



**PROGRAMME MIXTE FAO/OMS SUR LES NORMES ALIMENTAIRES
COMITÉ DU CODEX SUR LES CONTAMINANTS DANS LES ALIMENTS**

**Treizième Session
Yogyakarta, Indonésie 29 avril – 3 mai 2019**

**DOCUMENT DE DISCUSSION SUR LE DÉVELOPPEMENT D'UN CODE D'USAGES POUR LA
PRÉVENTION ET LA RÉDUCTION DE LA CONTAMINATION DU CACAO PAR LE CADMIUM**

(Préparé par le groupe de travail électronique dirigé par le Pérou)

CONTEXTE

1. Lors de la 11e session du Comité du Codex sur les contaminants dans les aliments (CCCF11, 2017), le Pérou a introduit une proposition de développement d'un Code d'usages pour guider les états membres et l'industrie de la production du cacao dans la prévention et la réduction de la contamination des fèves de cacao par le cadmium pendant les phases de production et de transformation. Le CCCF est convenu d'établir un GTE, dirigé par le Pérou et travaillant en anglais, afin de préparer un document de discussion et un descriptif de projet pour discussion sur l'opportunité de développer un tel Code d'usages ainsi que les mesures d'atténuation de risque disponibles qui aideront au développement d'un Code d'usages.
2. Lors du CCCF12 (2018), le Pérou a présenté le projet et a souligné l'utilité de mener une enquête en vue de recueillir des informations sur des pratiques validées tout au long de la chaîne alimentaire pour la prévention et la réduction de la contamination du cacao par le cadmium, avant d'entamer de nouveaux travaux sur le développement d'un Code d'usages. En vue de recueillir ces informations, le CCCF a convenu qu'une circulaire serait préparée pour l'enquête et distribuée par le Secrétariat du Codex. L'avis a été exprimé que, dans les conclusions, les seuls points qui devraient être répertoriés sont ceux qui sont pertinents pour le développement du Code d'usages.
3. Le Secrétariat du JECFA a par ailleurs demandé au CCCF de porter une attention particulière aux mesures de réduction qui seraient applicables même par des petits exploitants, étant donné qu'ils sont les plus affectés par ce problème. Le CCCF a convenu de rétablir un GTE présidé par le Pérou et coprésidé par le Ghana et l'Équateur en vue de poursuivre l'élaboration du document de discussion visant à :
 - i.) Déterminer si les mesures de réduction actuellement disponibles soutiendraient le développement du Code d'usages ;
 - ii.) Identifier le champ d'application du Code d'usages (par exemple, savoir si le Code d'usages couvrira toute la chaîne de production ou uniquement la production primaire), sur la base des réponses fournies à l'enquête.
 - iii.) Et si les conditions des points i) et ii) ci-dessus sont remplies, le GTE devra fournir un document de projet et un premier avant-projet de Code d'usages. Le GTE doit concentrer ses travaux sur des mesures de réduction qui se sont avérées rentables et applicables dans le monde entier par des gros et des petits producteurs.
4. Les conclusions et recommandations du GTE pour examen par le CCCF sont décrites ci-dessous. Un document de projet sur les propositions pour de nouveaux travaux sur le développement d'un Code d'usages pour prévenir et réduire la contamination des fèves de cacao par le cadmium est présenté en Appendice I pour examen par le CCCF.
5. Une description du Code d'usages est présentée dans l'Appendice II pour examen général par le CCCF afin de fournir une orientation au GTE sur la suite du développement du Code d'usages si lesdits travaux sont recommandés pour approbation par la CAC en 2019.
6. Le document de discussion qui constitue la base des conclusions, des recommandations et de la proposition de nouveaux travaux (Appendice I) est présenté en Appendice III pour information et pour aider les membres du Codex et le CCCF à prendre une décision sur la nature appropriée de nouveaux travaux sur un Code d'usages pour la prévention et la réduction de la contamination des fèves de cacao par le cadmium.

CONCLUSIONS

7. Après avoir reçu les commentaires en réponse à la lettre circulaire CL 2018/73-CF¹, le GTE a **déterminé que les mesures de réduction actuellement disponibles soutiennent le développement d'un Code d'usages dans le domaine de la production de cacao avant et après les récoltes (processus de fermentation, de séchage et de stockage)** de la chaîne de valeur du cacao applicable aux petits, moyens et gros producteurs. La raison qui sous-tend la nécessité d'un Code d'usages est de fournir aux pays des pratiques de gestion destinées à minimiser la contamination par le cadmium et de soutenir la mise en œuvre de limites maximales pour le cadmium dans le chocolat et les produits du cacao.
8. Le présent Code d'usages fournit des informations actuelles et pertinentes afin que tous les pays envisagent, dans le cadre de leurs efforts, des mesures de prévention et de réduction de la contamination des fèves de cacao par le cadmium tenant compte du fait que le cadmium (Cd) dans le cacao et ses dérivés doit être géré de manière intégrale. Pour que le présent Code d'usages soit efficace, les autorités nationales, les instituts nationaux de recherche, les producteurs, négociants et premiers transformateurs de chaque pays devront prendre en considération les principes généraux et les exemples de bonnes pratiques agricoles (BPA) et de bonnes pratiques de fabrication (BPF) établies par les *Principes généraux d'hygiène alimentaire* (CXC 1-1969), en tenant compte de son climat et de ses pratiques agronomiques afin de permettre et de faciliter l'adoption de ces pratiques là où elles sont pertinentes et réalisables.
9. Les fèves de cacao de différentes juridictions d'un district, de différents districts d'une province, de différentes régions d'un pays et d'un pays à l'autre présentent des teneurs en cadmium très différentes.
10. Pour le moment, aucun processus de fabrication n'est en mesure de réduire de manière efficace la teneur en cadmium du cacao ou des produits du cacao. C'est la raison pour laquelle le Code d'usages n'inclura aucun processus de fabrication.
11. Les pays membres du Codex et les organisations observatrices qui participent au GTE ont rapporté qu'ils réalisaient plusieurs études sur la réduction de la contamination par le Cd, dont les informations et les données seront disponibles cette année et l'an prochain. Ces études pourront être intégrées, au fur et à mesure de leur disponibilité, au Code d'usages pendant son développement ou ultérieurement. Les pratiques actuellement disponibles peuvent néanmoins toujours soutenir le développement d'un Code d'usages couvrant la production avant et après les récoltes.
12. Les producteurs de cacao devraient être formés à appliquer les BPA et à maintenir une relation étroite avec les conseillers agricoles, les services de vulgarisation et les autorités responsables de la sécurité agroalimentaire afin d'obtenir des informations et des conseils sur le choix de cultivars de fèves de cacao appropriés et de produits phytosanitaires à utiliser dans leurs régions de production respectives, afin de réduire l'incidence et les niveaux de cadmium.
13. Afin d'éviter la contamination du cacao par le cadmium à travers l'air, l'eau et les terres agricoles, les autorités agroalimentaires nationales, en collaboration avec les secteurs public et privé, doivent prendre des mesures en vue de : (i) contrôler les émissions de l'industrie : extraction minière, métaux, (ii) contrôler les émissions des moyens de transport, (iii) contrôler l'évacuation des déchets domestiques et industriels, solides et liquides, y compris les décharges terrestres, l'évacuation des eaux d'égout et l'incinération des ordures municipales, (iv) contrôler la production, l'utilisation commerciale et l'évacuation de certaines substances rémanentes toxiques comme les composés de cadmium, et (v) s'assurer qu'avant d'être introduits sur le marché, les nouveaux pesticides font l'objet d'analyses appropriées démontrant leur acceptabilité d'un point de vue sanitaire et environnemental.

RECOMMANDATIONS

14. Le GTE a formulé les recommandations suivantes au CCCF :
 - Le CCCF confirme qu'il y a suffisamment d'informations sur les mesures de réduction pour soutenir le développement d'un Code d'usages dans le domaine de la production de cacao avant et après les récoltes (processus de fermentation, de séchage et de stockage) ;

¹ CL 2018/73-CF Demande d'observations et d'informations sur les pratiques de gestion pour la prévention et la réduction de la contamination par le cadmium dans le cacao et les produits du cacao. Des observations ont été déposées par l'Équateur, la Bolivie, le Brésil, le Canada, la Colombie, le Pérou, le Royaume-Uni, Food Drink Europe et l'Association internationale de la confiserie

- Le CCCF convient de faire suivre le document de projet en Appendice I pour le développement d'un Code d'usages pour la prévention et la réduction de la contamination des fèves de cacao par le cadmium pour approbation, en tant que nouveaux travaux, par la Commission du Codex Alimentarius (CAC42, 2019) ;
- Le CCCF établit un GTE pour préparer une proposition de Code d'usages pour observations et examen par le CCCF14 ; et
- Le CCCF formule des observations générales sur la proposition de Code d'usages tel que présenté en Appendice II afin de guider les travaux du GTE dans la poursuite du développement du Code d'usages.

15. Dans son examen des recommandations ci-dessus, le CCCF est invité à tenir compte des informations techniques fournies en Appendice III et des conclusions des paragraphes 7 à 13.

DESCRIPTIF DE PROJET**PROPOSITION DE NOUVEAUX TRAVAUX SUR UN CODE D'USAGES POUR LA RÉDUCTION ET LA PRÉVENTION DE LA CONTAMINATION DES FÈVES DE CACAO PAR LE CADMIUM****(Pour examen par le CCCF)****1. Objet et portée du projet**

Cette nouvelle proposition a pour objet le développement d'un Code d'usages qui aura vocation à guider les États membres et le secteur de la production de cacao dans le domaine de la prévention et de la réduction de la contamination des fèves de cacao par le cadmium (Cd) pendant la production et leur transformation après les récoltes : fermentation, séchage et stockage.

Le champ d'action des travaux entend fournir aux autorités nationales, aux autorités responsables de la sécurité agroalimentaire, aux petits, moyens ou gros producteurs et autres organisations concernées, des conseils sur les mesures recommandées pour prévenir et réduire la contamination du cacao par le cadmium : Avant de planter ou dans les nouvelles plantations, pendant la production jusqu'aux récoltes et après les récoltes. Le présent Code d'usages s'applique aux fèves de cacao commercialisées à travers le monde entier.

2. Pertinence et actualité

La 11e session du Comité sur les contaminants dans les aliments (CCCF11, 2017) a convenu que le Pérou dirigerait un groupe de travail électronique (GTE) pour préparer un document de discussion sur le développement d'un Code d'usages pour la prévention et la réduction de la contamination du cacao par le cadmium.

Lors du CCCF12 (2018), le Pérou a présenté l'avant-projet et a souligné l'utilité de mener une enquête en vue de recueillir des informations sur des pratiques validées tout au long de la chaîne alimentaire pour la prévention et la réduction de la contamination du cacao par le cadmium, avant d'entamer de nouveaux travaux sur le développement d'un Code d'usages. En vue de recueillir ces informations, le CCCF a convenu qu'une circulaire serait préparée pour l'enquête et distribuée par le Secrétariat du Codex. L'avis a été exprimé que, dans les conclusions, les seuls points qui devraient être répertoriés sont ceux qui sont pertinents pour le développement du Code d'usages.

Lors de sa 77e session (en 2013), le Comité d'experts FAO/OMS sur les additifs alimentaires (JECFA) a déterminé que les estimations de l'exposition alimentaire moyenne de la population au Cd due aux produits contenant du cacao et ses dérivés pour les 17 régimes alimentaires par modules de consommation GEMS/Aliments étaient comprises entre 0,005 et 0,39 µg/kg p.c. (poids corporel) par mois, soit l'équivalent de 0,02 à 1,6 % de la dose journalière maximale tolérable provisoire (DMTP) de 25 µg/kg p.c.

L'entrée en vigueur du règlement 488/2014 de l'Union européenne le 1er janvier 2019 sur les limites maximales (LM) de Cd dans les produits alimentaires, dont les chocolats et les produits du cacao, rend nécessaire un Code d'usages qui décrit les mesures de prévention et de réduction de la contamination du cacao par le Cd à des niveaux aussi bas qu'il est raisonnablement possible (ALARA) afin de réduire les expositions au Cd et soutenir le commerce équitable.

3. Principales questions à traiter

Code d'usages pour la prévention et la réduction de la contamination des fèves de cacao par le cadmium tenant compte de ce qui suit :

- a) Le système de production (conventionnel, biologique, plantations et agroforesterie mélangées).
- b) Les facteurs des cultures de cacao qui déterminent l'absorption de Cd par les plantes.
- c) Les stratégies d'immobilisation du Cd et de réduction de sa disponibilité dans le sol
- d) La phytoextraction des métaux lourds (Cd) : La gestion agronomique des cultures de cacao, la physiologie du cacao, la bioaccumulation du Cd dans les fèves de cacao.
- e) Les zones de culture et de plantation, les amendements des sols et leur rentabilité, en particulier pour les petits producteurs de cacao, la taille, le moment optimal pour récolter.
- f) La génétique du cacao (germoplasme, clones).
- g) Les technologies utilisées après les récoltes (fermentation, séchage, stockage).

4. **Évaluation des critères de classement des travaux par ordre de priorité.**

Critères généraux

Le présent Code d'usages décrira une gamme de processus agricoles et primaires qui contribueront à réduire les teneurs en Cd du cacao et des produits du cacao à des niveaux sûrs pour l'être humain, sachant qu'un GTE présidé par l'Équateur et co-présidé par le Brésil et le Ghana propose des LM du Codex pour le chocolat et les produits dérivés du cacao.

a. Diversité des législations nationales et obstacles au commerce international qui semblent, ou pourraient, en résulter

Le présent Code d'usages sera, pour les producteurs de cacao et les transformateurs intervenant après les récoltes de tous les États membres, une source cohérente de conseils de prévention et de réduction de la contamination des fèves de cacao par le cadmium. Les exportateurs auront ainsi l'assurance que les teneurs en Cd du cacao et des produits du cacao répondent au principe ALARA et que des Limites Maximales (LM) du Codex pour le Cadmium dans le chocolat et les produits dérivés du cacao sont en voie de développement.

b. Objectif des travaux et établissement des priorités entre les diverses sections des travaux

Le champ des travaux prévoit le développement d'un Code d'usages qui donnera des conseils techniques sur la réduction de la contamination des fèves de cacao par le Cd dans tous les aspects de la production. Le développement de ce Code d'usages contribuera à réduire les expositions au Cd et à soutenir le commerce international.

c. Travaux déjà entrepris dans ce domaine par d'autres organisations internationales et/ou travaux suggérés par les organismes internationaux intergouvernementaux pertinents.

Le JECFA a évalué les risques potentiels pour la santé de la contamination du cacao et de ses produits dérivés par le Cd dans l'alimentation.

À la 8^e session du CCCF (en 2014), le Comité du Codex a convenu d'établir un GTE pour préparer les nouveaux travaux sur les LM pour le Cd dans le chocolat et les produits dérivés du cacao.

Lors de la 12^e session du CCCF (en 2018), le Comité a convenu de transmettre les LM de 0,8 mg/kg et de 0,9 mg/kg pour le chocolat contenant ou déclarant $\geq 50\%$ à $< 70\%$ pour le chocolat contenant ou déclarant $\geq 70\%$ de matière sèche totale de cacao sur base sèche respectivement, pour adoption à l'étape 5/8 par la CAC41. Le Comité a par ailleurs convenu de poursuivre les travaux sur la catégorie des produits à base de chocolat contenant ou déclarant : (1) $< 30\%$, (2) $\geq 30\%$ à $< 50\%$ et sur (3) la poudre de cacao à 100 % de matière sèche totale de cacao sur base sèche.

5. **Pertinence au regard des objectifs stratégiques du Codex Alimentarius (Plan 2014 – 2019)**

Objectif 1 : Établir des normes alimentaires internationales qui abordent les questions actuelles et les enjeux alimentaires émergents

Objectif

1.2 Déterminer de façon proactive les enjeux naissants et les besoins des Membres et, lorsqu'il y a lieu, élaborer les normes alimentaires requises afin d'y répondre.

1.2.2 Élaborer et réexaminer, lorsqu'il y a lieu, les normes régionales et internationales en réponse aux besoins exprimés par les Membres et en réponse aux facteurs touchant la sécurité sanitaire des aliments, la nutrition et les pratiques loyales dans le commerce alimentaire.

Objectif 2 : Veiller à l'application des principes de l'analyse des risques et des avis scientifiques dans l'élaboration des normes du Codex

Objectif

2.2 Obtenir un accès durable aux avis scientifiques.

2.2.1 Encourager les organes délibérants de la FAO et de l'OMS à identifier l'apport d'avis scientifiques comme étant une priorité élevée et allouer suffisamment de ressources aux experts de la FAO/l'OMS pour leurs avis, en particulier les organismes d'experts tels que le JECFA, le JEMRA, la JMPR et la JEMNU.

Objectif

2.3 Accroître les contributions scientifiques des pays en développement.

- 2.3.1 Encourager les pays en développement à soumettre des données en réponse aux appels des organismes d'experts de la FAO/l'OMS grâce à l'amélioration de leur capacité à générer des données sur la sécurité sanitaire des aliments et la nutrition.

Objectif 3 : Faciliter la participation effective de tous les membres du Codex

Objectif

3.1 Intensifier la participation effective des pays en voie de développement aux travaux du Codex.

- 3.1.1 Encourager les membres à développer des arrangements durables entre établissements nationaux afin de promouvoir une contribution efficace des processus d'établissement des normes du Codex.

Objectif 4 : Mettre en œuvre des systèmes et pratiques de gestion efficaces et efficients

Objectif

4.2 Augmenter la capacité d'atteindre un consensus dans le cadre du processus d'établissement des normes.

- 4.2.1 Parfaire la compréhension qu'ont les Membres du Codex et leurs délégués de l'importance du développement du consensus et de la démarche mise en œuvre à cette fin dans le cadre des travaux du Codex.

- 4.2.2 Par le biais de la création de réseaux, de la formation et d'ateliers, améliorer les compétences des présidents des groupes de travail et des comités à établir un consensus.

6. Informations sur la relation entre la proposition et les documents existants du Codex

Documents existants du Codex :

- Code d'usages pour la prévention et la réduction de la contamination par l'arsenic dans le riz. CAC/RCP 77-2017. Adopté en 2017.
- Code d'usages pour la prévention et la réduction de la contamination du cacao par l'ochratoxine A. (CAC/RCP 72-2013)
- Code d'usages pour la prévention et la réduction de la contamination des aliments par le plomb. CAC/RCP 56-2004

Travaux en cours (CCCF 13)

- Document de discussion sur la révision du code d'usages pour la prévention et la réduction de la contamination des aliments par le plomb. CXC 56-2004. CX/CF 19/13/11.

7. Identification de tout besoin et disponibilité d'avis scientifiques d'experts

Demander au JECFA d'évaluer la possibilité de développer une nouvelle analyse des risques sur la base de la dose hebdomadaire tolérable de cadmium dans le chocolat et les produits dérivés du cacao (poudre de cacao) établie sur une meilleure disponibilité des données.

8. Identification de tout besoin de contributions techniques à la norme en provenance d'organisations extérieures, afin que celles-ci puissent être programmées dans le cadre de la proposition de calendrier pour la réalisation des nouveaux travaux

À l'heure actuelle, à part attendre les résultats scientifiques des recherches de terrain validées cette année et l'an prochain, aucune autre forme de contribution technique d'organismes extérieurs n'est nécessaire.

9. Calendrier proposé pour la réalisation des nouveaux travaux

Sous réserve d'approbation par la 42^e session de la Commission du Codex Alimentarius en 2019, le plan de travail suivant est proposé :

La proposition d'avant-projet sur un Code d'usages pour la prévention et la réduction de la contamination des fèves de cacao par le cadmium sera examinée au CCCF14 et au CCCF15 en vue de sa réalisation en 2021 au plus tard.

APPENDICE II**PROJET DE CODE D'USAGES POUR LA PRÉVENTION ET LA RÉDUCTION DE LA CONTAMINATION DES FÈVES DE CACAO PAR LE CADMIUM**

(Pour examen par le CCCF –
Observations générales afin de fournir une orientation sur la suite du développement du Code d'usages)

PREMIER AVANT-PROJET DE CODE D'USAGES POUR LA PRÉVENTION ET LA RÉDUCTION DE LA CONTAMINATION DU CACAO PAR LE CADMIUM**1. INTRODUCTION**

- 1 Le présent document a pour objectif de guider les États membres du Codex Alimentarius et le secteur de la production de cacao dans la prévention et la réduction de la contamination des fèves de cacao par le cadmium (Cd) pendant la production et après les récoltes. Le présent Code d'usages présente les mesures de réduction validées et disponibles que doivent mettre en œuvre les producteurs de cacao et les transformateurs intervenant après les récoltes pour que le cacao destiné à la fabrication de chocolat et de produits dérivés du cacao soit sans danger pour l'homme et qui doivent être appliquées aux fèves de cacao commercialisées à travers le monde.
- 2 Le cadmium (Cd) est un métal lourd qui peut contaminer les sols de manière naturelle ou en raison d'activités anthropiques. On ne le trouve pas dans la nature à l'état pur. L'activité volcanique est la principale source naturelle de rejet de Cd dans l'atmosphère, les roches sédimentaires et les phosphates marins étant d'autres sources naturelles de ce métal. Son état d'oxydation le plus courant est +2, et son affinité chimique l'associe au fer (Fe), au zinc (Zn), au plomb (Pb), au phosphore (P), au magnésium (Mg), au calcium (Ca) et au cuivre (Cu) via sa capacité d'échange cationique. Les concentrations de Cd dans le sol dépendent essentiellement de son pH, qui contrôle sa solubilité et sa mobilité. La plupart des métaux présents dans le sol tendent à être plus disponibles à un pH acide, qui en augmente la toxicité pour les plantes. Le Cd est toxique pour les êtres biotiques, est persistant dans le sol et sa biodisponibilité change en fonction de la manière dont on le trouve dans le sol. Le Cd est absorbé et bioaccumulé par les cacaoyers (*Theobroma cacao* L), ce qui entraîne dans certains cas des niveaux excessivement élevés dans les fèves de cacao. Des mesures sont par conséquent requises pour prévenir sa présence dans le sol et réduire son absorption.
- 3 Une adsorption supérieure du cadmium à la surface des particules du sol est souhaitable dans la mesure où cela réduirait la mobilité de ce contaminant dans leur profil et, par voie de conséquence, son impact sur l'environnement. La concentration de métaux lourds (Cd) dans la solution du sol et, par conséquent, sa biodisponibilité et sa mobilité, sont essentiellement contrôlés par les réactions d'adsorption et de désorption à la surface des colloïdes du sol. Parmi les facteurs d'un sol qui affectent l'accumulation et la disponibilité des métaux lourds sont mentionnés : le pH, la texture, les matières organiques, les oxydes et hydroxydes de Fe et de Mn, les carbonates, la salinité et la capacité d'échange cationique.

2. CHAMP D'APPLICATION

- 4 Le Code a vocation à fournir aux autorités nationales, aux autorités responsables de la sécurité agroalimentaire, aux petits, moyens ou gros producteurs et autres organisations concernées, des conseils sur les pratiques recommandées pour prévenir et réduire la contamination du cacao par le cadmium : Avant de planter dans les nouvelles plantations, pendant la production jusqu'aux récoltes et après les récoltes.

3. DÉFINITIONS

Adsorption, absorption et désorption : l'adsorption physique, chimique ou par échange est un concept qui fait référence à l'attraction et à la rétention exercées par un corps à sa surface sur les ions, les atomes ou les molécules d'un corps différent. Le terme absorption fait référence à l'amortissement exercé par un corps sur une radiation qui le traverse ; à l'attraction développée par un solide sur un liquide afin que ses molécules pénètrent à l'intérieur de sa substance ; à la capacité d'un tissu ou d'une cellule de recevoir une matière venue de l'extérieur. La désorption est le processus d'élimination d'une substance absorbée ou adsorbée.

La capacité d'échange cationique (CEC) est une mesure de la capacité d'un sol à retenir des ions chargés positivement (ou cations). Cette propriété des sols est très importante dans la mesure où elle influence la stabilité de la structure du sol, la disponibilité des nutriments, le pH du sol et sa réaction aux engrais et autres améliorants (Hazleton et Murphy, 2007). Les composants des matières organiques et les minéraux argileux d'un sol ont à leurs surfaces des sites de charge négative qui adsorbent et

retiennent les ions chargés positivement (les cations) par leur force électrostatique. Cette charge électrique est essentielle à l'apport en nutriments des plantes, car de nombreux nutriments existent sous forme de cations (tels que le magnésium, le potassium et le calcium).

Processus de séchage : séchage des fèves de cacao au soleil ou dans des séchoirs mécaniques ou solaires afin de réduire la teneur en humidité et les rendre stables pour l'entreposage.

Fermentation : processus de dégradation de la pulpe et d'initiation de changements biochimiques dans le cotylédon par des enzymes et microorganismes inhérents à l'environnement de la plantation.

Amendements du sol : fait référence à l'ajout de toute matière dans le sol pour en améliorer les propriétés physiques et chimiques. L'application d'un amendement dépend des caractéristiques du sol. Les amendements rapportés dans les études pour l'élaboration du présent Code d'usages sont les suivants : carbonate de magnésium, vinasse (produit dérivé de la production d'alcool de canne à sucre), zéolites (minéraux qui se distinguent par leurs capacités hydratantes et, inversement, déshydratantes, adsorbants), humus (substance composée de certains produits organiques issus de la décomposition de déchets organiques par des organismes et microorganismes bénéfiques), charbon, sulfate de calcium, chaux, cachaza (produit dérivé de la canne à sucre), sulfate de zinc, dolomite (carbonate de calcium et magnésium), vermicompost, canne à sucre, tourteau de palmiste, phosphate de calcium minéral, matières organiques.

Validation : obtention de preuves qu'une mesure de contrôle ou une combinaison de mesures de contrôle, mise en œuvre de manière appropriée, est en mesure de contrôler le danger en vue d'un résultat spécifié. (CAC/RCP 1- 1969), avec le soutien de (CAC/GL 69-2008)

Échantillonnage : procédure utilisée pour prélever ou constituer un échantillon. Les procédures d'échantillonnage empiriques ou ponctuelles sont des procédures d'échantillonnage qui ne s'appuient pas sur des statistiques et servent à prendre une décision sur le lot inspecté. (CAC/GL 50-2004)

4. PRATIQUES RECOMMANDÉES POUR LA PRÉVENTION ET LA RÉDUCTION DE LA CONTAMINATION PAR LE CADMIUM

AVANT LES SEMAILLES - NOUVELLES PLANTATIONS

- 5 En prévention, les plantations de cacao devraient être situées dans des zones où la teneur en Cd n'est pas trop élevée, de manière à ce que les sols agricoles ne dépassent pas 1,4 mg/kg de Cd.
- 6 Concevoir des plantations mixtes (agroforesterie) avec plusieurs variétés de cacao et différents types d'ombrage adaptés à chaque environnement écologique plutôt qu'une monoculture de cacao sans ombrage.
- 7 Installer les plantations loin des routes ou prendre des mesures afin de prévenir le contact des plantations de cacao avec les gaz émis par la combustion des véhicules et qui peuvent contenir du cadmium (devraient se trouver à 200 mètres de la plantation de cacao au moins). Les plantations doivent également être tenues éloignées des décharges ou des exploitations minières.
- 8 Les sols inondés devraient être évités car ils peuvent être une source de cadmium.
- 9 Dans les nouvelles plantations, l'utilisation de cultures de protection de légumineuses vivaces devrait être envisagée. Les cultures de protection améliorent la matière organique des sols et peuvent les protéger de l'érosion et réduire la perte de nutriments, améliorer la productivité des sols grâce à une plus grande disponibilité des nutriments essentiels et réduire la toxicité des métaux lourds.

PENDANT LA PHASE DE PRODUCTION JUSQU'AUX RÉCOLTES

- 10 Il est important de connaître les sources de cadmium et la répartition du cadmium dans le sol.
- 11 Les analyses des sols montrent une corrélation positive entre une teneur plus élevée en cadmium dans le sol et dans le tissu végétal et les fèves de cacao.
- 12 **Des laboratoires d'analyse et de caractérisation des sols** des plantations de cacao devraient être accrédités, ainsi que des méthodes de détermination, du matériel de référence certifié et les normes et incertitudes correspondantes. Le type d'échantillonnage du sol devrait également être pris en compte parce que la teneur en cadmium n'est pas homogène dans une même plantation de cacao. Il est par ailleurs très important d'analyser les sols en vertu de méthodes internationalement reconnues (c'est-à-dire, par le Codex Alimentarius).
- 13 La détermination des sols et la salinité (chlorure de cadmium) de l'eau d'irrigation est vitale, étant donné que l'absorption du cadmium par les plantes augmente avec la salinité. Il est par conséquent important de déterminer la conductivité électrique des sols et de l'eau, qui devrait être inférieure à 2mS/cm.

Stratégies d'immobilisation du cadmium dans le sol

- 14 Le sulfate de zinc a un effet positif sur la réduction de la teneur en cadmium des fèves de cacao. L'application de sulfate de zinc est réalisée conjointement à la fertilisation équilibrée, qui est exécutée chaque année dans les plantations de cacao, conformément aux exigences des cultures et du sol (analyse de caractérisation).
- 15 En cas de déficience du sol en Zn et Mn, le cadmium est plus susceptible d'entrer dans la plante et l'amande du cacao et les niveaux doivent dès lors en être augmentés.
- 16 Les méthodes les plus efficaces développées jusqu'ici consistent à chauler les sols dont le pH est inférieur à 5,5. Il a été démontré qu'augmenter le pH de 1 unité réduit la teneur en cadmium des grains de 1/10.
- 17 Appliquer des niveaux de chaulage à petites doses (2 à 3 MT/ha de dolomite) augmente graduellement le pH et permet d'incorporer le calcium et le magnésium essentiels à la croissance du cacao et de précipiter le cadmium. Il convient d'éviter tout chaulage excessif.
- 18 De plus grandes quantités de matières organiques dans le sol réduit l'absorption du cadmium. L'utilisation d'engrais organiques tels que le lisier de bétail traité, le compost, etc. augmente la teneur en matières organiques des sols et en améliore l'activité microbologique. L'application de matières organiques dans les plantations de cacao diminue la taille des grains de cadmium, jusqu'à des valeurs très réduites de 0,08 ppm.
- 19 Il convient d'éviter les engrais phosphatés et les roches sédimentaires phosphatées parce qu'elles contiennent généralement des impuretés, parmi lesquelles du cadmium. Le succès de la production de cacao dépend de l'ajout d'engrais phosphatés, car la teneur en phosphore des sols tropicaux est naturellement très limitée. L'application ne devrait pas reposer sur le type d'engrais phosphaté mais sur la concentration absolue de Cd.
- 20 Utiliser des engrais azotés et au potassium parce que leur teneur en Cd est normalement très basse et de préférence des engrais composés tels que 20-20-20 (N-P₂O₅-K₂O, en vérifiant l'analyse des métaux lourds.) Les sols bien alimentés en nutriments sont moins susceptibles de bioaccumuler le cadmium.
- 21 L'application d'amendements (CO₃ Mg, vinasse, zéolites, humus, charbon, CaSO₄, cachaza et ZnSO₄, suivant les caractéristiques des sols), influence la baisse de la teneur en Cd des fèves de cacao.
- 22 L'application de vinasse, un produit dérivé de la canne à sucre, en tant qu'engrais liquide, est une source de potassium qui renforce l'installation de champignons qui forment des mycorhizes dans les racines du cacaoyer, augmente l'efficacité de la nutrition en phosphore et immobilise le cadmium.
- 23 La chaux et le tourteau de canne à sucre présentent le meilleur potentiel de réduction des flux de Cd dans le profil du sol. Les zéolites représentent une autre option pour les sols sablonneux et les sols à texture argileuse contenant de l'apatite.
- 24 Il a été démontré que l'application de biocharbon réduit la biodisponibilité du cadmium dans les fèves de cacao. Le taux de réduction est comparable à celui du chaulage et a une influence supplémentaire à celle du chaulage. Le charbon activé ou le biocharbon est néanmoins coûteux et n'est pas rentable pour les producteurs de cacao.
- 25 Les géotypes identifiés comme ayant une faible bioaccumulation du cadmium peuvent être utilisés en tant que porte-greffes dans la production de matériels de multiplication pour réduire l'absorption du cadmium.

PHASE D'APRÈS-RÉCOLTE

- 26 Le séchage du mucilage pendant 12 heures réduit de manière significative la concentration en cadmium des amandes de cacao (CCN-51). La quantité de mucilage évacué des fèves de cacao n'affectait pas les qualités physiques ou organoleptiques du cacao à l'heure de l'évaluation.
- 27 Il convient de s'assurer que les grains ne sont pas contaminés par les fumées ou les gaz émis par les séchoirs ou les véhicules.
- 28 Pendant le stockage, il convient de prévenir toute contamination des grains due à des déversements de carburant, à des fumées ou des gaz d'échappement.

DOCUMENT DE BASE
(pour information)

INTRODUCTION

1. Le cadmium (Cd) est un métal lourd qui peut contaminer les sols de manière naturelle ou en raison d'activités anthropiques. On ne le trouve pas dans la nature à l'état pur. L'activité volcanique est la principale source naturelle de rejet de Cd dans l'atmosphère (U.S.E.P.A citée par Sarabia, 2002), les roches sédimentaires et les phosphates marins étant d'autres sources naturelles de ce métal. Son état d'oxydation le plus courant est +2, et son affinité chimique l'associe au fer (Fe), au zinc (Zn), au plomb (Pb), au phosphore (P), au magnésium (Mg), au calcium, (Ca) et au cuivre (Cu) via sa capacité d'échange cationique. Les concentrations de Cd disponible dans le sol dépendent essentiellement de son pH, qui contrôle sa solubilité et sa mobilité. Le Cd est un métal lourd toxique pour les êtres biotiques, est persistant dans le sol et sa biodisponibilité varie en fonction de la manière dont on le trouve dans le sol. Le Cd est absorbé et bioaccumulé par les cacaoyers (*Theobroma cacao* L), ce qui entraîne dans certains cas des niveaux excessivement élevés dans les fèves de cacao. Des mesures sont par conséquent requises pour prévenir sa présence dans le sol.
2. Une adsorption supérieure du cadmium à la surface des particules du sol est souhaitable, dans la mesure où cela réduirait la mobilité de ce contaminant dans leur profil et, par voie de conséquence, son impact sur l'environnement. La concentration de métaux lourds (Cd) dans la solution du sol et, par conséquent, sa biodisponibilité et sa mobilité, sont essentiellement contrôlées par les réactions d'adsorption et de désorption à la surface des colloïdes du sol (Kabata-Pendias & Pendias, 2001). Parmi les facteurs d'un sol qui affectent l'accumulation et la disponibilité des métaux lourds, Miliarium (2009), cité par Cargua (2010), mentionne : le pH, la texture, les matières organiques, les oxydes et hydroxydes de Fe et de Mn, les carbonates, la salinité et la capacité d'échange cationique. Singh et Oeste, 2001, cités par Carrillo, M. (2010), mentionnent que les techniques d'immobilisation des métaux lourds dans les sols, essentiellement basées sur le phénomène d'adsorption, dépendent de la nature, de la concentration et de l'état physico-chimique du contaminant et des caractéristiques du sol. En outre, le processus biogéochimique qui contrôle la mobilité et la disponibilité du cadmium dans le sol dépend des mécanismes de précipitation-dissolution, chélation-dissociation-complexation, minéralisation-assimilation, protonation-déprotonation, de la formation de liaisons métal-ligand organique et de la réaction d'oxydo-réduction. De la même manière, la relative importance de chaque processus dépend du type de sol et de son pH, de sa température, de ses taux d'humidité et de matières organiques et des effets de la rhizosphère.
3. Gutiérrez E. et León C., 2017, rapportent que la Confédération allemande des confiseurs (BDSI) a contacté l'ambassade de Colombie en Allemagne pour l'informer du problème des résidus de métaux lourds dans le cacao et, notamment, de la présence de cadmium dans les importations d'Amérique Latine, recommandé la détermination d'un seuil de cadmium dans les terres cultivées et les fèves de cacao et conclu que, si la teneur en cadmium des grains dépasse 0,5 mg/kg, elle recommandait d'étudier les origines du cadmium dans les cultures afin de prendre les mesures nécessaires.
4. Le *Code d'usages concernant les mesures prises à la source pour réduire la contamination chimique des aliments* (CXC 49-2001) rapporte que l'avantage de l'élimination ou de la correction de la contamination des contaminants chimiques environnementaux (dont le Cd dans le cacao) à leur source est que cette approche préventive est plus efficace pour réduire ou éliminer le risque d'effets indésirables sur la santé, requiert moins de ressources pour contrôler les aliments et évite le rejet de produits alimentaires. Il souligne par ailleurs qu'il est important de s'intéresser à toute la chaîne de production, de transformation et de distribution, dans la mesure où l'innocuité et la qualité des aliments à d'autres égards ne sauraient être « inspectées » en fin de chaîne.
5. Résolution ministérielle du Pérou. Le Ministère de l'Agriculture et de l'Irrigation a approuvé, en 2018, via la R.M. n°0451-2018-MINAGRI <http://minagri.gob.pe/portal/resoluciones-ministeriales/rm-2018?start=65>, le document intitulé « Directives sur l'échantillonnage pour la détermination des teneurs en Cd des sols, des feuilles, des grains et des produits du cacao », qui vise à établir des méthodes de référence pour l'échantillonnage du cadmium dans les sols, les feuilles, les grains et les produits dérivés du cacao dans un langage uniforme, conformes aux protocoles nationaux et internationaux, qui permettent d'obtenir, au niveau national, une référence officielle dans les différents établissements publics et privés, dans le but de pouvoir préparer de manière adéquate les mesures de réduction et de contrôle du cadmium dans les zones où il a été vérifié que les concentrations dans les fèves de cacao sont supérieures aux seuils établis dans les normes nationales et internationales.

Ce document a été préparé dans le cadre de la mise en œuvre de la Stratégie de coopération nationale de l'Institut interaméricain de coopération pour l'agriculture (EIP-IICA), avec les opinions approuvées des institutions qui font partie du « Groupe technique national sur le cadmium dans le cacao » intégré par la Direction générale de l'agriculture (DGA), la Direction générale des affaires environnementales et agraires (DGAAA), l'Autorité nationale de l'eau (ANA), le Service national de la santé agraire (SENASA) et l'Institut national de l'innovation agraire (INIA) du Ministère de l'Agriculture et de l'Irrigation du Pérou, avec la participation de la Direction générale de la santé environnementale (DIGESA - Ministère de la Santé du Pérou), et qui spécifie les éléments clés de l'échantillonnage du Cd dans les sols, les feuilles des plantations de cacao, les fèves de cacao, l'eau des zones de plantations de cacao, les produits dérivés du cacao (chocolat, pâte et poudre de cacao), ainsi que l'accréditation des laboratoires et des méthodes d'analyse des entités nationales ou internationales.

6. Cette Résolution ministérielle présente les facteurs qui déterminent l'absorption du cadmium par les plantes, telle que représentée ci-dessous :

Tableau n°1. Facteurs édaphiques et des cultures qui déterminent l'absorption de Cd par les plantes :

Facteurs	Effet sur l'absorption du cadmium par les plantes
La liste des facteurs édaphiques comprend la texture et l'activité microbiologique du sol.	
1. pH	L'absorption augmente lorsque le pH diminue (sols acides)
2. Salinité du sol	L'absorption augmente avec la salinité.
3. Quantité de cadmium	L'absorption augmente avec la concentration de Cd
4. Micronutriments	Une déficience en zinc et en manganèse augmente l'absorption
5. Macronutriments	Peuvent augmenter ou réduire l'absorption
6. Température	De hautes températures augmentent l'absorption
Facteurs des cultures	
7. Espèces et cultivars	Légumes > Racines > Céréales > Fruits Signification : Les légumes absorbent plus que les racines, qui absorbent plus que les céréales, qui absorbent plus que les fruits.
8. Tissu de la plante	Feuilles > grains > fruits et racines comestibles
9. Age des feuilles	Vieilles feuilles > jeunes feuilles

Source : (McLaughlin, Mike. 2016)

Les matières organiques présentes dans le sol ont également une influence : plus le sol en contient, moins il absorbe. Les cacaoyers des systèmes d'agroforesterie peuvent présenter des concentrations moindres en Cd (Gramlich 2017), mais de plus amples travaux devront être réalisés pour le confirmer.

Certaines stratégies pour la réduction du cadmium dans le cacao ont également été suggérées

7. Pour éviter la bioaccumulation de Cd dans les fèves de cacao, différentes stratégies doivent être mises en œuvre en tenant compte des particularités de chaque système agroécologique et de production (biologique, conventionnel ou de cacaoyers dans un système d'agroforesterie), afin de contribuer ensemble à réduire les concentrations de Cd dans les plantations qui en ont besoin.

Conformément aux travaux de recherche disponibles, il est recommandé d'adopter les approches suivantes :

Dans les nouvelles plantations :

8. Installer les plantations sur des sols agricoles présentant moins de 1,4 mg/kg de Cd au total. (CCME, Canada, 1999 ; DS 011-2017 MINAM, Pérou). Par ailleurs : Les limites de Cd dans les sols des nouvelles plantations devraient être liées aux propriétés des sols : il est important de connaître les concentrations en argile, oxydes de Fe et de Mn, matières organiques et Zn dans le sol avant de prendre une décision.

9. Concevoir des plantations mixtes (agroforesterie avec différentes variétés de cacao et différents types d'ombrage (bananiers, ingas, etc.), adaptés à chaque environnement écologique, plutôt qu'une monoculture de cacao sans ombrage). La Suisse a formulé l'observation suivante : Gramlich (2017) a démontré qu'il pouvait y avoir un effet positif, mais des recherches supplémentaires doivent être réalisées à ce sujet. L'association des exportateurs ADEX, Pérou, affirme que conformément à l'évaluation de fermes déjà en production, le système d'agroforesterie fonctionne bien les 2-3 premières années de plantation, car les jeunes plants se développent mieux à l'ombre, ce qui les aide à mieux résister aux périodes de sécheresse naturelle dans la région. Chez les plants adultes, l'ombrage favorise la prolifération de maladies (candidose et balai de sorcière). Source : <http://www.senasa.gob.pe/senasa/moniliasis-del-cacao/>; http://www.agrobanco.com.pe/wp-content/uploads/2017/07/010-f-cacao_CULTIVOS_.pdf
10. Installer les plantations loin des routes ou prendre des mesures afin de prévenir le contact des plantations de cacao avec les gaz émis par la combustion des véhicules qui peuvent contenir du cadmium. Les plantations doivent également être tenues éloignées des décharges ou des exploitations minières. À cet égard, dans les grandes plantations de cacaoyers, il est important de prendre en compte la disposition des routes, qui devraient être espacées de 200 mètres (Technoguide SMIARC 2014). L'USFDA observe que le trafic automobile n'est pas une source de Cd, les pneus étant peu chargés en Cd mais très riches en Zn, le risque de Cd est nul. Elle indique également que, pendant une période entre les années 1970 et l'an 2000 environ, certains radiateurs d'automobiles avaient des soudures au Cd, une utilisation à laquelle il a été mis un terme depuis. L'essence ne contenant pas de Cd, les gaz d'échappement ne sont pas une source de contamination par le Cd. L'OSAV, Suisse, souligne que, suivant la taille des particules émises, les sédiments issus de l'eau des exploitations minières peuvent poser des problèmes à de longues distances des centres d'exploitation sources de l'émission.
11. Dans les nouvelles plantations, l'utilisation d'une couverture de légumineuses vivaces devrait être envisagée. Les cultures de protection améliorent la matière organique des sols. Les cultures de protection peuvent protéger les sols de l'érosion et réduire la perte de nutriments, améliorant ainsi la productivité des sols grâce à une plus grande disponibilité des nutriments essentiels et réduisant la toxicité des métaux lourds. (Observation de l'USFDA)

Dans les plantations déjà installées : Stratégies d'immobilisation du Cd et de réduction de sa disponibilité dans le sol :

12. Augmentent les concentrations de Zn et de Mn dans le sol. Il a été démontré qu'en cas de déficience de ces micronutriments, le Cd est plus susceptible d'entrer dans la plante et dans les fèves de cacao. Les analyses scientifiques montrent que le déséquilibre entre les micronutriments et le Cd a un impact important sur l'absorption du cadmium et sur la haute teneur en Cd des fèves de cacao. Pour les plantations « biologiques », il n'existe aucune source commerciale de Zn « biologique » en dehors des minerais, qui contiennent cependant du Cd à hauteur d'environ 1 % de leur teneur en Zn et ne devraient dès lors pas servir d'engrais « biologiques ». Il est également possible que la pulvérisation de ZnSO₄ ou autres sels solubles de Zn ou de chélates sur les feuilles des cacaoyers inhibent le transfert du Cd dans les fruits. Des essais sur champs ont démontré que la pulvérisation de Zn réduit la translocation du Cd vers plusieurs céréales. La possibilité de pulvériser du Zn pour inhiber le mouvement du Cd vers les fruits du cacao pourrait être évaluée dans le cadre d'essais sur champs réalisés sur plusieurs années. L'action de la pulvérisation de Zn sur les feuilles est distincte des possibles effets de l'emploi d'engrais au Zn pour inhiber l'absorption de Cd par les racines (notons une nouvelle fois la nécessité d'inclure du calcaire pour neutraliser l'acidification résultant de l'emploi de ZnSO₄ ou autres sels de Zn sur les sols).
13. Appliquer des doses limitées de chaux (3 Mt/ha/an) et de préférence de la dolomite [CaMg (CO₃)₂] afin d'augmenter graduellement le pH et intégrer du Ca et du Mg, qui sont essentiels à la croissance du cacao et peuvent précipiter la réduction de la biodisponibilité du Cd. De plus amples recherches seront nécessaires sur le sujet car certaines variétés de cacao poussent bien sur des sols légèrement acides et pourraient être affectées par l'augmentation du pH. Il est important de reconnaître que l'application superficielle de « produits à la chaux » dans des plantations de cacao établies ne peut pas augmenter le pH de la zone des racines avant des décennies en raison de la faible solubilité du CaCO₃ dans l'eau et, donc, du faible taux d'infiltration de l'alcalinité des amendements calcaires appliqués en surface. L'étude de plusieurs méthodes d'augmentation du pH des couches inférieures du sol a démontré que combiner des matières organiques biodégradables avec des produits à la chaux permettait au métabolisme des matières organiques d'induire une infiltration de l'alcalinité dans les couches inférieures du sol (voir Brown et al., 1997 ; Tester et al. 1990 ; Liu et Hue et al. 2001 ; et Tan et al., 1986). Ajuster le niveau de chaux en fonction de l'analyse du sol réalisée par un laboratoire

réputé en la matière. La précipitation du Cd dans les sols ne peut être forcée, à l'exception des sols hautement calcaires. L'augmentation du pH entraîne une plus forte adsorption du Cd du sol par les oxydes de Fe et de Mn et les matières organiques qu'il contient. Il convient d'éviter tout chaulage excessif. L'office de la sécurité alimentaire et des affaires vétérinaires (OSAV, Suisse) mentionne qu'aucune recherche de terrain réalisée dans des plantations existantes n'a été publiée pour montrer les dosages, etc. et leurs effets sur l'apport en Cd et sur la concentration de Cd dans les fèves.

14. Une expérience de terrain réalisée sur 18 mois réalisée afin d'évaluer l'efficacité du chaulage sur le pH, la biodisponibilité du Cd dans les sols et son passage dans les tissus du cacao a conclu que l'assainissement par chaulage des sols des plantations de cacao contaminés par le Cd pour en réduire la concentration semblait faisable d'après les résultats des essais réalisés en laboratoire et sur le terrain à Trinité-et-Tobago (Gideon Ramtahal et al. 2018).
15. Augmenter la teneur en matières organiques du sol et améliorer son activité microbologique en appliquant des engrais ou des engrais biologiques tels que le lisier de bétail traité des aires d'engraissement et du bétail des fermes, le compost ou le bokashi, notamment. Il est pour ce faire important de connaître préalablement la teneur en cadmium des intrants à utiliser. Le Tableau n°2 montre les contributions estimées, les quantités minimale et maximale de Cd ajouté aux sols agricoles par différentes sources (mg/kg) et le tableau n°3 montre la concentration de cadmium des roches. La FDA (USA) mentionne que des données supplémentaires telles que les valeurs médianes ou moyennes, si elles étaient disponibles, donneraient de plus amples informations sur l'influence des pratiques de gestion sur les concentrations de Cd.

Tableau n°2 : Contributions estimées des métaux lourds ajoutés aux sols agricoles par différentes sources (mg/ kg), fourchette (quantité minimale à maximale)

Métaux lourds	Engrais phosphatés	Engrais azotés	Produits de protection des plantes	Lisier	Boues d'épuration
Cd	0.1 - 170	0,05 - 8,5	1,38 - 1,94	0,3 - 0,8	2 - 1 500

Source : Sánchez, 2003 ; Mico, 2005 ; Peris, 2006 ; Delgado, 2008. Cités par Rueda, Rodriguez et Madriñan, 2011

Tableau n°3 : Concentration de cadmium dans les roches

Type de roche	Fourchette en mg/kg	Moyenne en mg/kg
Roches magmatiques		
Rhyolites	0,03 – 0,57	0,230
Granites	0,01 – 1,60	0,200
Basalte	0,01 – 1,60	0,130
Roches sédimentaires		
Schistes et argiles	0,017 - 11	-
Schistes noirs	0,30 – 219	-
Grès et conglomérats	0,019 – 0,4	-
Carbonados	0,007 – 12	0,065
Phosphorites	< 10 - 980	-
Charbon	0,01 - 300	-
Dépôts de minéraux de soufre		
Sphalérite (SZn)	0,02 – 0,4 (< 5 %)	-
Galène (SPb)	< 0,5 %	-
Tetraédrite, tennantite (CuSZn)	0,24 %	-
Métacinabre (HgS)	11,70	-

Source : Alloway, 1995

16. Concernant l'activité microbiologique, l'effet des microorganismes sur la baisse de la concentration du cadmium dans le cacao est bien documentée : Bravo et al (2018) et Revoredo, A. et Hurtado, J. (2018) ont montré que les inoculums microbiens sont efficaces dans les cultures de cacao.
17. Éviter les engrais au phosphate et aux roches sédimentaires phosphorées car ils contiennent généralement du cadmium en impureté, dont la présence est plus faible dans les phosphores d'origine magmatique. Smolders (2017) explique que le succès de la production de cacao dépend de l'ajout d'engrais phosphatés parce que la concentration en phosphore des sols tropicaux est naturellement très limitée. Les directives ne devraient pas reposer sur le type d'engrais phosphaté mais sur la concentration absolue de Cd. Dans ces plantations, les plantes présentent une très faible teneur en P disponible si l'on s'en fie aux études publiées sur la fertilité des sols, les engrais au P peuvent dès lors être utiles pour améliorer la croissance et, par conséquent, la dilution du Cd dans les plantes. En Europe, aux États-Unis et dans de nombreuses autres nations, des limites sont imposées sur le Cd dans les engrais au P, dont les phosphates naturels qui peuvent être vendus dans le commerce. Smolders (2017) résume les meilleurs conseils actuels sur les limites appropriées pour le Cd dans les engrais au P. Un problème majeur des nations d'Amérique Latine et des Caraïbes qui produisent du cacao est l'absence de contrôle et de réglementation sur le Cd dans les engrais. Des réglementations de ce type doivent être développées et appliquées aux engrais utilisés dans les plantations de cacao.
18. Utiliser des engrais azotés et au potassium parce que leur concentration en cadmium est normalement très basse et de préférence des engrais composés tels que 20-20-20 (N-P₂O₅ et K₂O), en vérifiant l'analyse des métaux lourds. Il a été démontré que, dans les sols bien alimentés, le risque de bioaccumulation du cadmium est plus faible. Il convient de souligner que les engrais azotés et au potassium ne devraient pas être utilisés dans les plantations de cacao biologique.
19. La préparation et l'utilisation de charbon activé avec différents types de matières, de préférence locales (biomasse résiduelle ou chaume), peut servir à faire baisser la disponibilité du Cd dans le sol par un mécanisme d'adsorption. Le charbon activé ou le biocharbon sont toutefois des amendements des sols coûteux et peu susceptibles d'être rentables pour les producteurs de cacao, surtout les plus petits. Il convient de souligner que le charbon activé ne devrait pas être utilisé dans les plantations de cacao biologique.
20. L'application de vinasse (sous-produit de l'industrie du sucre de canne), engrais liquide riche et source de potassium, peut également renforcer l'installation de champignons qui forment des mycorhizes dans les racines du cacaoyer, augmente l'efficacité de la nutrition en phosphore de ces cultures, augmente leur résistance à la sécheresse, les protège contre les maladies et immobilise le cadmium.
21. Utiliser de préférence des mycorhizes naturelles dans la région et autres bioremédiateurs qui « capturent » le cadmium présent dans le sol et le rendent ainsi indisponible pour le cacao.

Phytoextraction des métaux lourds (Cd)

22. Cette technique implique de planter des arbres, des buissons, des herbacées et autres cultures de couverture dans les sols contaminés par des métaux lourds afin de les extraire par le système racinaire et de les transférer à la masse des feuilles, qui sont alors ramassées et incinérées (à 450°C) pour en faire des cendres dont il est ensuite décidé si elles doivent être confinées ou analysées et transformées en laboratoire afin de réutiliser ces métaux. Il convient de mentionner que l'application de cette technique requiert de disposer d'un système de biosécurité destiné à empêcher l'utilisation du feuillage à des fins alimentaires pour l'homme ou les animaux. Chaney, R.L et Baklanov, 2017, rapportent que malheureusement, les espèces de plantes ayant démontré une forte accumulation de Cd ne sont pas adaptées aux environnements tropicaux. Planter d'autres cultures sous les cacaoyers et ramasser chaque année leur biomasse aérienne pour en récupérer le Cd serait très difficile dans les plantations de cacao.
23. Gestion agronomique des cultures de cacao
Pour une gestion agronomique des cultures de cacao, sont importants : la taille, le nombre de plants par hectare, les systèmes d'ombrage, le régime d'humidité du sol, l'application d'engrais et d'amendements, les doses et les moments choisis pour exécuter ces tâches afin de respecter le métabolisme du cacao et de réduire la probabilité que le cadmium pénètre les racines parce que ce métal présente normalement une bioaccumulation en de plus grandes quantités en cas de faible fertilité, de sol sablonneux, de faible teneur en matières organiques, en zinc et en manganèse, de forte acidité (pH < 5,5) et de mauvaise gestion.
24. Lorsque la physiologie du cacao est adéquate, la production et le fonctionnement des enzymes favorisent leurs processus métaboliques normaux et réduisent la bioaccumulation du cadmium dans les fèves de cacao grâce aux mécanismes d'auto-défense des plantes contre les contaminants qui

s'activent lorsque les plantes sont en bonne santé et bien nourries. Observation des États-Unis : Les plantes qui poussent normalement ne présentent pas d'activité physiologique spéciale qui réduit l'accumulation du Cd. Les retards de croissance, surtout s'ils sont dus à une acidité excessive du sol, entraînent une plus grande accumulation du Cd. Le Tableau 4 présente ci-dessous une liste des conditions qui génèrent la bioaccumulation du Cd dans les fèves de cacao et leurs mesures de réduction proposées :

Tableau 4 - Conditions du sol et de l'eau qui favorisent la bioaccumulation du Cd dans les fèves de cacao.

<p>Conditions du sol et de l'eau qui entraînent la bioaccumulation du cadmium dans les fèves de cacao</p> <p>Les États-Unis indiquent qu'il est très peu probable que des eaux d'irrigation salines soient un problème dans le domaine de la production du cacao et du Cd. Il est approprié de formuler un avertissement en cas de niveau de chlorure élevé dans l'eau d'irrigation, les engrais et autres amendements des sols. C'est spécifiquement le chlorure présent dans le sol, et non sa salinité, qui augmente l'accumulation du Cd dans toutes les espèces de plantes.</p> <p>Les conseils sur le pH du sol devraient par ailleurs être plus spécifiques. Des études sur les propriétés des sols des plantations de cacao de plusieurs nations ont révélé un pH du sol de 4,5 favorisant fortement l'accumulation du Cd (voir la liste de publications ci-dessous). Les sols de la zone</p>	<p>Mesures de réduction proposées</p>
Sols naturellement peu fertiles	Fertiliser le sol avec un engrais à bonne teneur en nutriments
Faible concentration de matières organiques dans le sol	Augmenter la teneur en matières organiques (> 4 % de M.O.)
Faible teneur en Zn et Mn	Incorporation de Zn et de Mn
Sols sablonneux	Éviter de cultiver sur des sols sablonneux, utiliser de préférence des sols argileux-sableux ou argileux
Eaux salines (2 mS/cm) avec une forte teneur en chlorure. Dans l'unité mentionnée, S signifie Siemens	Traiter l'eau pour en réduire la salinité et la teneur en chlorure
Sols fortement acides	Chauler le sol jusqu'à atteindre un pH de modérément acide à neutre

25. **Zones de plantations** : Par mesure de prévention, la plantation de cacaoyers devrait se faire dans des zones où la teneur en Cd est réduite, de sorte que les sols agricoles ne contiennent pas plus de 1,4 mg/kg de Cd (CCME, Canada, 1999 ; DS 011-2017, MINAM, Pérou).

DÉFINITIONS

26. **Adsorption, absorption et désorption** : l'adsorption physique, chimique ou par échange est un concept qui fait référence à l'attraction et à la rétention exercées par un corps à sa surface sur les ions, les atomes ou les molécules d'un corps différent. Le terme absorption fait référence à l'amortissement exercé par un corps sur une radiation qui le traverse ; à l'attraction développée par un solide sur un liquide afin que ses molécules pénètrent à l'intérieur de sa substance ; à la capacité d'un tissu ou d'une cellule de recevoir une matière venue de l'extérieur. La désorption est le processus d'élimination d'une substance absorbée ou adsorbée.

27. **La capacité d'échange cationique (CEC)** est une mesure de la capacité d'un sol à retenir des ions chargés positivement (ou cations). Cette propriété des sols est très importante dans la mesure où elle influence la stabilité de la structure du sol, la disponibilité des nutriments, le pH du sol et sa réaction aux engrais et autres améliorants (Hazleton et Murphy, 2007). Les composants des matières organiques et les minéraux argileux d'un sol ont à leurs surfaces des sites de charge négative qui adsorbent et retiennent les ions chargés positivement (les cations) par leur force électrostatique. Cette charge électrique est essentielle à l'apport en nutriments des plantes, car de nombreux nutriments existent sous forme de cations (tels que le magnésium, le potassium et le calcium).
28. **Processus de séchage** : séchage des fèves de cacao au soleil ou dans des séchoirs mécaniques ou solaires afin de réduire la teneur en humidité et les rendre stables pour l'entreposage.
29. **Fermentation** : processus de dégradation de la pulpe et d'initiation de changements biochimiques dans le cotylédon par des enzymes et microorganismes inhérents à l'environnement de la plantation.
30. **Amendements du sol** : fait référence à l'ajout de toute matière dans le sol pour en améliorer les propriétés physiques et chimiques. L'application d'un amendement dépend des caractéristiques du sol. Les amendements rapportés dans les études pour l'élaboration du présent Code d'usages sont les suivants : carbonate de magnésium, vinasse (produit dérivé de la production d'alcool de canne à sucre), zéolites (minéraux qui se distinguent par leurs capacités hydratantes et, inversement, déshydratantes, adsorbants), humus (substance composée de certains produits organiques issus de la décomposition de déchets organiques par des organismes et microorganismes bénéfiques), biocharbon, sulfate de calcium, chaux, cachaza (produit dérivé de la canne à sucre, partie des déchets de la transformation), sulfate de zinc, dolomite (carbonate de calcium et magnésium), vermicompost, canne à sucre, tourteau de palmiste, phosphate de calcium minéral, matières organiques.
31. **Validation** : obtention de preuves qu'une mesure de contrôle ou une combinaison de mesures de contrôle, mise en œuvre de manière appropriée, est en mesure de contrôler le danger en vue d'un résultat spécifié. (CAC/RCP 1- 1969), avec le soutien de (CAC/GL 69-2008).
32. **Échantillonnage** : procédure utilisée pour prélever ou constituer un échantillon. Les procédures d'échantillonnage empiriques ou ponctuelles sont des procédures d'échantillonnage qui ne s'appuient pas sur des statistiques et servent à prendre une décision sur le lot inspecté. (CAC/GL 50-2004)

MESURES DE PRODUCTION À APPLIQUER DANS LES CHAMPS POUR PRÉVENIR ET RÉDUIRE LA CONTAMINATION PAR LE CADMIUM

33. Il est également important de connaître les sources de cadmium et la répartition du cadmium dans le sol. Plusieurs études sur le Cd dans le sol de plantations d'Amérique Latine ont identifié un enrichissement substantiel en Cd de certains sols utilisés pour la production de cacao. Les concentrations de Cd supérieures des couches supérieures par rapport aux couches inférieures du sol peut découler de l'application d'engrais (et, notamment, de produits phosphatés), ou de l'émission d'aérosols de sources industrielles. L'enrichissement naturel du sol en métaux peut découler de la minéralisation (en Zn et Cd) à proximité de mines de Zn, de Cu et de Pb (ratio Cd:Zn généralement compris entre 0,005 et 0,01 µg Cd/µg Zn). Le schiste marin peut produire du Cd avec un fort ratio Cd:Zn présentant une plus grande disponibilité pour les plantes que la contamination due au minerai de Zn. Plusieurs régions d'Amérique Latine présentent en outre des contaminations importantes, voire localement extrêmes, par le Cd dues à ces sources de schiste marin (Garrett et al., 2008) ; certains sols jamaïcains contiennent plus de Cd que de Zn, ce qui est extrêmement rare. Lorsque le Cd est supérieur aux niveaux de fond (entre 0,2 et 0,5 mg Cd/kg de sol sec), d'autres éléments (Zn) contribuent à en clarifier la source. Les sols développés à partir de dépôts phosphatés sont riches en P, Cd et Zn, avec un ratio Cd:Zn généralement égal à 0,1. Les concentrations de Zn et de P des sols suspectés d'être riches en Cd devraient dès lors être mesurées pour en clarifier la source. (Garrett, R.G., A.R.D. Porter, P.A. Hunt et G.C. Lalor. 2008).
34. L'analyse des sols devrait être obligatoire pour les producteurs de cacao, actuels et nouveaux, afin d'identifier les sols et les eaux moins chargés en cadmium. Les zones présentant des concentrations plus élevées devraient être destinées à d'autres types de cultures marchandes telles que le café ou les plantes qui absorbent moins le cadmium. L'association des exportateurs du Pérou, l'ADEX, déclare que le café et le cacao sont produits à des niveaux écologiques différents, et qu'il ne peut donc pas être suggéré de remplacer les plantations de cacao par des plantations de café. Le café de qualité pousse à plus de 1 000 mètres d'altitude (voir <http://www.minagri.gob.pe/portal/especial-iv-cenagro/24-sector-agrario/cafe/204-cafes-especiales-en-el-peru>) et le cacao entre 300 et 900 mètres d'altitude (<https://www.sierraexportadora.gob.pe/programas/cacao/que-significa.php>). L'OSAV (Suisse) déclare que les sols devraient également faire l'objet d'échantillonnages, attendu que les

concentrations de Cd ne sont pas homogènes. En outre, des facteurs tels que le pH ou les matières organiques contenues dans le sol devraient également être pris en compte. Davila, C. b (2018), pour la caractérisation des sols considérés dans ses analyses : pH, conductivité électrique, carbonate de calcium, matières organiques, phosphore, potassium, analyse mécanique (sable, limon, argile), classe de texture, échange de cations, cations échangeables (Ca, Mg, K, Na, Al + H), somme des cations, somme des bases, saturation des bases).

35. Pour l'analyse du Cd, plusieurs méthodes non incluses dans le CODEX STAN 228/2001 peuvent être utilisées, mais la méthode sélectionnée doit répondre aux critères de performance requis pour les limites maximales supérieures à 0,1 mg/kg établies dans le Manuel de procédure de la Commission du Codex Alimentarius, qui sont les mêmes que celles établies dans les règlements de l'Union européenne (EFSA, 2009) pour la limite de détection (LOD), la limite de quantification (LOQ) et la précision. L'assainissement devrait se situer dans la fourchette de 80 % à 110 %.
36. Utiliser les résultats des tests du sol pour déterminer s'il faut appliquer des engrais ou des amendements des sols pour assurer l'adéquation du pH du sol et de la nutrition des plants afin d'éviter le stress des plantes, surtout pendant le stade de développement des graines, à moins que le producteur puisse prouver que son plan d'action proposé réduit les risques à des niveaux acceptables. On peut dire que le cacao est une plante qui s'épanouit sur de nombreux types de sols différents. Van Vliet et Giller, 2017, ayant examiné la nutrition minérale du cacao, ont établi que la limitation des nutriments faisait partie des contraintes de production du cacao. Dans leur étude, ils compilent les connaissances actuelles sur les cycles des nutriments dans les systèmes de production du cacao, les exigences du cacao en nutriments, et le rendement lié à l'application d'engrais vis-à-vis de facteurs tels que les conditions de gestion, climatiques, et du sol.
37. Les sols qui présentent une capacité d'échange cationique supérieure (59,0-60,6 mEq/100g) présenteraient également une capacité supérieure à fixer les métaux (Cargua, J. et al., 2010).
Les États-Unis observent qu'une « CEC de 59,0 à 60,6 mEq/100g » semble incorrecte. En général, la CEC des sols des plantations de cacao est < 15 dans la littérature publiée. Les sols sablonneux présentent une faible CEC, qui peut parfois être inférieure à 5. Ce n'est pas non plus la CEC en tant que telle qui réduit la phytodisponibilité du Cd, c'est la surface des oxydes de Fe et de Mn et la capacité de chélation des matières organiques qui adsorbent le Cd et en réduisent la phytodisponibilité. Les argiles des sols dont la CEC est supérieure sont généralement revêtues d'oxydes hydratés de Fe et de Mn, de sorte que les argiles sont corrélées avec l'adsorption du Cd.
38. Cargua et al, 2010, cite Miliarium (2009), qui observait également que l'argile tend à adsorber les métaux lourds qui sont retenus dans leurs positions d'échange et que, au contraire, les sols sablonneux n'ont pas la capacité de fixer les métaux lourds qui passent rapidement dans les couches inférieures du sol et peuvent contaminer les nappes phréatiques.
39. Avant les récoltes, s'assurer que tout le matériel qui sera utilisé pour récolter, sécher, nettoyer et stocker les cultures est en bon état de fonctionnement et que les déchets, grains et poussières sont nettoyés le mieux possible. Une panne de matériel pendant sa période d'utilisation critique peut entraîner une baisse de la qualité des grains et accroître le risque d'apparition de cadmium. Vérifier que le matériel nécessaire pour mesurer la teneur en eau est disponible et étalonné.
40. Récolte : éviter de récolter les fruits immatures du cacao, en raison de leur pulpe solide sans mucilage, de la difficulté à séparer les fèves de cacao de la coque et d'une fermentation inappropriée.
41. Fertilisation : L'utilisation d'engrais phosphatés sur le long terme augmente la concentration en Cd des couches arables du sol (IPCS 2010), bien que la FDA (États-Unis) observe qu'il est important de maintenir une fertilité adéquate du P afin que la croissance des arbres ne soit pas retardée par une faible concentration en P et que les arbres n'accumulent pas une forte concentration en Cd, mieux vaut conseiller l'emploi d'engrais au P limités en Cd. Il est nécessaire de s'assurer de l'existence d'une réglementation régissant l'échantillonnage, le suivi et l'application des limites des engrais au P. Ces limites peuvent également être nécessaires pour les engrais au Zn parce que certains dérivés d'engrais au Zn contiennent beaucoup plus de Cd que n'importe quel engrais au P.
42. Rentabilité des mesures de réduction du Cd : Le traitement des sols contaminés par des métaux par immobilisation via des amendements chimiques tels que la dolomite ou **le calcaire** peut représenter une alternative viable et moins onéreuse pour réduire la disponibilité des métaux (Trakal et al., 2011). Par ailleurs, la communication personnelles des chercheurs internationaux participant au Forum (MINAGRI-IICA 2018) souligne que l'utilisation desdits amendements chimiques augmente la production des cultures de cacao. La production est accrue parce que la limitation des nutriments est réduite.

43. Le *Guide for Phytosanitary Management and Safety* (guide de la gestion phytosanitaire et de la sécurité) pour les plantations de cacao (MINAGRI-SENASA-IICA, 2017) mentionne que la gestion des cultures de cacao avec un système d'agroforesterie réduit la concentration de cadmium. D'un autre côté, elle permet de fournir des services environnementaux différenciés à la société, constitue une alternative environnementale et contribue à la réduction du cadmium. Voir « Use of timber and non-timber forest resources of the cocoa agroforestry system » (*Theobroma cacao* L.) https://www.academia.edu/28727375/USO_DE_RECURSOS_FORESTALES_MADERABLES_Y_NO_MADERABLES_DEL_SISTEMA_AGROFORESTAL_CACAO_Theobroma_cacao_L._USE_OF_TIMBER_AND_NON-TIMBER_FOREST_RESOURCES_IN_THE_CACAO_Theobroma_cacao_L._AGROFORESTRY_SYSTEM

Mesures validées appliqués aux pays producteurs et obtenues avec l'aide des pays industrialisés

44. Colombie

Le Comité national du Codex Alimentarius de Colombie, en réponse à la lettre circulaire CL 2018/73-CF, a transmis les informations demandées avec les détails suivants :

Résumé de la mesure démontrée : Étude de la diversité microbienne associée aux sols des plantations de cacao en présence de cadmium (Cd) et évaluation de leur potentiel de bioremédiation.

Description de la mesure : Caractériser les populations associées aux sols des plantations de cacao où du Cd est présent et évaluer le potentiel de bioremédiation de certains microorganismes isolés, en laboratoire et dans le cadre de bio-essais en serre. Les techniques qui dépendent des méthodes culturales (isolation, caractérisation phénotypique et génotypique et analyse du potentiel de l'activité biologique) et des cultures (techniques de séquençage de dernière génération et analyse des gènes marqueurs (RNAr 16S) complémentaires les unes des autres et qui permettent, d'un côté, d'étudier la diversité structurelle de ces communautés microbiennes et, de l'autre, de réaliser une bioprospection des organismes isolés pour caractériser les microorganismes impliqués ; les méthodes de microbiologie, les techniques moléculaires et qui dépendent des cultures serviront à élucider l'identité et les caractéristiques des espèces impliquées dans le processus.

Lieu de l'étude : Finca (nom espagnol d'une plantation de cacao) pH du sol acide / haute concentration du sol en [Cd]. Finca pH du sol acide et faible teneur totale en Cd. Finca pH du sol neutre / basique et haute teneur totale du sol en Cd. Finca pH du sol neutre/basique et faible teneur totale en Cd.

Domaine 1 : Latitude : 06-55-24,3 Longitude : 073-28-40,5

Domaine 2 : Latitude : 06-53-10.2 Longitude : 073-23-13.8

Domaine 3 : Latitude : 06-54-143 Longitude : 073-22-156

Domaine 4 : Latitude : 06-54-494 Longitude : 073-44,1-178

L'étude a commencé en 2015 et se terminera en 2019

Volume couvert par l'étude et surface de la parcelle : Nombre total d'arbres : 3 200, environ 3,5 ha.

Les variétés de cacao étudiées sont les suivantes : ISC95, ISC60-39, CCN51, nouvelles variétés (SYS).

Temps de plantation : Exploitation 1 : 15-20 ans, Exploitation 2 : 40-50 ans, Exploitation 3 : 5-10 ans, Exploitation 4 : 6-80 ans.

Date d'échantillonnage par rapport à l'application de la mesure : Semestre I, 2017. 3 échantillons par plantation, environ tous les 2 mois.

Nombre d'échantillons prélevés : 12 échantillons au total (3 par plantation). Chaque échantillon composite a été formé de sous-échantillons (n = 18) en sélectionnant au hasard et en zigzag des cacaoyers ayant une bonne situation phytosanitaire, en nettoyant la surface de la terre (sous l'arbre) et en creusant un trou de la profondeur indiquée. Pour la collecte et la gestion finale des échantillons, le NTC 4113-6 (2) a été adopté. Chaque échantillon composite (2 Kg).

Concentrations de Cd de chaque échantillon : La concentration de Cadmium dans le sol est variable, les échantillons se sont avérés contenir 44 mg/100 g et jusqu'à 0,01 mg/100 g. Il s'agit d'un préambule. La suite n'en a pas encore été développée. Les États-Unis ont fait remarqué que les concentrations données sont déroutantes. 44 mg/100 g correspond à 440 ppm, soit une très forte contamination ; alors que « jusqu'à 0,01 mg/100 g » est égal à 0,1 mg/kg, soit une concentration relativement faible de Cd dans le sol.

45. **Colombie, Gutiérrez E. et León C. 2017 :**

Étude d'évaluation des amendements afin de résoudre les problèmes de concentrations de Cd dans le sol et les grains secs. Années 2010 à 2012 - Santander : Les détails suivants ont été définis :

Les directives de Kelley ont été suivies pour la classification des sol contaminés par le cadmium ; ces valeurs exprimées en mg/kg de sol sec varient entre :

Valeurs normales de sols non contaminés	Légère contamination	Contamination	Forte contamination	Contamination exceptionnellement élevée
0 - 1	3 - 5	5 - 10	10 - 20	> 20 Ces fourchettes suggérées de différentes classes de contamination des sols sont déroutantes. Les sols présentant plus de 1,0 mg de Cd/kg sont déjà inhabituels. Les sols naturels sont généralement définis entre 0 et 0,7 par certains auteurs. Et, comme il a été souligné plus haut, lorsque des sols sont riches en Cd mais pas en Zn, le Cd de ce sol comporte des risques nettement supérieurs qu'en présence de ratios Cd:Zn habituels (Garrett et al, 2008 ; Chaney et al, 2009).

595 échantillons ont été prélevés dans 59 municipalités de onze (11) provinces.

Dans ces échantillons de sols, les analyses suivantes ont été réalisées : Chimique : Complète + éléments mineurs de 0 à 30 cm., Physique : Densité apparente et réelle, et texture avec la méthode Bouyoucos de 0 à 30 cm, Cadmium total et Cadmium disponible à 0-30 cm et Cadmium total et Cadmium disponible à 30-60 cm.

Dans l'échantillonnage des coques, ce qui suit a fait l'objet d'analyses : Fève de cacao sèche avec sa coque - amande et fève de cacao sèche sans coque - coque de cacao.

Laboratoire - Domaine : Chimie analytique, matériel utilisé : spectrophotomètres AA (240FS / 280FS) et spectrophotomètre (ICP-OES) ICAP 6500 - Thermo Scientific.

Résultats obtenus :

Référence définie par la concentration totale de Cd, présent dans les sols des plantations de cacao : Sur 207 échantillons analysés, des concentrations hautement variables de Cd ont été trouvées dans les différentes zones d'échantillonnage (entre 0 et 1 mg/kg à > 10 mg/kg).

Les échantillons de fèves de cacao pour lesquelles il existe une limite maximale de cadmium de 0,5 mg/kg : 175 (84,5 %) étaient en-dessous de cette limite légale et 32 (15,4 %) la dépassait. Pour ces dernières, une corrélation importante ($r = 0,652$ et $p > 0,001$) a été trouvée entre la concentration de cadmium du grain et le cadmium disponible dans le sol.

Une évaluation de l'état nutritionnel des sols des plantations de cacao a révélé ce qui suit :

Le pH moyen des sols des municipalités où du cacao est produit est de 5,6 et considéré comme modérément acide, où 40 % des sols présentent des concentrations d'aluminium hautement interchangeables

76 % des sols présentent une faible concentration en M.O.

49 % des sols des plantations de cacao présentent des déficiences en phosphore, une réponse que l'on observe fréquemment dans plus de 70 % des sols du pays en raison de leur acidité.

En référence aux bases de potassium, de calcium, de magnésium des sols et à leurs relations, on observe que 85 % des sols des plantations de cacao présentent une déficience en potassium, 16 % une faible concentration en Mg et 65 % un ratio Ca/Mg adéquat.

Les effets de trois traitements (compost et/ou biofertilisants ECOCACAO), biofertilisant organique (vermicompost et/ou lisier de volaille) + mycorhizes + chaux dolomitique, et une combinaison de chaux dolomitique, d'une source de phosphore, d'une source de potassium, d'un sol mycorhizien et d'un engrais biologique ont été évalués. L'étude a porté sur six plantations d'une parcelle expérimentale d'environ 1 200 m² (144 cacaoyers).

Les niveaux d'application de chacune des sources de fertilisation sont, pour la chaux dolomitique 1,5 à 2,5 kg/plant, pour le potassium 300 à 350 g/plant, le phosphore 35 à 50 g/plant et les matières organiques 350 g à 1 kg/plant et les sols mycorhizés (20: 1).

L'analyse de la variance ne montre pas de différences statistiques pour les propriétés des sols dues à l'effet des traitements d'assainissement appliqués au sol et ne montre aucun changement des propriétés des sols.

Concernant la présence de cadmium total et de cadmium disponible dans les sols, dans l'amande de cacao et les tissus foliaires (les feuilles), l'analyse de la variance n'identifie pas de différences parmi les traitements dans les municipalités évaluées.

46. Équateur

SENESCYT (2011). Projet : Assainissement de sols contaminés par la présence de cadmium dans les zones les plus polluées des provinces de Manabí, Santa Elena et El Oro. Les détails suivants ont été soulignés :

L'étude a été réalisée entre juillet 2012 et décembre 2014

Les échantillons ont été prélevés dans la province d'El Oro, dans la localité de Pasaje à la plantation Rio Grande ; dans la province Peninsula de Santa Elena, dans la localité de Cerecita à la plantation La Mejor et dans la province de Manabí, dans la localité de Canuto à la plantation « expérimentale ». Les parcelles expérimentales contenaient 20 plants chacune, dont six plants centraux ont été identifiés pour surveiller l'évolution des concentrations de Cd dans le temps.

Huit amendements ont été évalués : Co₃Mg, vinasse, zéolites, humus, charbon, CaSO₄, cachaza et ZnSO₄ appliqués en deux doses aux variétés de cacao CCN51 dans les provinces de Santa Elena et d'El Oro et la variété nationale de cacao dans la province de Manabí.

L'application des amendements a été faite en fonction des caractéristiques des sols :

Résultats obtenus

À Santa Elena Peninsula, El Oro et Manabí, le sol a répondu à l'application de 1 MT/ha et de 2 MT/ha des huit amendements, car il a été possible de réduire les **concentrations de Cd** de manière significative aux quatre profondeurs évaluées (de 0 à 5 cm, de 6 à 10 cm, de 11 à 15 cm et de 16 à 20 cm) par rapport aux concentrations des parcelles témoins (traitement sans amendement)

Dans le sol de Santa Elena Peninsula, l'application de la dose de 1 MT/ha d'humus et de sulfate de calcium a fait baisser la concentration de Cd de 1,76 mg/kg par rapport aux parcelles témoins à 1,10 mg/kg de Cd dans les 5 premiers cm du sol. Avec l'application de 2 MT/ha, elle a été réduite de 1,76 mg/kg dans les parcelles témoins à 1,02 mg/kg avec l'utilisation de charbon.

En général, il a été observé que tous les amendements appliqués au sol influençaient la baisse de la concentration de Cd dans les fèves de cacao. À la fin de l'étude, il a été déterminé que le sulfate de calcium et le cachaza réduisaient respectivement de 46 et 44 % les concentrations de cadmium dans les amandes de cacao dans la plantation de Santa Elena Peninsula

À El Oro, lorsque 1 MT/ha de vinasse ont été appliquées, les concentrations de cadmium dans le sol sont passées de 4,87 mg/kg à 2,38 mg/kg et lorsque 2 MT/ha ont été appliquées, la zéolite a réduit ces concentrations à 2,29 mg/kg.

Dans le cas de El Oro, les amendements à la dolomite et à la vinasse ont respectivement réduit les concentrations de cadmium dans les amandes de cacao de 48 et 45 %.

À Manabí, les parcelles témoins présentaient 1,35 mg/kg de Cd dans les 5 premiers cm du sol, avec une baisse régulière parallèlement à l'augmentation de la profondeur. 1 MT/ha de carbonate de calcium ont permis de réduire les concentrations à 0,57 mg/kg et, avec une forte dose de 200 kg/ha de sulfate de zinc, les concentrations ont été réduites à 0,59 mg/kg.

Enfin, à Manabí, tous les amendements à l'exception du carbonate de magnésium ont eu des résultats similaires, avec une réduction de 30 % des concentrations de cadmium dans les fèves de cacao.

47. Au Brésil

Carrillo, M., et al. 2010. Efeito of different conditioners na mobilidade of cádmio em dois latossolos brasileiros. Les détails de l'étude sont les suivants :

L'objectif de l'étude était d'évaluer le mouvement du Cd dans le profil du sol affecté par l'ajout de trois amendements organiques (vermicompost, tourteau de canne à sucre et de palmiste) et de trois minéraux (calcaire, apatite et zéolite) dans deux Oxisols brésiliens (Tiro de Guerra et Tres Mariás) aux textures respectivement argileuse et moyenne, afin de connaître la rétention du Cd dans les sols en utilisant la méthode de la lixiviation en colonnes.

Résultats

La chaux et le tourteau de canne à sucre présentent un meilleur potentiel de réduction des flux de Cd dans le profil du sol.

Une autre option consiste à appliquer des zéolites dans les sols contenant beaucoup de sable et d'apatite ou de texture argileuse.

48. En Belgique

Dans ses observations en réponse à la lettre circulaire CL 2018/73-CF sur les recherches sur l'atténuation, l'Association internationale de la confiserie basée à Bruxelles fait référence à une étude réalisée entre 2014 et 2017 au Cocoa Research Center de l'Université des West Indies avec le soutien du Joint Research Fund de CAOBISCO / ECA / FCC, qui permet de mieux comprendre les différents facteurs qui affectent la disponibilité du Cd et l'absorption du métal. Trois solutions d'atténuation possibles ont été proposées :

Greffer des plantes avec des porte-greffes ayant une faible concentration en cadmium.

Obtenir de nouvelles variétés moins sujettes à l'absorption du cadmium.

Modifier les sols pour réduire l'absorption du cadmium par les plantes.

D'un autre côté, la synthèse des mesures démontrée spécifie ce qui suit :

Les analyses des sols montrent une corrélation positive entre les teneurs les plus élevées en cadmium dans les sols et les tissus des plantes et les fèves de cacao.

Il semble également y avoir une forte corrélation entre l'absorption du cadmium par les cacaoyers et l'acidité du sol. Une forte acidité du sol correspond généralement à une plus forte accumulation du cadmium.

Il semble y avoir une corrélation entre l'emploi d'engrais phosphatés et l'absorption du cadmium par le cacaoyer.

Les fèves de cacao de différentes zones de culture d'un même pays et dans différents pays présentent des concentrations en cadmium très différentes.

Les propositions suivantes visent à remédier aux mesures susmentionnées :

L'analyse des sols devrait être obligatoire pour chaque nouveau producteur de cacao afin d'identifier les sols les moins chargés en cadmium. Les zones présentant des concentrations élevées de cadmium devraient être destinées à d'autres types de cultures commerciales telles que le café ou les plantes absorbant moins le cadmium. L'emploi d'engrais phosphatés devrait être minimisé.

49. En Belgique

FOODDRINK EUROPE, basée à Bruxelles

Dans sa synthèse des mesures démontrées, l'organisme a spécifié les suivantes :

La contamination des fèves de cacao par le cadmium dépend dans une large mesure de la concentration de cadmium dans le sol et de sa biodisponibilité.

La biodisponibilité du cadmium dépend de ce qui suit :

- Le pH du sol

- La teneur en matières organiques.

- La déficience en nutriments spécifiques.
- Les ions de Cl⁻ sur le sol

Les travaux du Cocoa Research Center (CRC), avec le soutien du Joint Research Fund de CAOBISCO / ECA / FCC, portent sur la gestion de tous les paramètres mentionnés, à l'exception des ions de Cl⁻ dans le sol.

La méthode la plus efficace développée jusqu'ici est le chaulage des sols dont le pH est inférieur à 5,5.

Il a été démontré qu'augmenter le pH de 1 unité réduit la teneur en cadmium des grains de 1/10.

Il a également été démontré que l'application de biocharbon réduit la biodisponibilité du cadmium dans les fèves de cacao. Le taux de réduction est comparable à celui du chaulage et a une influence supplémentaire à celle du chaulage.

La contamination des fèves de cacao par le cadmium dépend également de la variété de cacao. Dans l'étude du CRC susmentionnée, 10 génotypes présentant une faible bioaccumulation du Cd et susceptibles d'en diviser par 7 la concentration dans les grains ont été identifiées.

Outre les mesures précédentes visant à réduire la contamination des grains par le cadmium, en raison de la contamination géologique naturelle du cacao, la contamination des sols peut être due :

- À des engrais contaminés.
- À une eau d'irrigation contaminée.
- À des eaux d'inondation contaminées.

Toute autre contamination devrait être évitée en sélectionnant soigneusement les engrais, l'eau d'irrigation et en prévenant les inondations. Les mesures suivantes sont également décrites :

Gestion du pH du sol par chaulage.

Il convient en premier lieu de consigner les paramètres du sol suivants : cadmium total, biodisponibilité du cadmium, pH du sol, composition physique du sol, teneur en matières organiques et capacité d'échange cationique avec l'assistance de laboratoires certifiés. Sur la base de cette exigence, le chaulage peut être calculé et, selon son efficacité, le taux de chaulage peut être ajusté.

Dans la deuxième phase du projet, des essais sont réalisés sur le terrain afin de mieux déterminer l'efficacité du chaulage et du biocharbon, y compris la fréquence et les méthodologies d'application. D'autres paramètres font l'objet de recherches, portant par exemple sur la disponibilité et la productivité des nutriments.

Les génotypes ayant une faible bioaccumulation du cadmium identifiés par notre étude (Lewis et al., 2018) peuvent être utilisés en tant que porte-greffes dans la production de matériels de multiplication pour réduire l'absorption du cadmium.

D'autres études sont réalisées dans le cadre d'expériences hydroponiques destinées à comprendre si les différences observées par Lewis et al (2008) sont dues aux différences au niveau de la génétique ou de la morphologie des racines. Des bioaccumulateurs présentant une faible concentration de cadmium sont testés en tant que porte-greffes en raison de leur efficacité.

50. Pérou

Garcia, J. et Garcia L. 2018. Sélection génétique contre l'accumulation du cadmium.

Une étude de la cinétique de l'accumulation des métaux lourds, le cadmium (Cd) et le plomb (Pb), de différents clones de cacaoyers visant à identifier ceux dont les organes végétatifs et reproducteurs présentaient une accumulation réduite a été réalisée de juin à novembre 2017 à la station Tulumayo, à Tingo María.

Le matériel génétique (clones) des cacaoyers sélectionnés résulte d'un processus de sélection-hybridation-généalogique individuel réalisé par le Cocoa Genetic Improvement Program initié en 1995 et dirigé par le Dr Luis García, professeur principal de l'Université nationale agraire de La Selva - Tingo María, Huánuco, Pérou.

À l'exception du clone C-60 (sélectionné dans la plantation) de San Martin, les clones sont identifiés, ont leurs généalogies respectives et avaient déjà été caractérisés sur le plan morpho-agronomique par le Dr Luis García (2012) dans le catalogue des cultures de cacao du Pérou.

Le tableau suivant présente leurs généalogies correspondantes. Les clones S-8 et S-12 sont des germains (hybrides de deux clones) du croisement IMC-67 x EET-228 des groupes génétiques Forastero Alto Amazónico x (national x inconnu). Le clone S-23 est un hybride du croisement de 2 clones de Forasteros Alto Amazónicos, un d'Iquitos et l'autre de Cusco. Le clone S-28 est un hybride du croisement entre un clone de Trinitarian et d'un clone de Stranger, Haute Amazonie, Ucayali.

Nombre	CODE	GÉNÉALOGIE
1	S-8	(IMC-67 x EET-228)
2	S-12	(IMC-67 x EET-228)
3	S-23	(IMC-67 x U-68)
4	S-28	(ICS-1 x SCA-6)
5	S-60	SÉLECTION DANS LE DOMAINE AGRICOLE

Le Dr Garcia L., chercheur, déclare que son article scientifique est en préparation et sera proposé à la publication en anglais dans 2 magazines, un au Brésil et l'autre en Angleterre. De la même manière, par rapport à d'autres études complémentaires ou plus approfondies, l'équipe de chercheurs de l'UNAS en a connaissance, mais ne saurait les mettre à exécution si des financements ne sont pas préalablement obtenus.

51. Pérou

Dávila C., 2018, approche technologique pour réduire la concentration du cadmium dans les fèves de cacao.

La Cooperativa Agroindustrial Cacao Alto Huallaga (CAICAH) a diagnostiqué le Cd des fèves de cacao de ses associés et déterminé une concentration moyenne de 0,84 ppm.

À ce jour, la CAICAH a développé une série de technologies à appliquer pour réduire la concentration en cadmium dans les fèves de cacao. Après 2 ans de recherches, nous pouvons donner les technologies les plus efficaces en ce sens :

Le chaulage des sols (dont le pH est inférieur à 5,5). Dans les sols acides, le Cd est plus disponible et peut être facilement absorbé par les plantes. Le chaulage apporte du calcium à la solution du sol, qui est un antagoniste du Cd. Il permet aussi d'augmenter le pH et les charges négatives du sol, ce qui facilite l'adsorption et la complexation du cadmium dans le sol, et le rend indisponible pour les plantes. Les matières flottantes qui peuvent être utilisées pour augmenter le pH du sol sont les suivantes : la chaux agricole $[Ca(OH)_2, SiO_2, CaSO_4]$, la chaux hydratée $[Ca(OH)_2]$ et la dolomite $[Ca Mg(CO_3)_2]$. Le projet de la CAICAH a évalué l'effet de la dolomite sur la baisse du cadmium dans les fèves de cacao, trois traitements ont été utilisés : 1,80 kg de dolomite/plant, 2,70 kg de dolomite/plant et 3,60 kg de dolomite/plant, avec les résultats suivants après un an : 0,52 ppm, 0,47 ppm et 0,45 ppm de cadmium dans les fèves de cacao pelées respectivement, via la méthode officielle 999.11-AOAC.

Conclusion : L'application de dolomite dans les plantations de cacao réduit la concentration de cadmium dans les fèves, l'effet est donc positif.

Application de matières organiques (compost, lisier de volaille, humus, lisier, etc.)

Grâce aux groupes fonctionnels (OH, COOH, NH₂, CONH₂, CO, quinones, etc.) des substances humiques, les matières organiques réagissent avec le Cd, donnant lieu à des chélates, ou complexes du Cd. De cette manière, le Cd peut devenir indisponible pour les plants. Les matières organiques apportent du carbone aux microorganismes du sol, ce qui contribue à accroître la population microbienne et son activité enzymatique. Les microorganismes du sol permettent la précipitation, la séquestration, la volatilisation et la complexation du cadmium, ce qui favorise l'adsorption du Cd dans le sol. On peut utiliser du compost, du lisier de volaille, du humus, du lisier, etc. ; les quantités à appliquer par Ha dépendront de la concentration en matières organiques (M.O.) du sol indiquée dans l'analyse de caractérisation. En général, le sol doit être traité avec une teneur moyenne de 3 à 4 % de M.O. afin de préserver ses caractéristiques physiques, chimiques et biologiques. La CAICAH a évalué l'effet du compost et du lisier sur la réduction du Cd dans les fèves de cacao. Les traitements suivants ont été appliqués : Compost : dose de 27 kg/plant ou de 30,00 MT/ha, 54 kg/plant ou 60,00 MT/ha et 81 kg/plant ou 90,00 MT/ha. Lisier de volaille : dose de 27 kg/plant ou 30,00 MT/ha, 54 kg/plant ou 60,00 MT/ha et 81 kg/plant ou 90,00 MT/ha et parcelle témoin : dose de 00,00 kg/plant ou 0,00 MT/ha. Après un an d'évaluation, la concentration en cadmium a été observée pour chaque traitement au compost : 0,08 ppm, 0,17 ppm, 0,11 ppm ; au lisier de volaille : 0,09 ppm, 0,22 ppm, 0,28 ppm et dans la parcelle témoin : 0,19 ppm. **Conclusion :** Avec l'application de M.O. dans les plantations de cacao, le cadmium diminue dans les grains et atteint des valeurs très faibles (jusqu'à 0,08 ppm). Les États-

Unis ont fait observer que le Cd ne peut être volatilisé en-dessous de 800°C environ. Le Cd dans le sol peut être plus fortement adsorbé et lessivé, mais pas volatilisé. En outre, les matières organiques permettent d'augmenter la capacité d'échange cationique.

Utilisation de sulfate de zinc dans les formules des engrais

Le zinc (Zn) a un effet antagoniste avec le Cd ; des études vénézuéliennes ont déterminé qu'un ratio Zn:Cd supérieur à 1 000 entraînait une baisse de l'adsorption du Cd dans les amandes de cacao, déterminé à 0,05 ppm au maximum.

La CAICAH a réalisé des études utilisant trois (3) doses de sulfate de zinc pour réduire la concentration de Cd dans les fèves de cacao en utilisant les traitements suivants : 0,00 kg de sulfate de zinc/plant, 0,09 kg de sulfate de zinc/plant, 0,18 kg de sulfate de zinc/plant et 0,27 kg de sulfate de zinc/plant. Après un an d'évaluation, les résultats suivants ont été obtenus : 1,92 ppm, 1,83 ppm, 1,86 et 1,49 ppm respectivement. **Conclusion** : Le sulfate de zinc a un effet positif sur la réduction de la concentration de cadmium dans les fèves de cacao. L'application de sulfate de zinc a été réalisée parallèlement à une fertilisation équilibrée réalisée annuellement dans la plantation de cacao, conformément aux exigences des cultures et du sol (analyse de caractérisation).

Traitement des fèves de cacao après la récolte

Le cacao CCN-51 est un clone avec une forte concentration de mucilage, supérieure à celle des cacaos créoles. Des études réalisées par la CAICAH ont montré des quantités de Cd dans le mucilage supérieures à celles des coques et des cotylédons. Il est logique de supposer que, pendant le processus de fermentation du grain, du Cd pourrait passer du mucilage aux cotylédons. Afin de clarifier cette hypothèse, le mucilage des fèves de cacao a été asséché pendant 24 heures dans des filets avant d'être mis dans des boîtes de fermentation pour obtenir une réduction de 29,12 % de la concentration de Cd dans les cotylédons par rapport aux fèves témoins (fèves de cacao sans assèchement du mucilage). Résultats obtenus sur la concentration de Cd dans les amandes de cacao : T1 (levure, estimation basse, sans séchage = 0,48 ppm), amandes témoins (sans levure, sans séchage = 0,46 ppm), T2 (séchage de 24 heures = 0,33 ppm), T3 (levure, estimation basse, sans séchage, lavage des amandes = 0,63 ppm). **Conclusion** : Le séchage du mucilage a un effet positif sur la réduction du cadmium dans les fèves de cacao. **Remarque** : La quantité de mucilage évacué des fèves de cacao n'avait pas affecté les qualités physiques ou organoleptiques du cacao à l'heure de l'évaluation.

52. Pérou

Hurtado, J. 2018. Université péruvienne de Cayetano Heredia. Études sur la culture du cacao

Le Centro de Innovación de Cacao (CIC), l'Université péruvienne de Cayetano Heredia (UPCH) et l'Université agraire de La Molina (UNALM) développent un inoculum microbien pour la chélation du cadmium. Le projet a commencé en 2015 et se terminera en juillet 2019.

Les microorganismes de 3 zones de plantation de cacao présentant une forte concentration de cadmium ont été isolés et des microorganismes de zones de plantation de café ont été sélectionnés. Quatre microorganismes biochimiquement identifiés par 16S RNAr ont été sélectionnés pour des bio-essais dans des plantes indicatrices et des plantules de cacao. Ces microorganismes sont évalués sur place à Fundo Verde (Pucallpa) sur une zone de 3 hectares et demi. Les résultats seront disponibles en juillet 2019.

De la même manière, des études métagénomiques des populations de cacaoyers sont réalisés par le biais de techniques de séquençage de dernière génération afin de caractériser la diversité biologique de ces cultures et confirmer que l'ajout d'inoculants microbiens n'altérerait pas les genres prédominants dans la rhizosphère de ces cultures. Nous pourrions à l'avenir présupposer de manière plus adéquate le rôle des différents groupes microbiens et modulaires dans le cadre de leurs activités.

MESURES DE PRODUCTION À APPLIQUER APRÈS LA RÉCOLTE POUR PRÉVENIR ET RÉDUIRE LA CONTAMINATION PAR LE CADMIUM

53. Le séchage du mucilage pendant 12 heures pendant la fermentation réduit de manière significative la concentration de cadmium dans les fèves de cacao CCN-51. Davila, C. 2018.
54. Séchage : S'assurer que les fèves ne peuvent pas être contaminées par la fumée et les gaz des séchoirs ou des véhicules.

Les fèves de cacao pourraient être séchées en hauteur afin de ne pas être en contact direct avec le sol, le goudron ou le béton et de rester inaccessible pour les animaux. (CAOBISCO/ECA/FCC.2015).

55. Entreposage : S'assurer que les entrepôts ne sont pas contaminés par des déversements de carburant, des gaz d'échappement ou des fumées. (CAOBISCO/ECA/FCC.2015).
56. Le risque de contamination par le cadmium après la récolte et pendant le stockage des grains peut être géré de manière plus prévisible grâce aux bonnes pratiques agricoles (BPA) et aux bonnes pratiques de fabrication (BPF) qui veillent à ce que le taux d'humidité des grains stockés reste inférieur aux taux favorables au cadmium en fonction des conditions environnementales de la région. Le taux d'humidité des fèves de cacao stockées devrait être contrôlé régulièrement et maintenu en-dessous de 8 %. (CAC/RCP 72-2013)
57. Comme c'est déjà le cas pour les achats volumineux de fèves de cacao, l'analyse des lots de fèves de cacao avant leur transformation devrait devenir une pratique standard pour mélanger les grains contenant plus de cadmium avec ceux qui en contiennent moins. Cette pratique est appliquée dans certains pays d'Amérique du Sud. L'ADEX ajoute que cette pratique est courante lors de la transformation des grains en produits dérivés du cacao, non seulement pour en réduire la teneur en cadmium, mais aussi, et essentiellement, pour obtenir les caractéristiques organoleptiques recherchées par le marché cible. Le représentant du Ministère de l'Agriculture et de l'Irrigation du Pérou précise que, dans la mesure du possible, le mélange des grains devrait être évité étant donné qu'il s'agit d'une solution commerciale à court terme qui ne résout pas le problème et que l'identité et l'origine caractéristiques sont perdues pour les pays qui produisent un cacao fin. Il indique également qu'il est nécessaire de mettre en œuvre la traçabilité de la concentration de cadmium.

AUTRES SUJETS SOULEVÉS PAR LES MEMBRES DU GTE

58. La Confédération allemande des confiseurs pour les producteurs d'Amérique Latine (Gutiérrez E et León C., 2017) : N'oublions pas que la culture du cacao est un investissement sur le long terme (un plant met 5 ans pour devenir mature, puis il produit pendant 60 ans). Les producteurs devraient par conséquent cultiver sur des sols exempts en (ou contenant peu de) cadmium. Ceci est important, surtout pour le cacao de type CCN51 (nouveau clone développé en Équateur et dérivé du type de cacao « national »), qui présente l'inconvénient d'accumuler une plus grande proportion de cadmium dans ses plants.
59. Le Nicaragua recommande de normaliser la méthodologie de l'échantillonnage des sols et de l'eau et les méthodes des laboratoires.
60. L'U.S. Food and Drug Administration recommande que le rôle des mycorhizes dans la réduction de la disponibilité et de l'apport en cadmium fasse l'objet de plus amples recherches, et d'étudier l'application de la phytoremédiation pour les cultures telles que le cacao car les recherches demeurent peu nombreuses à ce jour. Elle observe en outre que le café est suspecté d'accumuler le cadmium autant que le cacao mais que les recherches sont rares sur le sujet.
61. Le Pérou, via l'Universidad Nacional Cayetano Heredia (UPCH), recommande d'étudier l'accumulation du Cd dans les systèmes de couverture afin de donner des conseils sur les plantes qui excluent le cadmium et n'augmentent pas la concentration en Cd des sols.
62. L'Équateur envisage de préciser les efforts régionaux déployés ou prévus, tels que le projet doté de fonds de FONTAGRO.

REMERCIEMENTS

63. Le président du GTE (SENASA, Pérou) souhaite souligner la qualité des observations de AGROCALIDAD (agence pour la santé des plantes et des animaux et une réglementation et un contrôle sanitaires, Équateur), d'ANVISA, l'agence de surveillance de la santé nationale du Brésil, de la Direction générale de l'agriculture - Ministère de l'Agriculture et de l'Irrigation du Pérou, du Centro de Innovación de Cacao (SIC), de l'Universidad Peruana Cayetano Heredia (UPCH), de l'Universidad Nacional Agraria de la Molina (UNALM), du Ministère du Développement, de l'Industrie et du Commerce du Nicaragua, et de l'U.S. Food and Drug Administration. Center for Food Safety and Applied Nutrition - États-Unis d'Amérique et Federal Department of Home Affairs (FDHA). Federal Food Safety and Veterinary Office FSVO. Division Food and Nutrition – Suisse, sous-comité mexicain du Codex sur les contaminants dans les aliments, Comité malaisien du Codex sur les contaminants dans les aliments.

RÉFÉRENCES

- Alloway, B.J. 1995. Heavy Metals in Soils. Blackie Academic and Professional, London, UK
- Bravo, D., S. Pardo Diaz, J. Benavides Erazo, G. Rengifo Estrada, O. Braissant, C. Leon Moreno. (2018). Cadmium and cadmium-tolerant soil bacteria in cacao crops from northeastern Colombia. Appl. Microbio. 124:1175-1194.
- Brown, S., R.L. Chaney et J.S. Angle. 1997. Subsurface liming and metal movement in soils amended with lime-stabilized biosolids. J. Environ. Qual. 26:724-732.
- CAOBISCO/ECA/FCC.2015. Cocoa Beans: Chocolate and Cocoa Industry Quality Requirements. Septiembre 2015 (End, M.J et Dand, R., Editors).
- CAC/GL 50-2004. General Guidelines on Sampling
- CAC/GL 69-2008. Guideline for the Validation of Food Safety Control Measures
- CAC/RCP1. Principes généraux d'hygiène alimentaire
- CAC / RCP 49-2001. Code d'usages concernant les mesures prises à la source pour réduire la contamination chimique des aliments.
- CAC/RCP 72-2013 Code d'usages pour la prévention et la réduction de la contamination du cacao par l'ochratoxine A.
- Cargua, J. (2010). Determinación de las formas de Cu, Cd, Ni, Pb y Zn y su Biodisponibilidad en Suelos Agrícolas del Litoral Ecuatoriano. Tesis de grado Ingeniera Agropecuaria. Universidad Tecnológica Equinoccial. Santo Domingo – Équateur. 1-109 págs.
- Cargua, J., Mite, F., Carrillo, M. et Durango W. 2010. Determinación de las formas de Cu, Cd, Ni, Pb, y Zn y su biodisponibilidad en suelos agrícolas del litoral Ecuatoriano. XII Congreso Ecuatoriano de la Ciancia del Suelo. Santo Domingo, 17-19 noviembre 2010.
- Carrillo, M., Alves R., Matos A., F. Fontes, M. 2010. Efeito de diferentes condicionadores na mobilidade de cádmio em dois latossolos brasileiros. XXXIII Congresso Brasileiro de Ciencia do Solo. Minas Gerais. 31 julho -5 agosto 2010.
- CCME 1999. Canadian Council Minister Environmental. Recommended soil quality guidelines, March 1997, 1999. <http://www.ccme.ca/ccme/index.html>
- Chaney, R.L et Baklanov, 2017. Phytoremediation and Phytomining: Status and Promise. Adv. Botan. Res. 83:189-221.
- Chaney, R.L., C.E. Green, H. Ajwa et R. Smith. 2009. Zinc fertilization plus liming to reduce cadmium uptake by Romaine lettuce on Cd-mineralized Lockwood soil. Proc. Int. Plant Nutrition Colloquium XVI (Aug. 25-28, 2009, Sacramento, CA): Paper 1252. (<http://repositories.cdlib.org/ipnc/xvi/1252>)
- Chicón, L. 2006. Especiación de metales pesados en lodos de aguas residuales de origen urbano y aplicación de lodos digeridos como mejoradores de suelos. Investigación Programa Doctorado en Ingeniería Ambiental de la Universidad de Málaga.
- CODEX STAN 228/2001. Métodos de Análisis generales para los contaminantes.
- Dávila, C. 2018.a. PAQUETE TECNOLÓGICO PARA DISMINUIR EL CONTENIDO DE CADMIO EN LOS GRANOS DE CACAO. Área de Proyectos. Cooperativa Agroindustrial Cacao Alto Huallaga. Castillo Grande, Tingo María, Perú. Octubre 2018.
- Dávila, C. 2018. b. Cadmio en el cultivo de Cacao. Diagnóstico y Desarrollo de Tecnologías para enfrentar esta amenaza. Área de Proyectos. Cooperativa Agroindustrial Cacao Alto Huallaga. Castillo Grande, Tingo María, Perú.
- EFSA. 2009. Avis du groupe scientifique sur les contaminants de la chaîne alimentaire concernant le cadmium dans l'alimentation, donné à la demande de la Commission européenne. EFSA Journal 980, 1 – 139.
- García, J. et García L. 2017. Selección por Hipoacumulación de metales pesados en órganos vegetativos y reproductivos de clones de Cacao (*Theobroma cacao* L). Tesis para optar el Título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional Agraria de la Selva. Tingo María. Huánuco.
- Garrett, R.G., A.R.D. Porter, P.A. Hunt et G.C. Lalor. 2008. The presence of anomalous trace element levels in present day Jamaican soils and the geochemistry of Late-Miocene or Pliocene phosphorites. Appl. Geochem. 23:822-834.

Gideon Ramtahal, Ivan Chang Yen, Alisha Hamid, Isaac Bekele, Frances Bekele, Kamaldeo Maharaj & Lisa Harrynanan (2018). The Effect of Liming on the Availability of Cadmium in Soils and Its Uptake in Cacao (*Theobroma Cacao* L.) In Trinidad & Tobago. Communications in Soil Science and Plant Analysis, DOI: [10.1080/00103624.2018.1510955](https://doi.org/10.1080/00103624.2018.1510955)

Gramlich, A., Tandy, S., Andres, C., Chincheros Paniagua, J., Armengot, L., Schneider, M., Schulin, R. 2017. « Cadmium uptake by cocoa trees in agroforestry and monoculture systems under conventional and organic management ». Science of the Total Environment, Volume 580, 15 février 2017, pages 677-686.

Gutiérrez E y León C. 2017. Investigación en Cadmio en COLOMBIA: CADENA DE CACAO. CORPOICA, FEDECACAO, MINAGRICULTURA. Taller Científico Internacional sobre Metales Pesados en Cacao, Lima-Julio 17 a 21 de 2017, organizado por el Ministerio de Agricultura y Riego de Perú y la Organización Internacional del Cacao (ICCO).

Hazelton PA, Murphy BW (2007) Interpreting Soil Test Results: What Do All the Numbers Mean? CSIRO Publishing: Melbourne.

Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), 2017. Guía de manejo fitosanitario y de inocuidad en el cacaotal. Soto, E., Mendoza, P., **Leyva, C.**, et Guerrero J.

International Programme on Chemical Safety (IPCS). 2010. Environmental health criteria. EHC 135: Cadmium – environmental aspects

KABATA-PENDIAS, A. et PENDIAS, H. 2001. Trace elements in soils and plants. 3^e éd. : Florida. CRC Press, 413 p.

Lewis, C., A.M. Lennon, G. Eudoxie et P. Umaharan. 2018. Genetic variation in bioaccumulation and partitioning of cadmium in *Theobroma cacao* L. Sci. Total Environ. 640-641.

Liu, J. et N.V. Hue. 2001. Amending subsoil acidity by surface applications of gypsum, lime, and composts. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 32: 2117-2132.

McLaughlin Mike. 2016. Heavy metals in agriculture with a focus on Cd. Ecuador Soil Congress. CSIRO Land and Water Fertilizer Technology Research Centre, Waite Research Institute, University of Adelaide

MINAGRI – IICA. 2018. Pérou. Foro “Factores Asociados a la Bioacumulación de Cadmio en Cacao y sus Estrategias de Mitigación”. Ministerio de Agricultura y Riego e Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. Lima, Pérou – 22 et 23 novembre 2018.

Ministerio del Ambiente Peru. 2017. Estandares de Calidad Ambiental (ECA) para suelo. Decreto Supremo N° 011-2017-MINAM

Code d'usages international recommandé. Principes généraux d'hygiène alimentaire (CAC/RCP 1- 1969), Annexe HACCP, toutefois modifiés pour être appliqués à toutes les mesures de contrôle, qu'un système HACCP soit employé ou non.

Resolución Ministerial. Ministerio de Agricultura y Riego. Pérou. 2018. R.M. N° 0451-2018-MINAGRI del 15 de noviembre de 2018 aprueba « Lineamientos de muestreo para la determinación de niveles de cadmio en suelos, hojas, granos y productos derivados de cacao ». Publicada en el Portal Institucional del Ministerio de Agricultura y Riego <http://minagri.gob.pe/portal/resoluciones-ministeriales/rm-2018?start=65>

Revoredo A. et J. Hurtado (2018). Efecto del tratamiento con 3 cepas de streptomycetos en la acumulación de cadmio en plantas de *Theobroma cacao*. Proceedings of the International Symposium on Cocoa Research 2017. Organisation internationale pour le cacao, ICCO. Recuperado de: <https://www.icco.org/about-us/icco-news/388-proceedings-of-the-international-symposium-on-cocoa-research-2017.html>

Rueda, G., Rodríguez, J. y Madriñán, R. 2011. Metodologías para establecer valores de referencia de metales pesados en suelos agrícolas: Perspectivas para Colombia. Acta Agronómica, Vol. 60, Núm. 3 (2011).

Sarabia, R. 2002. Toxicidad y acumulación de Cadmio en poblaciones de diferentes especies de artemia. Facultad de Ciencias Biológicas. Tesis de Doctorado. Universidad de Valencia, Burjassot Valencia, págs. 1-125

SENESCYT 2011. Secretaria de Educación Superior, Ciencia, Tecnología e Innovación. Informe Técnico Final del Proyecto – PIC-12-INIAP-018: « Recuperación de suelos contaminados por la presencia de cadmio en las áreas más contaminadas de las provincias de Manabí, Santa Elena y El Oro ».

SMIARC *Technoguide* 2014. Cacao Production *Brochure* 1. Mai 2014. XI-Southern Mindanao Integrated Agricultural Research Center. Department of Agriculture RFU.

Smolders, E. 2017. Scientific aspects underlying the regulatory framework in the area of fertilisers – state of play and future reforms. IP/A/IMCO/2016-19 - PE 595.354. Union européenne

Tan, K.H., J.H. Edwards, et O.L. Bennett. 1985. Effect of sewage sludge on mobilization of surface-applied calcium in a Greenville soil. *Soil Sci.* 139:262-269

Tester, C.F. 1990. Organic amendment effects on physical and chemical properties of a sandy soil. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 54:827-831.

Trakal, L., M. Neuberg, P. Tlustos, J. Száková, V. Tejnecký, and O. Drábek. 2011. Dolomite limestone application as a chemical immobilization of metal-contaminated soil. *Plant, Soil and Environment* 57:173-179.

Vliet, van J.A. et Giller, K.E. 2017. Mineral Nutrition of Cocoa: A Review. *Advances in Agronomy*, Vol.141, p. 185-270. ISSN 0065-213.

APPENDICE IV**LISTE DES PARTICIPANTS DU GTE****Président****Pérou**

Ing. Javier Neptalí Aguilar Zapata
 Agrifood Safety Specialist – Agrifood Subdirectorate
 Directorate of Agricultural Inputs & Agrifood Safety
 Servicio Nacional de Sanidad Agraria – SENASA Pérou
 Ministerio de Agricultura y Riego
 La Molina Av. 1915. Lima 12 - Pérou
 Tél. : (511) 313-3300 Ext. 2163
 Courriel : jaquilar@senasa.gob.pe

Nom	Titre et Poste	Organisation	Pays	Courriel
Jorge Pastor	Assistant du Président	Senasa	Pérou	jpastor@senasa.gob.pe
Juan Carlos Huiza Trujillo	Technical Secretary	Digesa	Pérou	codex@minsa.gob.pe
Andrew Lartey	Co-président	Ghana Standards Authority	Ghana	codex@gsa.gov.gh
Israel Vaca	Co-président	Agency for Regulation and Phyto and Zoosanitary Control AGROCALIDAD	Équateur	codexalimentarius@normalizacion.gob.ec israel.vaca@agrocalidad.gob.ec
Silvana Ruarte	Instituto Nacional de Alimentos		Argentine	sruarte@anmat.gov.ar
Point de contact du Codex	Secretaría de Gobierno de Agroindustria		Argentine	codex@magyp.gob.ar
Luisa Trevisan		Food Standards Australia New Zealand	Australie	
Alejandro Mattos	Jefe nacional de inocuidad alimentaria	SENASAG	Bolivie	ale_matt13@hotmail.com
Javier Chalo Rodriguez	Encargado de gestión de calidad	EL CEIBO	Bolivie	gest.calidad@elceibo.com
Claudio Marcelo Olguín Ribera	Director General de Desarrollo Comercial y Logística Interna	MINISTERIO DE DESARROLLO PRODUCTIVO Y ECONOMIA PLURAL	Bolivie	olguinma@gmail.com
Nadia Bohemia Pozzo Arancibia	Profesional en Gestión y Evaluación de la Defensa Comercial	MINISTERIO DE DESARROLLO PRODUCTIVO Y ECONOMIA PLURAL	Bolivie	pozzoarancibia@hotmail.com
Ligia Lindner Schreiner	Risk Assessment Manager	Brazilian Health Regulatory Agency - ANVISA	Brésil	ligia.schreiner@anvisa.gov.br
Larissa Bertollo Gomes Pôrto	Health Regulation Specialist	Brazilian Health Regulatory Agency - ANVISA	Brésil	larissa.porto@anvisa.gov.br
Al-Mario Casimir	Agricultural Officer	Division of Agriculture, Botanic Gardens, Roseau, Dominique	Dominique	suburban_da@yahoo.com ; casimira@dominica.gov.dm ; codex@dominicastandards.org
Veerle VANHEUSDEN	Dirección General de Sanidad y Seguridad Alimentaria	Commission européenne	Union européenne	Veerle.VANHEUSDEN@ec.europa.eu
Heilyn Fernández Carvajal	Médico Veterinario Oficial	Ministerio de Agricultura y Ganadería, SENASA	Costa Rica	hfernandez@senasa.go.cr

Nom	Titre et Poste	Organisation	Pays	Courriel
Ana Gabriela Escobar Yáñez	Responsible for Pollutant Monitoring and Control Unit	Agency for Regulation and Control Phytosanitary and Zoosanitary - AGROCALIDAD	Équateur	ana.escobar@agrocalidad.gob.ec
Ayamba A. Abdul-Malik	Senior Scientific Officer	Ghana Standards Authority	Ghana	aayamba@gsa.gov.gh ; a.yamalik@yahoo.com
Dr Paul A. Agyemang	Research Manager	Quality Control - Ghana Cocoa Board	Ghana	pagyengo467@yahoo.com ; paul.agyemang@qccgh.org
Mauizzati Purba	Director of Processed Food Standardization	National Agency of Drug and Food Control	Indonésie	codexbpom@yahoo.com
Dr Linnette Peters	Director Veterinary Public Health and Chair CCCF sub-committee Jamaica	Veterinary Public Health Ministry of Health	Jamaïque	petersl@moh.gov.jm
ZHANAR TOLYSBAYEVA	Observateur	The Ministry of Health Care	Kazakhstan	
	Point de contact du Codex	Quarantine Policy Division, Ministry of Agriculture Food and Rural Affairs (MAFRA)	République de Corée	codex1@korea.kr
Kim Hyunjung	SPS researcher, Quarantine Policy Division	Ministry of Agriculture Food and Rural Affairs (MAFRA), République de Corée	République de Corée	acceptable@korea.kr
Eom Miok	Senior Scientific Officer, Residues and Contaminants Standard Division	Ministry of Food and Drug Safety (MFDS), République de Corée	République de Corée	miokeom@korea.kr
Lee Yeonkyu	Codex Researcher, Food Standard Division	Ministry of Food and Drug Safety (MFDS), République de Corée	République de Corée	codexkorea@korea.kr
Raizawanis Abdul Rahman	Principal Assistant Director	Food Safety and Quality Division Ministry of Health Malaysia	Malaisie	raizawanis@moh.gov.my
Mme Rabia'atuladabiah Hashim	Senior Assistant Director	Food Safety and Quality Division Ministry of Health Malaysia	Malaisie	adabiah@moh.gov.my
Tania Daniela Fosado Soriano	Point de contact du Codex	Secretaría de Economía	Mexique	tania.fosado@economia.gob.mx
Carlos Eduardo Garnica Vergara	Enlace de Alto Nivel de Responsabilidad	Gerencia de Asuntos Internacionales en Inocuidad Alimentaria. Comisión Federal para la Protección Contra Riesgos Sanitarios (COFEPRIS)	Mexique	cegarnica@cofepris.gob.mx
María Guadalupe Arismendi	Point de contact du Codex	COFEPRIS MX	Mexique	codexmex@economia.gob.mx
Juana Castellón	Evaluadora del Registro Sanitario- MINSA	MIFIC Ministerio de Fomento Industria y Comercio	Nicaragua	alimentofortificado@minsa.gob.ni
Miriam Canda	Especialista en Normalización Internacional-MIFIC	MIFIC Ministerio de Fomento Industria y Comercio	Nicaragua	codex@mific.gob.ni
Ing. Agr. Mónica Gavilán Giménez	Dra. en Ingeniería de Alimentos - Especialista en Nutrición en Salud Pública y Seguridad Alimentaria – Especialista en Pos-cosecha – Auditora BPA	Facultad de Ciencias Agronómica de la Universidad Nacional de Asunción	Paraguay	monica.gavilan@agr.una.py /gte.sctcontaminates.paraguay@gmail.com

Nom	Titre et Poste	Organisation	Pays	Courriel
Mirta Carrillo	Química Analítica/ Jefe de Departamento Control de Anabólicos	SENACSA	Paraguay	mirthacarrillo1966@gmail.com
Lucia Klauser	Scientific Officer	Federal Food Safety and Veterinary Office FSVO	Suisse	lucia.klauser@blv.admin.ch
Betul VAZGECER	Point de contact	Ministerio de Agricultura y Bosques Dirección General de Alimentos y Control Departamento de Establecimientos de Alimentos y Codex.	Turquie	betul.vazgecer@tarim.gov.tr
LAUREN P. ROBIN	US FDA	US FDA	États-Unis d'Amérique	
Eileen Abt		U.S. Food and Drug Administration Center for Food Safety and Applied Nutrition	États-Unis d'Amérique	eileen.abt@fda.hhs.gov
Henry Kim		U.S. Food and Drug Administration Center for Food Safety and Applied Nutrition	États-Unis d'Amérique	henry.kim@fda.hhs.gov

Nom	Titre et Poste	Organisation / Observateur	Courriel
Dr Julia Manetsberger	Manager – Food Safety & Quality	European Cocoa Association	julia.Manetsberger@eurococoa.com
Catherine Entzminger	Secretario general	European Cocoa Association	catherine.entzminger@eurococoa.com
Eoin Keane	Manager Food Policy, Science and R&D	FoodDrinkEurope	e.keane@fooddrinkeurope.eu
Nichole Mitchell	Analyst, Ingredient Safety	Grocery Manufacturers Association (ICGMA)	nmitchell@gmaonline.org
ALICE COSTA	Scientific & Regulatory Affairs Senior Manager	ICA – International Confectionery Association	alice.costa@caobisco.eu
Dr James R. Coughlin ;	President & Founder, Coughlin & Associates/IFT Codex Subject Expert to the Codex Committee on Contaminants in Foods	Institute of Food Technologists (IFT)	jrcoughlin@cox.net
Laura MOUT	ISO/TC 34/SC 18 secretary	ISO	laura.mout@nen.nl