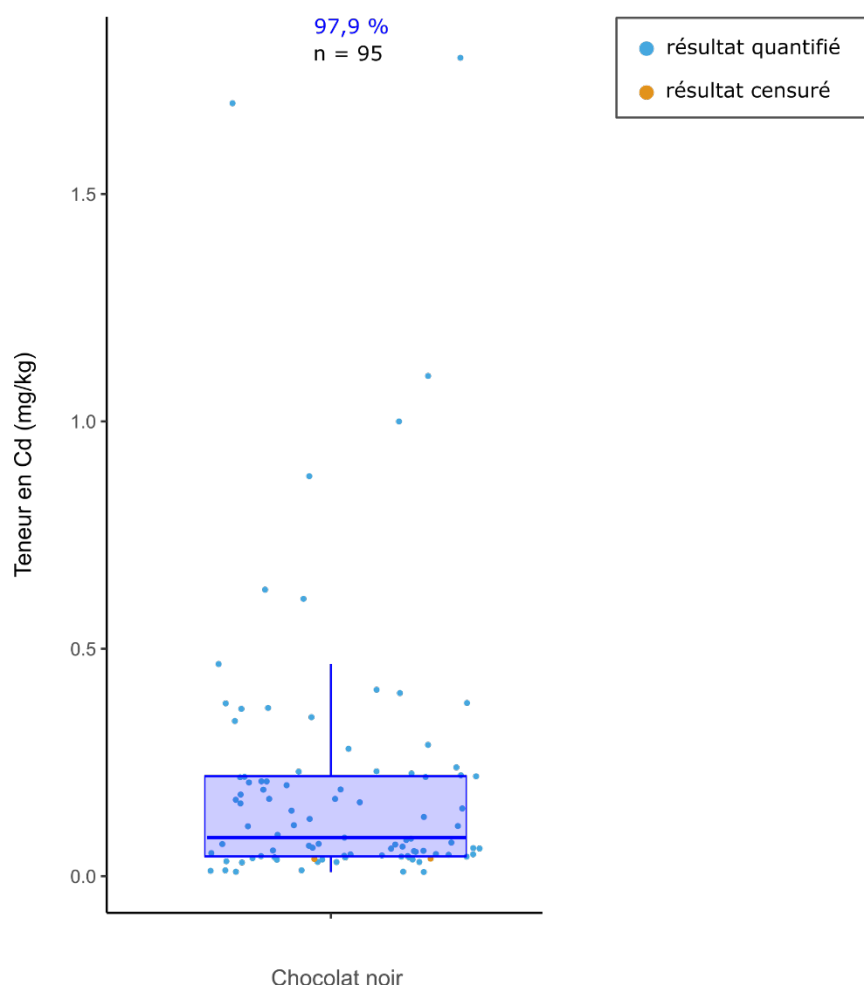
Distribution des résultats d'analyse du cadmium par matrice dans les poissons et produits à base de poissons. En haut de chaque matrice sont indiqués les effectifs ainsi que les pourcentages de résultats quantifiés.

Fruits de mer



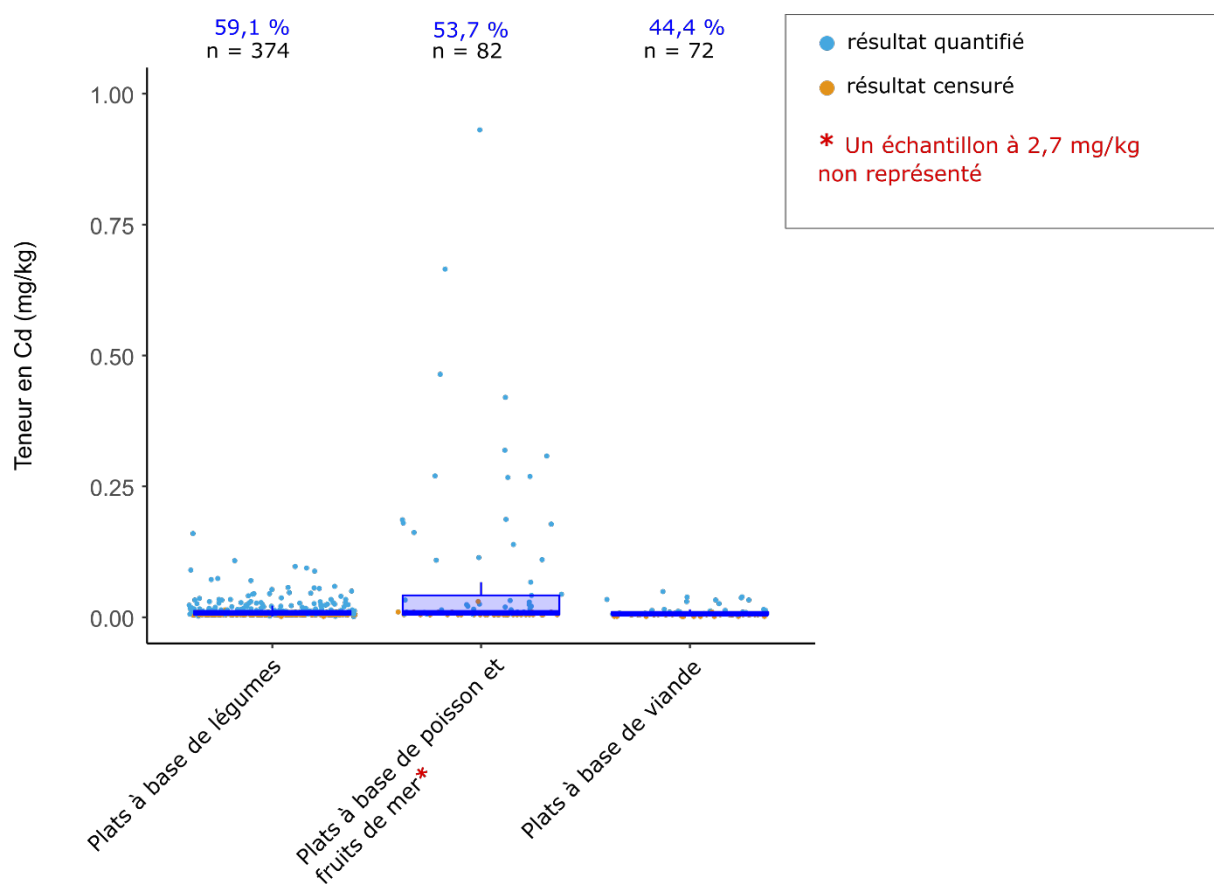
Distribution des résultats d'analyse du cadmium par matrice dans fruits de mer. En haut de chaque matrice sont indiqués les effectifs ainsi que les pourcentages de résultats quantifiés.

Chocolat noir



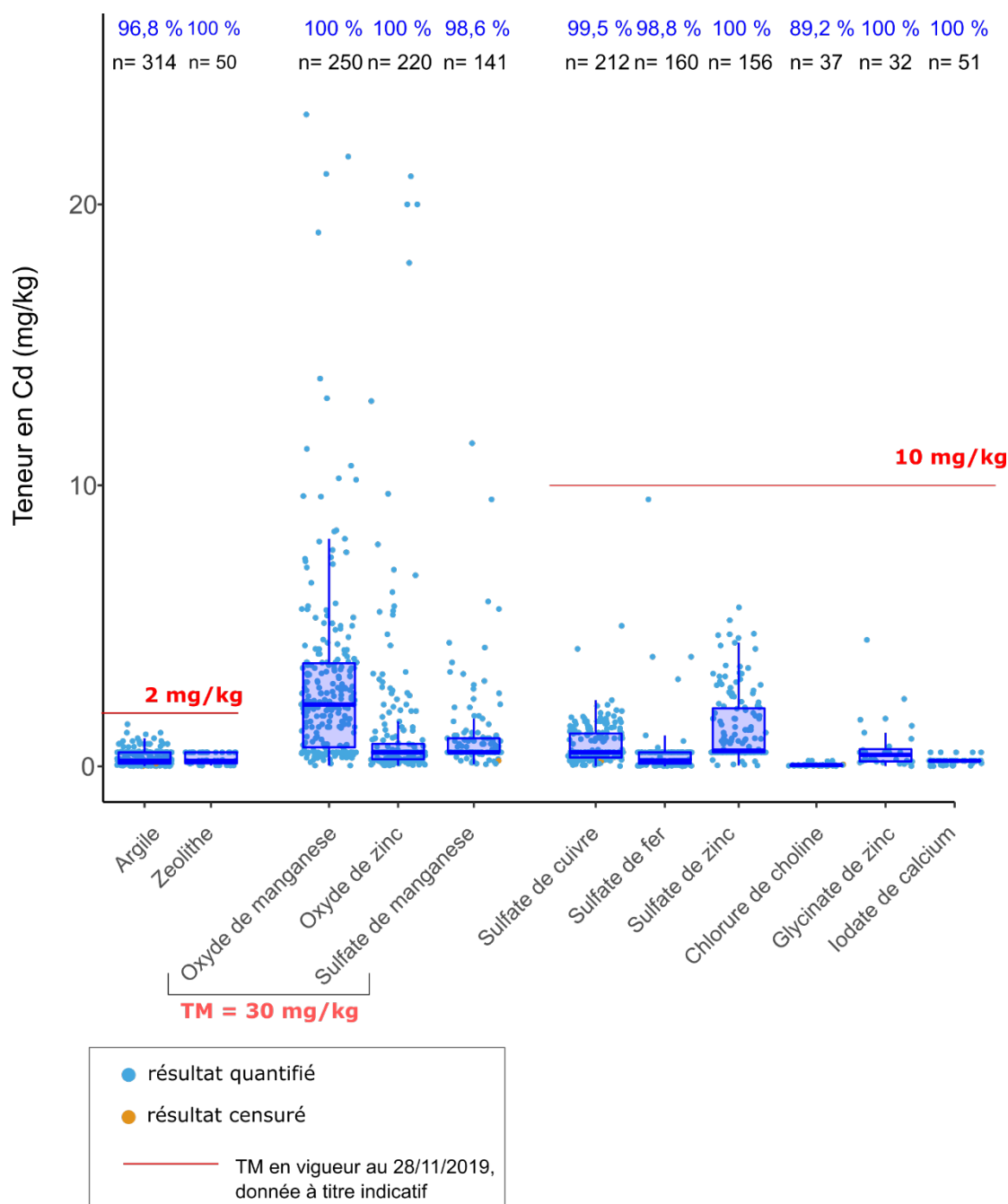
Distribution des résultats d'analyse du cadmium par matrice dans le chocolat noir. En haut de chaque matrice sont indiqués les effectifs ainsi que les pourcentages de résultats quantifiés.

Plats composés



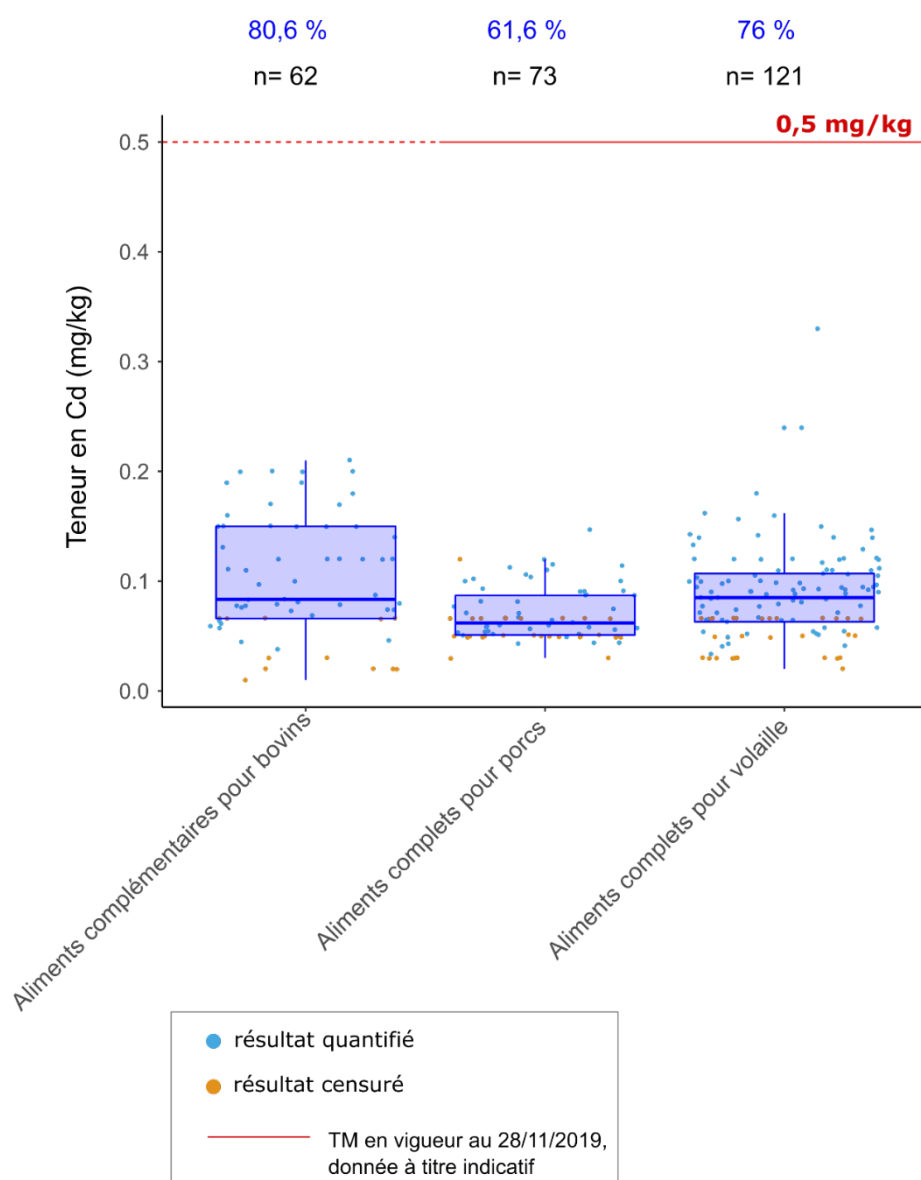
Distribution des résultats d'analyse du cadmium par matrice dans les plats composés. En haut de chaque matrice sont indiqués les effectifs ainsi que les pourcentages de résultats quantifiés.

Additifs (alimentation animale)

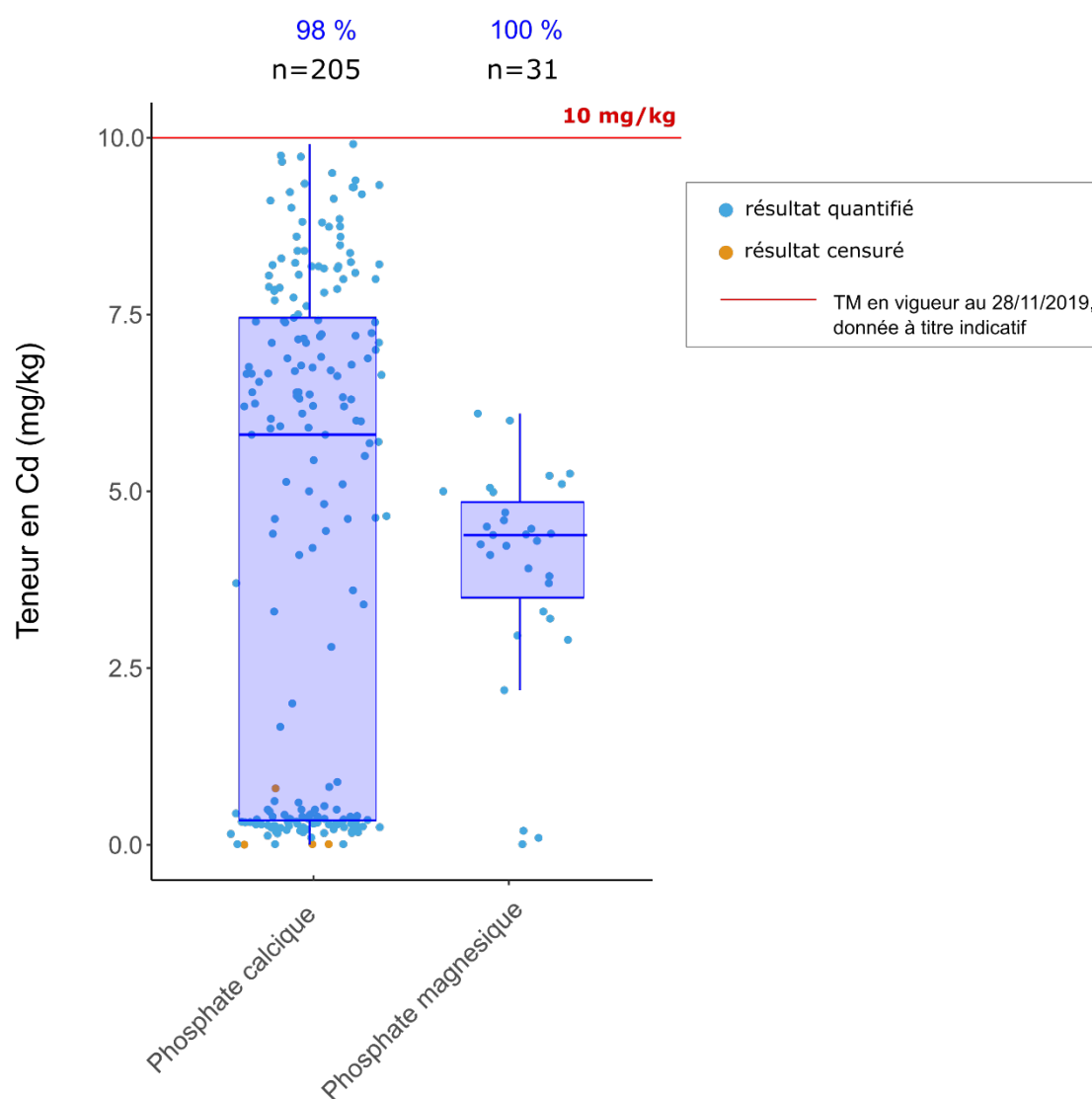


Distribution des résultats d'analyse du cadmium par matrice dans additifs destinés à l'alimentation animale. En haut de chaque matrice sont indiqués les effectifs ainsi que les pourcentages de résultats quantifiés.

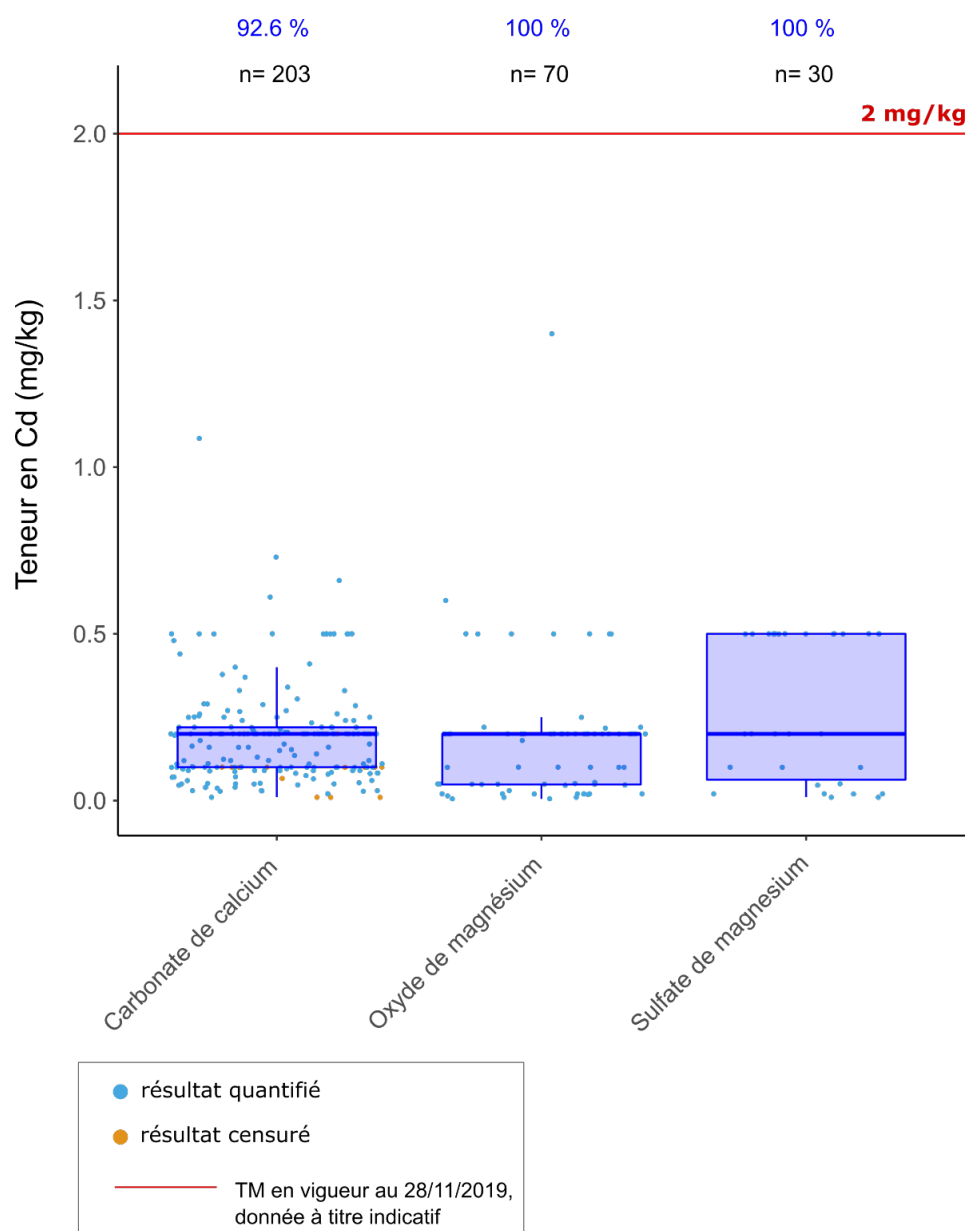
Aliments complets et complémentaires (alimentation animale)



Distribution des résultats d'analyse du cadmium par matrice dans les aliments complets et complémentaires destinés à l'alimentation animale. En haut de chaque matrice sont indiqués les effectifs ainsi que les pourcentages de résultats quantifiés.

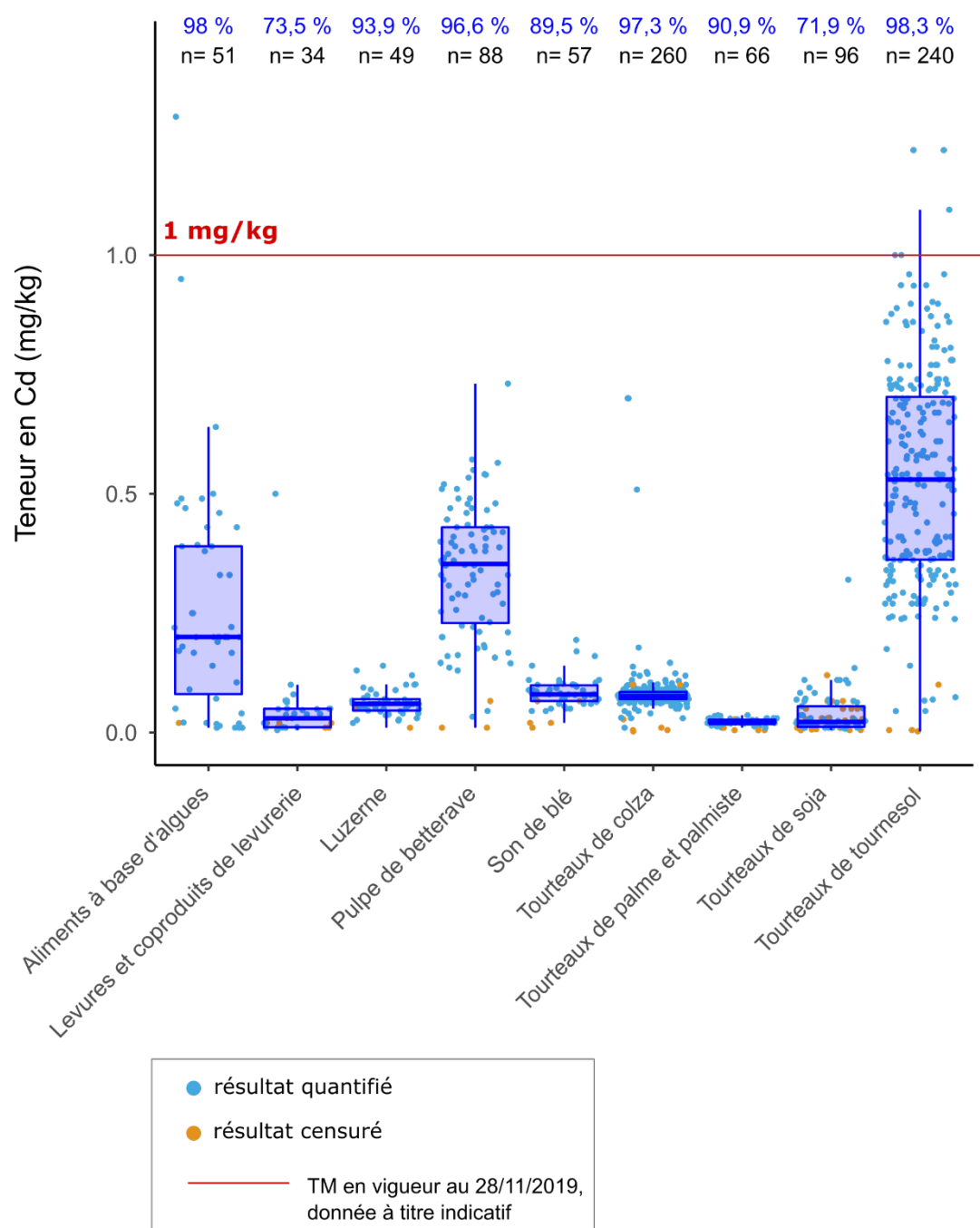


Distribution des résultats d'analyse du cadmium par matrice dans les phosphates. En haut de chaque matrice sont indiqués les effectifs ainsi que les pourcentages de résultats quantifiés.



Distribution des résultats d'analyse du cadmium par matrice dans les matières premières d'origine minérale autres que les phosphates. En haut de chaque matrice sont indiqués les effectifs ainsi que les pourcentages de résultats quantifiés.

Matières premières d'origine végétale (alimentation animale)



Distribution des résultats d'analyse du cadmium par matrice dans les matières premières d'origine végétale. En haut de chaque matrice sont indiqués les effectifs ainsi que les pourcentages de résultats quantifiés.

48

Ged

Auteur contact

Hélène Bernard (LABERCA, UMR INRAE)
helene.bernard@inrae.fr

Rejoignez-nous sur :



plateforme-sca.fr