

UTILISATION DES PESTICIDES DANS LA FILIÈRE DU CACAO

Manuel Pratique – Quatrième Edition, 2023

Roy Bateman (Dr) • Jayne Crozier (Dr)





Utilisation des pesticides dans la filière du cacao

GUIDE PRATIQUE DESTINÉ AU PERSONNEL DES SERVICES TECHNIQUES, DE FORMATION

1^e édition : août 2008

2^e édition : achevée en mars 2010

3^e édition : achevée en août 2015

4^e édition : achevée en février 2023

© RPB et JC 2008-2023

Publié en ligne par :

Organisation internationale du cacao (ICCO)

ICCO Building
II - Plateaux ENA
Avenue Boga Doudou
Côte d'Ivoire

www.icco.org/SPS

Les auteurs tiennent à remercier le Fonds commun de recherche sur le cacao (JRCF) et l'ICCO pour leur soutien à la quatrième édition du manuel.





Au début de ce siècle, l'Union européenne (UE) et le Japon ont adopté et appliqué des modifications de leur législation sur les normes sanitaires et phytosanitaires (SPS) en réponse aux préoccupations du public en matière de sûreté alimentaire. À compter du 1^{er} septembre 2008, l'UE a étendu les normes imposées aux produits agricoles intérieurs aux importations de produits de base agricoles tels que le cacao. La première édition de ce *Guide* visait à expliquer aux producteurs comment les pesticides employés dans les exploitations ou les entrepôts pouvaient être détectés dans les évaluations de qualité du cacao importé dans l'UE et ailleurs. Cela a assurément « focalisé les esprits » sur la production agricole en général et sur les pratiques de lutte antiparasitaire en particulier. D'autres aspects ont été portés à l'attention du public, notamment le travail des enfants dans les exploitations et la déforestation, à laquelle le cacao est de plus en plus associé depuis quelques années.

Il semble trop facile de faire des « pesticides » un indicateur d'autres problèmes environnementaux et sociaux, alors que les tronçonneuses et la pauvreté sont également coupables. Par exemple, il est facile pour nous d'implorer nos lecteurs d'interdire le recours au travail des enfants pour l'application des pesticides : cela peut sembler évidente pour les décideurs politiques et leurs électeurs dans les pays consommateurs, mais ça l'est moins pour les communautés appauvries qui cultivent actuellement du cacao. De même, les chocolats biologiques sont devenus populaires, mais lorsque la production de cacao est « biologique par défaut », sans intrants coûteux et avec une productivité très faible (disons <500 kg/ha), la culture peut devenir un moteur de la déforestation. Au moment de la rédaction de cette 4^e édition, les questions environnementales semblent être de plus en plus d'actualité, et cette tendance se poursuivra au cours des prochaines années. Ce guide n'a pas pour objet d'examiner en détail le changement climatique, mais de suggérer que les bonnes pratiques agricoles (BPA), l'utilisation efficace des terres et la reforestation peuvent être des éléments importants pour atténuer les menaces.

Les problèmes liés aux insectes nuisibles et aux maladies restent des contraintes majeures pour la production de cacao. Cependant, les réglementations sur les pesticides (y compris les processus de révision lancés par les directives européennes 91/414/CEE et 396/2005/CE et prolongés par les directives ultérieures) ont produit de réels avantages « sur le terrain ». Loin de provoquer la « catastrophe potentielle pour les exploitants » annoncée par certains, le retrait effectif du marché de certains des pesticides les plus dangereux a été bénéfique pour les cacaoculteurs et d'autres communautés rurales. Les exemples de produits qui ont été signalés comme étant une cause sérieuse de maladie comprennent les cyclodiènes (haute toxicité, haute persistance), les fongicides au mercure et bon nombre des insecticides organophosphorés et carbamates les plus dangereux, qui étaient encore utilisés au début de ce siècle.

Néanmoins, le cacaoyer, comme d'autres cultures tropicales, continue d'être attaqué par des insectes, des maladies et d'autres organismes nuisibles qui doivent être maîtrisés efficacement et en toute sécurité. L'utilisation de pesticides et les résidus qu'ils peuvent produire dans les cultures sont des éléments qui peuvent être contrôlés et atténués par le biais des SPS, des limites maximales de résidus (LMR) et de la mise en œuvre des BPA. Les excès de résidus signalés restent un problème, mais les gestionnaires de la chaîne d'approvisionnement doivent être conscients des craintes et des contraintes des cacaoculteurs. Par exemple, le risque de pourriture noire (*Phytophthora megakarya*) dans la plupart des zones humides d'Afrique centrale et occidentale peut expliquer les traitements appliqués peu de temps avant la récolte et les résidus élevés dans les fèves de cacao. Du point de vue de l'exploitant, les pertes de récolte potentielles de plus de 80 % font paraître ces décisions rationnelles, bien que coûteuses. Une situation « perdant-perdant » se produit lorsque les pulvérisations de pesticides sont sélectionnées, appliquées ou programmées de manière inappropriée, c'est pourquoi nous nous penchons sur les techniques d'application aussi bien que sur les produits eux-mêmes.

Récemment, les défenseurs de l'environnement ont semblé se focaliser sur des questions telles que les insecticides qui nuisent aux pollinisateurs et les herbicides (en soulignant parfois les inquiétudes du public au lieu des dommages réels) : mais que faut-il recommander, d'après les preuves disponibles ? Notre approche générale est la lutte antiparasitaire intégrée (LAI), mais comment mettre en œuvre et certifier au mieux les BPA ? L'objectif de ce manuel est d'expliquer les concepts et de fournir des conseils pratiques :

1. Dans les deux premiers chapitres, nous examinons le contexte général de ce produit et des sociétés qui le cultivent, afin de mieux définir les termes « durabilité » et LAI. L'objectif est de déterminer ce que le « pacte vert » et d'autres initiatives similaires pourraient signifier dans la pratique.
2. Les éléments clés de l'élaboration des politiques et des mécanismes de certification sont résumés dans le **chapitre 3**. Les **chapitres 4 - 6** s'adressent plus particulièrement aux formateurs et aux praticiens qui recherchent des informations de fond complémentaires sur la science des pesticides – y compris les aspects techniques – appliquée en particulier à la cacaoculture.
3. Pour finir, nous proposons une « feuille de route » pour l'adoption de bonnes pratiques en matière de lutte contre les ravageurs, de stockage et de distribution du cacao ordinaire. Un résumé des BPA dans les zones de production est fourni dans le **chapitre 7**, tandis que les questions relatives au séchage et au stockage sont examinées dans le **chapitre 8**. Des recommandations finales sur l'emploi de pesticides sont formulées dans le **chapitre 9** et la définition de divers termes et les listes des principaux pesticides figurent dans les **annexes**.

Comme dans les éditions précédentes, notre approche est axée sur les éléments suivants : (a) vue d'ensemble des aspects techniques, avec une description des « problèmes et solutions » ; (b) accent sur les aspects pratiques ; (c) mention spécifique des composés qui sont ou qui peuvent être utilisés dans la cacaoculture, sans nommer ou recommander de produits commerciaux déterminés ; (d) analyse axée sur les besoins des petits exploitants et (e) liens à des ressources d'Internet et à d'autres références, notamment des listes du statut des principaux ingrédients actifs (annexe 4), qui doivent être régulièrement mises à jour. Ce dernier point est important et les lecteurs sont invités à consulter le site web de l'ICCO : www.icco.org/SPS/.

Bien que ce manuel reste un document « dynamique », nous avons l'intention d'accroître son impact en le traduisant dans les autres langues des pays producteurs de cacao. Nous rappelons qu'il est publié uniquement à titre d'orientation, qu'il est rédigé dans l'esprit de *creative commons* et qu'il n'est pas juridiquement contraignant.

REMERCIEMENTS

Nous sommes très reconnaissants pour tous les conseils et suggestions utiles reçus à ce jour de la part des nombreux collègues qui ont fourni de nombreux commentaires précieux, des idées et des critiques constructives aux éditions précédentes du manuel. Pour cette 4^e édition, nous remercions en particulier Yunusa Abubakar, Michelle End, Catherine Entzminger, Martin Gilmour, Marc Joncheere et plusieurs autres réviseurs anonymes. Nous souhaitons également exprimer notre gratitude au secrétariat et aux membres du groupe de travail conjoint ECA-CAOBISCO sur les pesticides et les contaminants. Nous tenons également à remercier Daniel Kadow (président du Fonds commun de recherche sur le cacao), Katrin Sinderhauf-Gacioch, Pierre Broun et Michiel Kokken ; nous sommes également très reconnaissants à Michel Arrion et à toute l'équipe de l'ICCO pour leur soutien.

Plusieurs graphiques de ce manuel sont reproduits avec l'aimable autorisation de *CropLife International*, association industrielle qui publie des informations sur les EPP, l'utilisation sûre des pesticides, le stockage, etc. dans le domaine public (<http://www.croplife.org>). Nous remercions également Jean-Ponce Assi, Jerry Cooper, Hans Dobson, FERA UK, Marc Joncheere et Graham Matthews pour les autres illustrations.

Nos parraineurs ont fourni des fonds pour ce travail afin d'encourager le développement international et la durabilité du cacao. Les opinions et recommandations exprimées ici visent à susciter un échange libre d'informations et d'idées. Bien que toutes les précautions aient été prises pour garantir l'exactitude du contenu, nous ne pouvons assumer aucune responsabilité légale pour toute erreur ou omission dans ce manuel. De telles erreurs relèvent de la seule responsabilité des auteurs, qui restent ouverts à tous commentaires et suggestions pour les révisions futures.

Révision RB & JC : février 2023





Table des matières

1	Introduction	8
1.1	La culture du cacao et ses origines	8
1.2	La production de cacao dans le monde	9
1.3	La nécessité de comprendre et de traiter les problèmes liés aux ravageurs du cacao et à leur gestion	10
1.4	Acteurs	12
2	Les risques pour la production durable de cacao	13
2.1	Vue d'ensemble	13
2.1.1	<i>Changement climatique</i>	13
2.1.2	<i>Déforestation</i>	13
2.1.3	<i>Travail des enfants</i>	14
2.1.4	<i>Production, protection des cultures et normes SPS</i>	16
2.2	Risques et dangers	16
2.2.1	<i>Risques de la lutte chimique contre les ravageurs</i>	16
2.2.2	<i>Autres risques sanitaires et phytosanitaires</i>	17
2.3	Analyse des risques et maîtrise des points critiques (HACCP)	18
3	Les pesticides, les normes SPS et leur mise en œuvre	20
3.1	Réglementation internationale sur les pesticides	20
3.1.1	<i>Réglementations nationales</i>	20
3.1.2	<i>Consentement préalable en connaissance de cause : pesticides</i>	20
3.1.3	<i>Le Codex Alimentarius</i>	22
3.2	Commerce mondial et réglementations SPS pour le cacao	24
3.2.1	<i>Réglementations de l'UE concernant les pesticides et les produits de base</i>	24
3.2.2	<i>Réglementations aux États-Unis</i>	26
3.2.3	<i>Réglementations au Japon</i>	26
3.2.4	<i>Proposition de réglementation en RP de Chine</i>	26
3.3	BPA, LAI et URP/UR dans la pratique	27
3.3.1	<i>Directive 2209/128/CE sur l'utilisation durable des pesticides</i>	27
3.3.2	<i>Et du point de vue de l'exploitant ?</i>	28
3.3.3	<i>L'utilisation responsable/rationnelle des pesticides dans le cadre des bonnes pratiques agricoles</i>	28
3.4	Certification	30
3.4.1	<i>Critères des certificateurs</i>	31
3.4.2	<i>Le cacao biologique</i>	32
3.4.3	<i>Objetif prioritaire : une « intensification durable »</i>	33
4	Les pesticides et leurs propriétés	34
4.1	Qu'est-ce qu'un pesticide ?	34
4.2	Noms et composition des pesticides	34
4.2.1	<i>Ingrédients actifs (IA), composition, formulation</i>	35
4.3	Activité biologique des pesticides	36
4.4	Propriétés des pesticides et modes de transfert de dose	38
4.4.1	<i>Propriétés physico-chimiques (et sources d'information)</i>	39
4.5	Groupes de mode d'action (MdA)	40
4.5.1	<i>Insecticides</i>	41
4.5.2	<i>Fongicides</i>	45
4.5.3	<i>Herbicides et inhibiteurs de germination</i>	47
4.5.4	<i>Pesticides contre les ravageurs vertébrés</i>	48

4.6	Problèmes techniques rencontrés avec les pesticides (les « trois R »)	50
4.7	Efficacité (y compris les mélanges d'IA)	50
4.8	Pesticides et pollinisateurs	52
4.9	Les méthodes de lutte biologique (et la production biologique)	53

5 Gestion des dangers et des résidus 55

5.1	Classification des dangers des pesticides	55
5.1.1	<i>Risques aigus et sécurité de l'opérateur</i>	55
5.1.2	<i>Autres mesures de la toxicité et leurs implications</i>	57
5.2	À quoi correspondent les LMR ?	57
5.2.1	<i>LMR par défaut</i>	58
5.3	Innocuité : dose journalière admissible (DJA), DrfA, NSEO/NMEO, etc.	59
5.4	Dégradation des pesticides	59
5.4.1	<i>Implications pour l'application et impact sur l'environnement</i>	60
5.5	Aspects environnementaux	61
5.6	Élimination des anciens stocks	62
5.7	Les LMR fixées pour la production cacaoyère : quelles seront les évaluations effectuées en pratique ?	63
5.8	Que peut-on faire pour atténuer les problèmes posés par les résidus ?	63

6 Méthodes d'application sur le cacao 65

6.1	Taux d'application (théoriques et recommandés)	65
6.1.1	<i>Protection du consommateur, sécurité de l'opérateur et BPA</i>	67
6.2	Équipement de pulvérisation contre les parasites sur le terrain	67
6.3	Pulvérisateurs hydrauliques (manuels) et buses	68
6.3.1	<i>Buses à pression liquide</i>	70
6.3.2	<i>La nécessité de normes sur les buses dans les zones cacaoyères</i>	71
6.3.3	<i>Une procédure d'étalonnage simple</i>	72
6.3.4	<i>Entretien et réparation</i>	73
6.4	Pulvérisateurs pneumatiques motorisés	73
6.4.1	<i>Construction</i>	74
6.4.2	<i>Entretien et réparation</i>	74
6.4.3	<i>Fonctionnement et étalonnage</i>	74
6.5	Équipement de protection personnelle (EPP)	75
6.5.1	<i>Protection du visage et prévention de l'inhalation de gouttelettes</i>	77
6.6	Pulvérisation de masse et prestataires de services	77

7 Les bonnes pratiques agricoles en cacaoculture 78

7.1	Architecture de la culture	78
7.2	Identification des parasites sur le terrain, dégâts et LAI	79
7.2.1	<i>La pratique et l'avenir de la LAI dans la cacaoculture</i>	80
7.2.2	<i>Maladies</i>	81
7.2.3	<i>Insectes</i>	85
7.3	Sélection du pesticide	88
7.4	Application et évaluation ultérieure	89
7.4.1	<i>Prise en compte des aspects analysés au chapitre 5, notamment pour l'élimination des anciens stocks</i>	89
7.4.2	<i>Examen des méthodes d'application, des EPP, de l'étalonnage et de la pulvérisation</i>	90
7.5	Récipients des pesticides et hygiène	92



8	Les bonnes pratiques d'entreposage	93
8.1	Normes de qualité du cacao	93
8.2	Parasites importants des stocks	93
8.3	Le rôle de plus en plus important de la lutte non chimique	94
8.4	Application de traitements contre les insectes parasites des stocks	94
8.5	Sélection du pesticide	95
8.6	Inspection, échantillonnage, documentation et traçabilité	96
9	Conclusions	98
9.1	Conclusions générales	98
9.2	« Pesticides stratégiques » pour la cacaoculture : critères	99
9.3	Le principe de précaution	100
9.4	La nécessité d'assurer une meilleure application des pesticides	100
9.5	Une meilleure communication	100
9.6	Une action nationale et régionale	100
9.7	Rôles et responsabilités	101
	ANNEXE 1 : Abréviations techniques	104
	ANNEXE 2 : Responsabilités organisationnelles pour la qualité du cacao par pays	106
	ANNEXE 3 : Liste indicative d'IA de produits homologués dans certains grands pays producteurs de cacao	112
	ANNEXE 4 : listes de pesticides	118
	ANNEXE 5 : Site Internet d'organisations fournissant un complément d'information	124
	Bibliographie	126







1.1 La culture du cacao et ses origines

Probablement originaire de haute Amazonie, le cacaoyer (*Theobroma cacao*) a également été beaucoup cultivé en Amérique centrale, comme le montrent les preuves archéologiques d'activités de transformation de fèves de cacao datant de plus de 1 000 ans av. J.-C. dans la région de Chiapas et le golfe de Veracruz, au Mexique. Comme on le sait, le cacao a été introduit à la cour d'Espagne par les conquistadors dans les années 1540 et s'est rapidement fait connaître dans toute l'Europe lors des décennies suivantes. Au XIX^e siècle, cette culture a été adoptée dans de nombreuses régions tropicales d'autres continents. En particulier, Tetteh Quashie a introduit le cacao sur le continent africain à partir de l'île de Fernando Po (aujourd'hui appelée Bioko) en 1876. Le commerce international à grande échelle et la popularité des produits chocolatés n'ont cessé d'augmenter au cours du XX^e siècle.

La plante de cacao elle-même appartient au genre *Theobroma* – dont il existe environ 20 espèces, toutes du sud-est du Mexique à l'Amérique du Sud tropicale ; elle est désormais placée dans la sous-famille des Byttnerioidea (elle était auparavant classée dans les « Sterculiaceae »). Ces taxons et d'autres ont été relégués dans des sous-familles de la famille des Malvaceae (coton/mauve), dont il existe près de 250 genres répartis dans le monde entier, avec une diversité particulièrement élevée dans les zones tropicales. Les phytogénéticiens modernes reconnaissent une dizaine de clades principaux de cacao¹, mais trois grands types de cacao sont habituellement reconnus dans le commerce et demeurent familiers à la plupart des praticiens² :



Le **Forastero** est le cacao « ordinaire », qui représente probablement plus de 80 % de la production mondiale et la majeure partie de la production africaine, avec un rendement et une résistance aux maladies relativement élevés. Il comprend le cacao issu de matériel végétal développé à partir des types amazoniens et de leurs hybrides.



Le **Criollo** ou cacao « autochtone », qui était le type de cacao domestiqué en Mésoamérique, est cultivé en petites quantités, représentant 10 % de la production mondiale. Il comprend des variétés rares et recherchées, qui produisent les chocolats les plus fins.



Photos : Martin Gilmour

Le terme **Trinitario** s'appliquait initialement aux hybrides des types Criollo et Amazonien présents à Trinité, mais il décrit actuellement plusieurs types hybrides réputés pour leurs arômes floraux/fruités.

Ces termes nécessitent une révision en raison des débats de longue date sur le profil génétique des matériels végétaux, avec des arguments sur la provenance et les stratégies d'optimisation de la production. Par exemple, le « Nacional » d'Équateur est une variété de cacao fin bien connue mais probablement un arbre de type Amazonien (Forastero). La question de savoir si ce « trésor national » devrait être cultivé au lieu du CCN-51, qui est plus productif, tolère mieux l'ensoleillement direct et a probablement une plus haute résistance aux maladies.



Fig. 1.1. Plantation de cacao CCN51 en Équateur (à gauche) et cabosse de cacao « Nacional » (à droite)

I.2 La production de cacao dans le monde

La nature de la production cacaoyère a considérablement évolué depuis un siècle, avec des changements substantiels non seulement dans la façon de cultiver le cacao, mais aussi dans la localisation géographique de la production. Des informations sur l'emplacement et les volumes de production sont disponibles auprès d'une série de sources, telles que l'Organisation internationale du cacao (ICCO)* et l'Organisation des Nations Unies pour l'agriculture et l'alimentation (FAO).

Tendances de la production de fèves de cacao

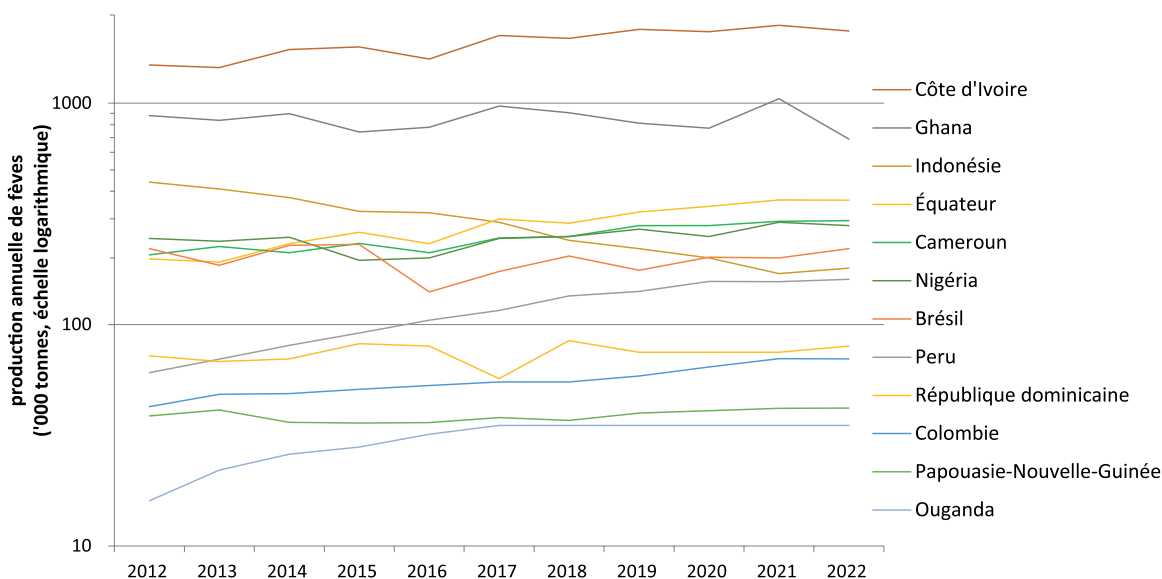
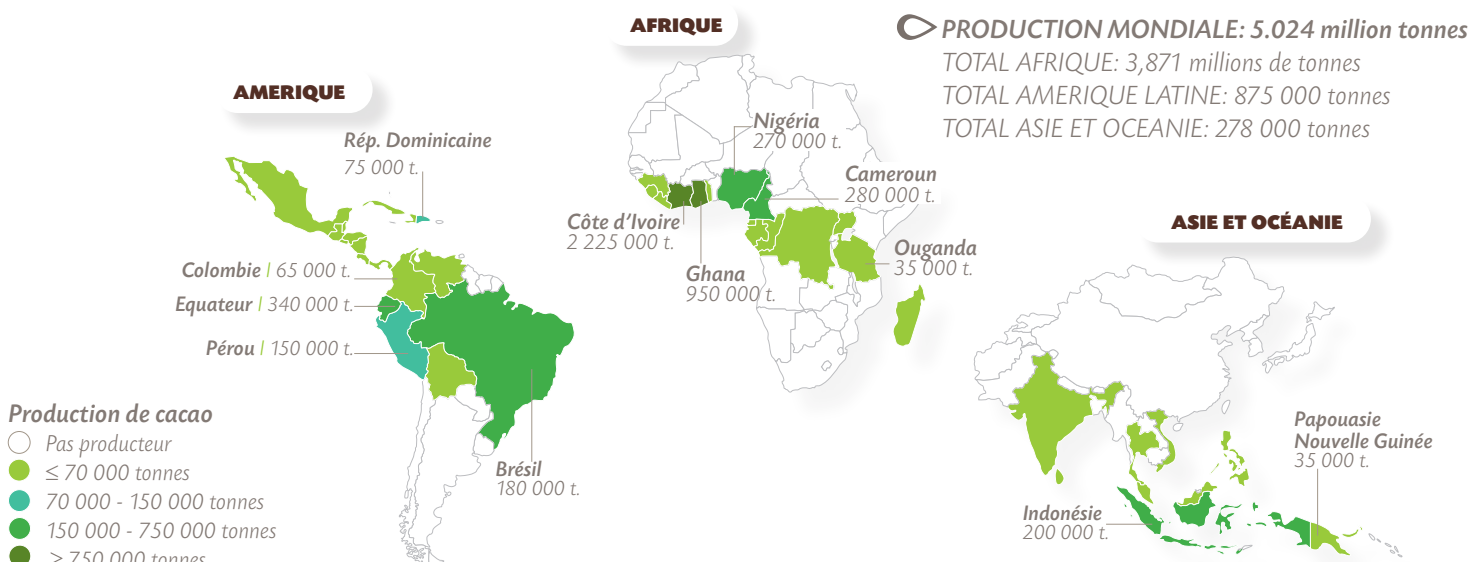


Fig. 1.2. Production de fèves de cacao des principaux pays producteurs (classés par moyenne) de 2011 à 2020. Source : ICCO.

Le graphique ci-dessus (fig.1.2) illustre les tendances de la production de fèves de cacao dans les 12 principaux pays producteurs lors de la dernière décennie. Ces pays représentent environ 95 % de la production mondiale totale. Sur des périodes plus longues, des changements radicaux se sont produits. Originaires des Amériques, la cacaoculture s'est progressivement étendue sur ce continent (y compris les Caraïbes), qui représentait encore approximativement 80 % de la production mondiale en 1900. En 1980, cette part avait chuté à environ 36 %, puis à 12 % en 2000. Cela était dû à de nombreux facteurs, en particulier la pression des maladies sur cette culture. En contraste, la production africaine a augmenté, passant de 16 % en 1900 à un peu plus de 70 % de la production mondiale, et se maintient aujourd'hui à ce niveau. La production de la région Asie-Pacifique, actuellement dominée par l'Indonésie, est passée d'environ 5 % à 19 % au cours du XX^e siècle, mais ne dépasse pas aujourd'hui 15 %, en partie à cause des insectes ravageurs. Les prévisions actuelles pour la campagne 2020/21 situent la production mondiale à un peu plus de 5 millions de tonnes, l'Afrique représentant 77 % de la production, les Amériques 17 % et l'Asie et l'Océanie 6 % (fig. 1.3).

12 PAYS REPRÉSENTENT 96% DE LA PRODUCTION MONDIALE DE CACAO



► Fig. 1.3. Production mondiale de cacao pour la campagne 2020/21 par pays et région (ICCO)³

* www.icco.org/about-cocoa/growing-cocoa/

Trois pays d'Amérique, l'Équateur, le Pérou et la Colombie, ont affiché des hausses de production depuis 10 ans, tout comme la Côte d'Ivoire, le premier producteur mondial. Les statistiques des pays ayant produit récemment plus de 100 000 tonnes de fèves de cacao par an sont indiquées dans le tableau 1.1.

Tableau 1.1 Estimations de la production de fèves, de la superficie cultivée et de l'évolution dans les principaux pays producteurs. Les statistiques tendent à fluctuer et le pourcentage d'augmentation/diminution a été calculé à partir des deux premières années et des deux dernières années de la décennie.

	Production	Superficie de production (ha)		Rendement moyen kg/ha		Évolution en % sur 10 ans	
	2019/2020 (1 000t)	FAO 2020	Est. ICCO 2019/2020	FAO (2020)	ICCO	rendement	superficie
Côte d'Ivoire	2130	4 075 644	4 250 951	523	454	-25%	69%
Ghana	806	1 678 504	1 628 493	480	511	-14%	-1%
Indonesie	210	1 656 144	1 642 270	127	131	-50%	-8%
Ecuador	325	476 213	488 518	683	633	35%	29%
Cameroon	280	632 372	642 465	443	440	35%	-3%
Nigeria	260	1 191 877	1 232 443	218	198	2%	2%
Brazil	188	634 557	621 389	297	325	4%	-12%
Peru	146	136 811	135 203	1 068	1 019	43%	64%

Les écarts peuvent s'expliquer par de nombreux facteurs, comprenant bien sûr les politiques et les décisions des exploitants, s'ajoutant à l'impact de la fertilité, aux ravageurs et à d'autres facteurs agronomiques. La plupart des cacaoculteurs sont des petits exploitants qui réduisent généralement au minimum leurs intrants pour la lutte phytosanitaire et qui ne sont pas nécessairement disposés ou en mesure d'investir leur temps ou leurs ressources dans cette lutte lorsque les prix du cacao sont faibles. Les pertes de cacao dues aux maladies à l'échelle mondiale sont souvent estimées à 30-40 % par ans, comme l'indiquent les rapports. Cette estimation ne comprend pas les pertes dues aux insectes ravageurs. Si ces estimations sont à peu près exactes, cela signifie que les pertes de rendements dues aux ravageurs et aux maladies ont une répercussion considérable sur les revenus des exploitants. En Asie, on sait que cela les a conduits à prendre des décisions économiques difficiles, délaissant la production de cacao pour des cultures plus rentables comme les arbres fruitiers. En Indonésie (et en Malaisie à la fin du siècle dernier), les coûts de main d'œuvre et de protection des cultures ont été des facteurs décisifs, en particulier pour la lutte contre un « nouvel arrivant » parmi les ravageurs : le foreur de cabosse. En Amérique centrale et du Sud, la propagation des maladies dues à *Moniliophthora* qui ont « coévolué » – le balai de sorcière et la moniliose des cabosses – a provoqué de lourdes chutes de la production, la dernière d'entre elles étant susceptible de réduire les rendements de plus de 80 %. Les maladies provoquées par *Phytophthora megakarya* (pourriture noire) et l'œdème des pousses du cacaoyer (CSSV) ont causé des problèmes majeurs en Afrique de l'Ouest, la gestion de cette dernière ayant donné lieu à des campagnes d'abattage massif pour tenter d'enrayer la propagation du virus en Côte d'Ivoire et au Ghana.

1.3 La nécessité de comprendre et de traiter les problèmes liés aux ravageurs du cacao et à leur gestion

Dans de nombreuses zones cacaoyères, la production est entravée par les maladies de la pourriture noire (*Phytophthora* spp.), et les exploitants procèdent à des pulvérisations régulières de composés de cuivre et d'autres fongicides qui se sont révélés efficaces⁴. En revanche, deux maladies fongiques, appartenant au genre *Moniliophthora*, constituent une sérieuse menace pour la cacaoculture en Amérique latine, où on pense qu'elles ont coévolué avec le cacao et d'autres plantes de la tribu Theobromateae, ce qui les rend beaucoup plus difficile à maîtriser.

Les travaux de l'Angiosperm Phylogeny Group (APG4) peuvent sembler assez académiques mais ils peuvent également être pertinents sur le plan pratique, notamment pour les méthodes de lutte culturale. Celles-ci continuent de constituer la base des stratégies de lutte antiparasitaire intégrée (LAI) pour la plupart des cultures, en particulier pour le complexe de ravageurs associé au cacaoyer, *Theobroma cacao*. Les pratiques culturales sont analysées plus en détail dans d'autres sources (recommandations nationales et guides généraux^{***}), mais la minimisation de l'utilisation de pesticides doit être inévitablement liée à la culture de plantes saines, une attention particulière devant être accordée aux hôtes facultatifs potentiels et aux autres mesures phytosanitaires (chapitre 7). Lorsque le cacao a été introduit en Afrique et en Asie, un certain nombre de « nouveaux » insectes et maladies, tels que les mirides, sont rapidement devenus prévalents à mesure que cette culture s'est étendue dans les pays. Les principaux problèmes liés aux ravageurs sont résumés dans le tableau 1.2, la pourriture noire *Phytophthora* étant particulièrement importante et étant probablement

* www.icco.org/pests-diseases/#toggle-id-38 - * https://www.worldcocoafoundation.org/wp-content/uploads/files_mf/vos2003.pdf

* www.dl-manual.com/doc/trainers-manual-for-sustainable-cocoa-ghana-nv5rddq630z1

à l'origine de la majeure partie de l'utilisation de pesticides dans la cacaoculture. La présence de *P. megakarya* n'a été observée qu'en Afrique centrale et de l'Ouest et a été isolée de nombreuses espèces de plante différentes mais ne semble pas entraîner de symptômes significatifs, et l'hôte forestier initial reste encore à identifier à ce jour⁵. On pense que la maladie de l'œdème des pousses du cacaoyer (CSSVD) provient d'*Adansonia*, *Ceiba*, *Cola* et *Sterculia* – appartenant toutes aux Malvaceae ; la reclassification montre que des « hôtes facultatifs potentiels » peuvent se situer au niveau de la famille ou à un niveau antérieur. Les fondements scientifiques de ces problèmes clés font l'objet de révisions continues à partir de plusieurs voies de recherche. De même, il n'y a probablement pas de coïncidence dans le fait que les principaux « capsides » ravageurs du cacao (Miridae), prévalents dans différentes régions, viennent tous de genres très proches (de la tribu Dicyphini) et généralement oligophages pour les malvacées.

Il y a maintenant plus de 60 ans que les pesticides sont utilisés dans la production cacaoyère, depuis les premières recherches significatives effectuées indépendamment à l'ancien Institut de recherche sur le cacao de l'Afrique occidentale (maintenant constitué des instituts de recherche du Ghana et du Nigeria), au Brésil, en Équateur, au Cameroun, au Costa Rica, en Côte d'Ivoire, en Indonésie et en Malaisie.

Dès le début des années 70, plusieurs techniques de contrôle efficaces se sont révélées « établies » et peu de raisons ont incité à un changement jusqu'à ce que la sensibilisation à l'impact sur l'environnement augmente dans les années 1990. Parmi ces préoccupations, la plus notable à cette époque concernait l'utilisation du lindane dans la lutte contre les parasites du cacao ; cette substance a finalement été graduellement supprimée – mais pas avant le début du XXI^e siècle dans certains pays. De nombreux exploitants pensent que les pesticides fonctionnent, tout au moins contre certains ravageurs du cacao, et ils continuent de les utiliser – les pratiques variant selon le ravageur et le pays (tableau 1.2).

Tableau 1.2 Liste des ravageurs du cacao contre lesquels des pesticides sont éventuellement utilisés actuellement (sources sectorielles et observations de l'auteur).

Ravageur du cacao		Région	Usage*
Pourriture noire des cabosses	<i>Phytophthora spp.</i>	Répandu	1-2
- notamment :	<i>P. megakarya</i>	Afrique c. et o.	1
Maladie du balai de sorcière	<i>Moniliophthora (Crinipellis) pernicioso</i>	Amérique latine	2-3
Moniliose des cabosses	<i>Moniliophthora roreri</i>	Amérique latine	2-3
Capsides (Miridae)	<i>Sahlbergella singularis</i>	Afrique c. et o.	1
	<i>Distantiella theobromae</i>	Afrique c. et o.	1
	<i>Helopeltis and related spp.</i>	Afrique c. et o.	1-2
	<i>Monalonion spp.</i>	Amérique latine	2-3
Virus de l'œdème des pousses du cacaoyer (CSSV, pour « cocoa swollen shoot virus »)	Vecteurs : cochenilles telles que <i>Planococcoides njalensis</i>	Afrique o.	3
Vertébrés (nombreuses sp. variant selon la région)	Écureuils, rats, plus grands mammifères, pics, etc.	Dégâts répandus	1-2
Foreur des cabosses	<i>Conopomorpha cramerella</i>	Asie du SE	1
Trachéomyose (VSD, pour « Vascular streak die-back »)	<i>Ceratobasidium (=Oncobasidium) theobromae</i> ⁶	Asie du SE	2
Autres maladies, y compris :	Plusieurs sp. dont :		
- maladies des racines	<i>Ceratocystis</i> & <i>Roselinia spp</i>	Variable selon l'espèce	3
- maladies des cabosses secondaires	<i>Lasiodiplodia (=Botryodiplodia) theobromae</i>		
Insectes ravageurs du cacaoyer, y compris termites, foreurs de tiges, etc.	Plusieurs sp. dont :	Localement sérieux dans de nombreuses régions cacaoyères.	2-3
	<i>Zeuzera sp.</i> (Asie du SE)	Afrique o.	1-2
	<i>Eulophonotus sp.</i> (Afrique)	Amérique latine	2
	<i>Bathycoelia thalassina</i> <i>Carmenta theobromae</i>		
Parasites du jeune cacaoyer	Nombreuses sp. - souvent polyphages	Répandu	2
Adventices (notamment chez le jeune cacaoyer)	Nombreuses spp (y compris le gui sur les arbres matures)	Répandu	2
Insectes parasites des stocks :	Nombreuses sp. dont :		
- coléoptères	<i>Cryptolestes ferrugineus</i> , etc.	Répandu	1
- mites du cacao	<i>Ephestia spp.</i>		

* Légende : 1 : Usage commun (mais pas nécessairement répandu) de pesticides – dépend souvent de la situation économique de l'exploitant.
 2 : Usage localisé de pesticides (éventuellement régulier si le cacao est cultivé à une échelle commerciale).
 3 : Usage de pesticides rare, inefficace ou expérimental : des techniques de culture et d'autres méthodes de contrôle sont recommandées.

1.4 Acteurs

L'industrie cacaoyère encourage l'utilisation de la LAI et les techniques de culture (élimination des portions affectées de la plante, etc.) constituent la première ligne de défense – la plus éprouvée et rentable – contre les maladies et les insectes, bien que la manière dont les méthodes de lutte sont appliquées par les exploitants est souvent médiocre. La production cacaoyère fait appel à des pesticides dans certaines circonstances (le plus souvent dans la catégorie 1 du tableau ci-dessous) La partie comestible des fèves, c'est-à-dire les « amandes », est enveloppée dans une coque qui recouvre la fève, qui est à son tour protégée par l'écorce de la cabosse jusqu'à la récolte, ce qui rend la contamination par les pesticides moins probable, sauf si l'on utilise des pesticides systémiques ou si les fèves sont contaminées au cours de la récolte ou du séchage.

Les deux principales parties prenantes sont évidemment les producteurs de cacao et les consommateurs, ces derniers étant de plus en plus nombreux. Comme indiqué dans l'ouvrage très utile de Hamilton & Crossly⁷, le débat sur les pesticides fait intervenir plusieurs intervenants qui ont chacun leurs propres priorités :

- **L'industrie agrochimique (aujourd'hui souvent appelée des « sciences de la vie »)** : composée principalement d'une demi-douzaine de multinationales axées sur la recherche qui ont lourdement investi dans de nouvelles technologies (et qui souhaitent protéger leurs investissements au moyen de brevets et d'accords de confidentialité). Ces sociétés fournissent aux autorités gouvernementales des données obligatoires pour démontrer que leurs produits sont efficaces et sans danger.
- **Les sociétés qui fabriquent des produits « génériques »** bénéficient aux exploitants agricoles en faisant baisser le prix des produits agrochimiques à l'expiration du brevet correspondant (composés « hors brevet »). Dans certains pays, ces sociétés appartiennent ou sont soutenues par l'État. Le grand public ne se rend pas toujours compte que les intérêts de ces entreprises (et ceux de leurs forces de ventes respectives) peuvent différer de ceux des sociétés axées sur la recherche.
- **Les associations de consommateurs et militants** : les inquiétudes qu'elles expriment sont souvent partagées par le grand public, mais elles risquent parfois d'être prises hors contexte. La pionnière en la matière a été Rachel Carson, dont l'ouvrage *Printemps silencieux* (1962) a attiré l'attention sur les dangers désormais largement admis de l'utilisation sans restriction des pesticides plus anciens. L'argument avancé par certains est que le maintien du profil de ces associations repose sur des « révélations régulières de la présence de résidus nocifs dans des denrées alimentaires ».
- **Les médias** ont pour but de vendre des journaux ou des espaces publicitaires à la télévision, et se penchent en priorité sur des événements hauts en couleur et en sensations. On est en droit de se demander s'il est dans leur intérêt de présenter une position entièrement objective de tels événements, et les présentateurs orientent souvent le débat.
- **Les gouvernements nationaux (et, de plus en plus, des organisations internationales telles que l'Union européenne)** doivent jongler entre ces divers intérêts et produire un cadre législatif approprié pour les divers acteurs mis en jeu. Par exemple, des documents publiés (sur Internet et par d'autres supports) par la Direction de la santé et de la sécurité du Royaume-Uni (HSE, ex-Direction de la sécurité des pesticides, PSD) soulignent que ce cadre légal doit « reposer sur des faits ». Les gouvernements constituent par ailleurs une source majeure de soutien pour...
- **Les chercheurs scientifiques**, qui « déposent des demandes de subvention de recherche [et] peuvent tenter d'influencer les organismes de financement en faisant paraître des communiqués de presse spécialement conçus à des moments soigneusement sélectionnés ou d'accorder une importance exagérée à un problème de sécurité dans le but d'obtenir un soutien financier ».

Les intervenants de la chaîne d'approvisionnement en cacao et l'industrie chocolatière peuvent donc s'attendre à recevoir des conseils divers en la matière ! Néanmoins, des décisions doivent maintenant être prises à la lumière des récents développements réglementaires, mais sur la base de connaissances incomplètes sur les pesticides en question.



Les risques pour la production durable de cacao

2.1 Vue d'ensemble

Ce chapitre met en évidence certains des principaux problèmes qui menacent la durabilité de la production de cacao à l'échelle mondiale.

2.1.1 Changement climatique

En 2021, le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) a publié son sixième rapport d'évaluation sur le changement climatique⁸. Ce rapport indique que les émissions de CO₂ et d'autres gaz à effet de serre produits par les activités humaines ont réchauffé la planète à un rythme sans précédent. Les températures moyennes mondiales auraient déjà augmenté de 1,1 °C, et les estimations prévoient que le réchauffement devrait atteindre, voire dépasser, 1,5 °C au cours des vingt prochaines années, à moins d'une réduction forte et durable des émissions de CO₂. Avec une augmentation de 1,5 °C, les saisons sèches deviendront plus longues et les saisons fraîches plus courtes, et les vagues de chaleur seront plus courantes. Si le réchauffement se poursuit jusqu'à 2 °C, les seuils de tolérance critiques pour la santé et l'agriculture pourraient être atteints et de nombreux effets seront irréversibles pour les siècles à venir.

Des changements climatiques ont été constatés dans les régions cacaoyères et divers modèles climatiques ont projeté des scénarios de changement climatique et leurs effets sur le cacao (principalement en Afrique occidentale). Les changements climatiques entraîneront un déplacement de la production de cacao, certaines zones devenant plus propices au cacao et d'autres moins. Les prédictions de Schroth et al. (2016)⁹ montrent que le changement climatique réduira considérablement l'adéquation des zones d'Afrique de l'Ouest à la production de cacao en raison de la diminution des précipitations et de l'assèchement du climat, ce qui pourrait accroître le risque de déforestation dans les zones plus propices, du fait que les terres sont défrichées pour produire du cacao. Ces changements climatiques prévus et les observations actuelles sur le terrain ont encouragé la recherche de nouvelles stratégies d'adaptation intelligentes face au climat, notamment la sélection de variétés de cacao plus résistantes à la sécheresse, la refonte des systèmes agroforestiers et la réduction des émissions de carbone via la diminution de l'utilisation d'engrais et de pesticides synthétiques. Si l'effet du changement climatique est incertain pour la production de cacao, il soulève également des incertitudes quant à la manière dont l'évolution des régimes climatiques affectera les ravageurs et les maladies du cacao, sans parler de leurs ennemis naturels – à l'heure actuelle, on en sait très peu sur le sujet.

2.1.2 Déforestation

L'expansion agricole est le principal moteur de la déforestation, l'agriculture commerciale à grande échelle (élevage de bétail, production de soja et de palmiers à huile) représentant 40 % de la déforestation sous les tropiques entre 2000 et 2010, contre 33 % pour l'agriculture de subsistance*. Entre 2015 et 2020, le taux de déforestation a été estimé à 10 millions d'hectares par an, contre 16 millions d'hectares par an dans les années 1990. Les effets de la déforestation sont notamment l'érosion des sols, l'augmentation des inondations, la perte de biodiversité et l'augmentation des émissions de gaz à effet de serre, ayant donc une influence sur le changement climatique.

Il est admis depuis longtemps que le cacao est un moteur de la déforestation. Des forêts ont été défrichées pour fournir des terres plus productives lorsque les agriculteurs sont confrontés au vieillissement des cacaoyers improductifs, à la dégradation des sols ou à l'augmentation de la pression des ravageurs et des maladies. Les taux de déforestation en Afrique de l'Ouest ont augmenté au cours de la dernière décennie et ont conduit les gouvernements et le secteur privé à s'engager à essayer de mettre fin à la déforestation liée au cacao. Les initiatives publiques et privées menées par la Fondation mondiale du cacao (WCF) en Colombie, en Côte d'Ivoire et au Ghana et par IDH-The Sustainable Trade Initiative au Cameroun visent à empêcher la poursuite de la déforestation et à introduire des approches plus durables et intelligentes face au climat pour le cacao. Lors de la récente COP26 à Glasgow, les dirigeants de plus de 100 nations se sont engagés à stopper ou à inverser les effets de la déforestation d'ici à 2030.

La photo ci-dessous d'un arbre abattu et de jeunes plants de cacao dans une grande région cacaoyère illustre une autre perspective : « La perte de forêt tropicale humide est plus profonde que la simple destruction de belles régions. Si le rythme actuel de déforestation se poursuit, les forêts tropicales du monde disparaîtront d'ici 100 ans, entraînant des effets inconnus sur le climat mondial et éliminant la majorité des espèces végétales et animales de la planète »¹⁰.

* <https://www.fao.org/3/ca8642en/ca8642en.pdf>



2.1.3 Travail des enfants

Le travail des enfants en Afrique de l'Ouest est devenu un problème très grave dans le secteur du cacao, et les préoccupations exprimées par les consommateurs ont fait pression sur l'industrie et les gouvernements des pays pour qu'ils prennent des mesures visant à éradiquer le travail des enfants. L'Organisation internationale du Travail (OIT) définit le travail des enfants comme « une violation des droits humains fondamentaux dont il a été démontré qu'il freine le développement des enfants, pouvant entraîner des dommages physiques ou psychologiques à vie ». Le travail des enfants peut être divisé en trois catégories différentes :

- Travaux légers : un enfant apporte de l'aide dans une exploitation familiale de cacao, le travail n'est pas dangereux, n'interfère pas avec l'éducation de l'enfant et doit être effectué sous la surveillance d'un adulte ;
- Travail des enfants : la Convention 138 de l'OIT fixe à 15 ans l'âge minimum auquel un enfant peut exercer un emploi ;
- Pires formes de travail des enfants : la Convention 182 de l'OIT interdit le travail forcé (traite/esclavage) et protège les enfants de moins de 18 ans contre les formes dangereuses de travail.

Dans la production de cacao, les pires formes de travail des enfants sont définies comme : **i) le défrichage, ii) le port de charges lourdes, iii) l'exposition aux pesticides, iv) l'utilisation d'outils tranchants, v) les horaires de travail prolongés, vi) le travail de nuit.**

Au cours de la campagne cacaoyère 2018/2019, le National Opinion Research Centre (NORC) a mené une enquête pour évaluer les pratiques de travail des enfants dans les régions cacaoyères de Côte d'Ivoire et du Ghana. L'étude visait également à comparer, dans la mesure du possible, les résultats des enquêtes précédentes menées par l'Université de Tulane au cours des campagnes agricoles 2008/2009 et 2013/2014, mais la différence de méthodologie a rendu la tâche difficile. Certaines des principales conclusions du rapport NORC (2020)¹¹, notamment celles relatives à l'utilisation des pesticides, sont résumées ci-dessous* :

- Environ **1,56 million** d'enfants travaillent dans la production de cacao, dont environ **95 % (1,48 million d'enfants)** effectuent des tâches dangereuses.
- Parmi tous les ménages agricoles des zones cacaoyères, le pourcentage d'enfants âgés de **5 à 17 ans** travaillant dans la cacaoculture a **augmenté au cours de la dernière décennie**, passant de 31 % en 2008/2009 à 45 % en 2018/2019 (la Côte d'Ivoire est passée de 23 à 38 % et le Ghana de 44 à 55 %).
- La proportion d'enfants travaillant dans le secteur du cacao et réalisant des tâches dangereuses a toujours été plus élevée au Ghana qu'en Côte d'Ivoire.

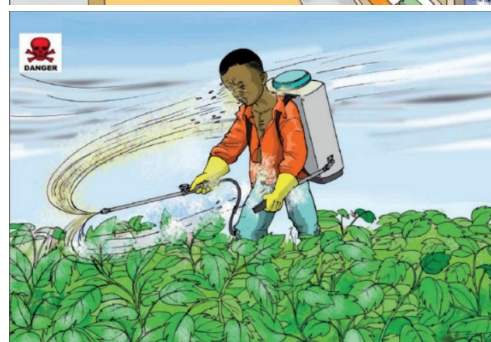
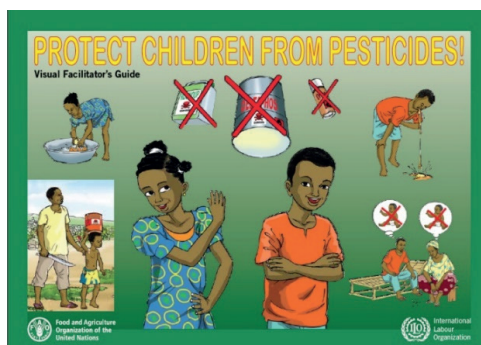
* www.cocoinitiative.org/knowledge-hub/resources/ici-technical-summary-norc-report-assessing-progress-reducing-child-labour

- Dans les ménages producteurs de cacao, plutôt que dans tous les ménages agricoles des zones cacaoyères, la prévalence du travail des enfants et des tâches dangereuses auxquelles ils sont affectés est restée stable depuis 2013/2014 dans les deux pays.
- Parmi les enfants de **5 à 17 ans** issus de ménages agricoles dans les régions cacaoyères, **45 %** travaillent dans la production de cacao (38 % en Côte d'Ivoire et 55 % au Ghana).
- **43 %** des enfants âgés de **5 à 17 ans** sont affectés à des **tâches dangereuses** dans la cacaoculture (37 % en Côte d'Ivoire et 51 % au Ghana).
- Parmi les enfants travaillant dans la cacaoculture au sein des ménages agricoles, la part de ceux qui ne sont exposés à **aucun** danger est passée de 4 % en 2008/2009 à 11 % en 2018/2019, mais la proportion d'enfants travaillant dans la cacaoculture et effectuant quatre types de tâches dangereuses ou plus est passée de 7 % en 2008/2009 à 22 % en 2018/2019.
- L'exposition des enfants aux produits agrochimiques, qui a **augmenté globalement de 5 % à 24 %**, est le plus souvent liée au transport de l'eau pour la pulvérisation et à la présence sur l'exploitation pendant ou après la pulvérisation. La proportion d'enfants appliquant directement des produits agrochimiques a augmenté de 50 %, mais à un niveau inférieur (de 4 % à 8 %).

L'industrie cacaoyère a réagi à la crise du travail des enfants dans le cacao par le biais du « paquet d'intervention de l'industrie », sous la conduite de la WCF, pour identifier, surveiller et soutenir les ménages ayant des enfants vulnérables dans certaines communautés par le biais de la sensibilisation, de l'amélioration des infrastructures scolaires, de la formation de comités de protection communautaires et de programmes de soutien aux moyens d'existence des femmes. Les conclusions d'une deuxième étude de NORC publiée en 2020¹² montrent certaines améliorations, mais un engagement continu des parties prenantes est essentiel.

L'Initiative internationale du cacao (ICI) a développé un CLMRS (système de contrôle et de lutte contre le travail des enfants) spécifique au cacao afin de définir des indicateurs clés pour le travail des enfants et de suivre les progrès du secteur, plusieurs partenaires industriels ayant adopté ce système. De nombreux systèmes de certification (par exemple Rainforest Alliance et Fairtrade) tentent également d'aborder la question et incluent des critères de certification relatifs au travail des enfants dans le cadre de leurs exigences sociales. Le « Chocolate Scorecard»*, qui établit un résumé annuel des performances des entreprises en fonction de plusieurs critères de durabilité, comprend une section sur le travail des enfants (et l'utilisation de produits agrochimiques dans une section séparée).

Dans un blog récemment publié par la WCF¹, l'auteur suggère que le travail des enfants ne se produit pas dans un vide social mais qu'il est symptomatique d'un ensemble beaucoup plus large de questions relatives au bien-être des enfants, qui doivent être prises en compte si l'on veut résoudre le problème.



Exemple de matériel de sensibilisation pour prévenir/réduire l'exposition des enfants aux pesticides, élaboré par la FAO et l'OIT (2015)^{***}

* www.chocolatescorecard.com/

** www.worldcocoafoundation.org/blog/should-we-stop-talking-about-child-labor-in-chocolate-an-anthropologists-critique/

*** www.fao.org/policy-support/tools-and-publications/resources-details/en/c/1260531/

2.1.4 Production, protection des cultures et normes SPS

Le débat de longue date sur les questions liées aux pesticides ne montre aucun signe d'affaiblissement, n'ayant d'égal que la nécessité d'accroître la production de cacao et d'autres aliments et portant donc sur un équilibre entre une production efficace et durable.

Ce manuel est axé sur l'utilisation appropriée des pesticides pour assurer une maximisation durable des rendements, dans le contexte des BPA/LAI pouvant être utilisées dans l'exploitation ou dans les entrepôts de cacao en vrac. La LAI – que certains considéraient au départ comme un luxe – est devenue une nécessité : cela ne signifie plus « mantra incroyablement populaire » (de l'anglais Incredibly Popular Mantra pour IPM). C'est désormais une approche rigoureuse et pluridisciplinaire de la production agricole et son application fait l'objet de grandes pressions politiques. Durant la prochaine décennie, la demande de nouvelles techniques de LAI pratiques et efficaces ne cessera de croître parmi les cultivateurs de cacao et d'autres produits.

2.2 Risques et dangers

Les pesticides sont souvent qualifiés de « dangereux » ou « à risque », mais ces termes sont parfois employés de façon imprécise, alors qu'ils ont des significations précises :

$$\text{RISQUE} = \text{DANGER (INTRINSÈQUE)} \times \text{EXPOSITION}$$

L'exposition peut comporter deux aspects : le temps et le degré de contact avec le danger. C'est un concept important qui a été (mal) employé par le passé pour suggérer qu'« il n'y a pas de substances dangereuses mais seulement des façons dangereuses de les utiliser ».

Il peut être utile d'établir une analogie avec les véhicules à moteur. En effet, ceux-ci sont **dangereux** : beaucoup plus de gens meurent chaque année dans des accidents de la route qu'à cause de toutes les formes d'empoisonnement par les pesticides. Nous courons un **risque** uniquement lorsque nous sommes exposés aux véhicules (en tant que conducteurs, passagers ou autres usagers de la route) et la plupart des gens sont disposés à prendre ce risque. Certaines voitures sont moins dangereuses que d'autres (ex. selon leurs équipements de sécurité et leur vitesse) et les routes ont des limites de vitesse (**réduction du risque**). Lorsqu'une personne se trouve loin d'un véhicule à moteur (exposition = zéro), le risque est nul. Sachant que la vie économique doit se poursuivre pour la plupart des gens, l'idée de réduire les risques à des niveaux **aussi faibles que raisonnablement possible** (ALARA) est plus viable que l'élimination des risques, qui peut être considérée impossible dans la pratique. Évidemment, les critères établis pour définir ce niveau de risque peuvent être politiques et subjectifs.

Il est rappelé aux lecteurs qu'il existe également des risques liés à la culture du cacao en soi. Par exemple, une analyse de la cacaoculture au Ghana¹³ a montré que les principaux ravageurs (tels que la pourriture noire) constituent la plus grande menace pour l'offre de cacao, que ce soit parce qu'ils sont une source réelle de perte de récolte ou en raison de la menace d'espèces exotiques envahissantes. D'autres risques pour la production de cacao comprennent le vieillissement des arbres, les fluctuations de prix et l'intérêt suscité par d'autres cultures ou sources de revenus.

2.2.1 Risques de la lutte chimique contre les ravageurs

Selon l'époque, la région et les différents analystes, les méthodes de lutte chimiques ont été considérées comme :

- Cruciales au maintien durable d'une culture saine ou
- Onéreuses et d'un rapport coût/efficacité limité ou
- Peu sûres sur le plan environnemental dans l'agroécosystème complexe du cacaoyer.

Le développement de variétés améliorées et la mise en place de techniques de contrôle alternatives fondées sur la biologie offriront peut-être des solutions durables à long terme. Les problèmes primordiaux majeurs associés à l'utilisation de pesticides comprennent :

- Les aspects relatifs à la **sécurité**, y compris les risques réels et potentiels auxquels sont exposés les cultivateurs et les consommateurs (voir le chapitre 5).
- Le rapport **coût/efficacité** : l'aspect peut-être le plus important pour de nombreux exploitants.
- Les **difficultés techniques** associées aux applications de pesticides, y compris l'apparition d'une **résistance** des ravageurs (provoquant une diminution de l'efficacité) pouvant inciter les exploitants à augmenter les doses et donc les risques de résidus, et les phénomènes de **résurgence**, où les insecticides peuvent en fait aggraver une affection parasitaire mineure (voir le chapitre 4).

- D'autres aspects relatifs à la durabilité à longue échéance, y compris l'**impact général sur l'environnement** et les organismes non ciblés (par ex. l'accumulation de cuivre dans le sol après une utilisation à long terme à des fins phytosanitaires).

Les aspects relatifs aux risques sanitaires sont évidemment, de loin, ceux qui préoccupent le plus le grand public, et donc les législateurs. Toutefois, les pesticides peuvent représenter un outil important pour les exploitants, et on ne peut pas simplement souhaiter qu'ils disparaissent. Les consommateurs ne se rendent pas toujours compte de l'importance de la pression posée par la prévalence de maladies et la densité des insectes dans les pays tropicaux. Pour les cultivateurs, résoudre les problèmes de contrôle phytosanitaire demeure un volet crucial.

2.2.2 Autres risques sanitaires et phytosanitaires

Les inquiétudes des consommateurs en matière de sûreté alimentaire et de menace des contaminants pour la santé humaine ont donné lieu à un renforcement des réglementations dans les pays producteurs. Cela augmente le risque de perturbation du commerce de cacao, de sorte que des normes **sanitaires et phytosanitaires (SPS)** inappropriées risquent de porter préjudice au bien-être des exploitants dans de nombreux pays cacaoyers.

Bien que ce ne soit pas le sujet de ce manuel, les lecteurs doivent savoir que les problèmes de sûreté alimentaire et de qualité du cacao ne sont pas seulement liés aux résidus de pesticides mais aussi aux substances suivantes :

- Mycotoxines : en particulier l'ochratoxine A (OTA), souvent due à un séchage inapproprié des denrées agricoles – peuvent endommager l'ADN (mutagènes)
- FFA (acides gras libres/trans) : autre indicateur de mauvaise qualité du cacao – risque accru de diabète
- HAP (hydrocarbures aromatiques polycycliques) : généralement dus à la fumée provenant de séchoirs mal conçus – souvent cancérigènes
- Hydrocarbures d'huiles minérales (MOH), comprenant les MOSH (hydrocarbures saturés d'huiles minérales) et les MOAH (hydrocarbures aromatiques d'huiles minérales, y compris les HAP) : exposition via les matériaux d'emballage, les additifs alimentaires, les lubrifiants et les carburants – les MOAH peuvent être mutagènes et cancérigènes
- Acrylamide : substance qui se forme dans les aliments riches en amidon cuisinés à haute température (friture, rôtissage et cuisson au four) – cancérigènes
- Métaux lourds/toxiques, souvent associés à des cultures situées sur des sols volcaniques ou pollués, notamment :
 - o Aluminium (Al) – potentiellement neurotoxique
 - o Cadmium (Cd) – très toxique et cancérigène
 - o Chrome hexavalent (Cr(VI)) – toxique et cancérigène
 - o Plomb (Pb) – cancérigène, peut provoquer fausses couches et infertilité masculine
 - o Mercure (Hg) – endommage le système nerveux

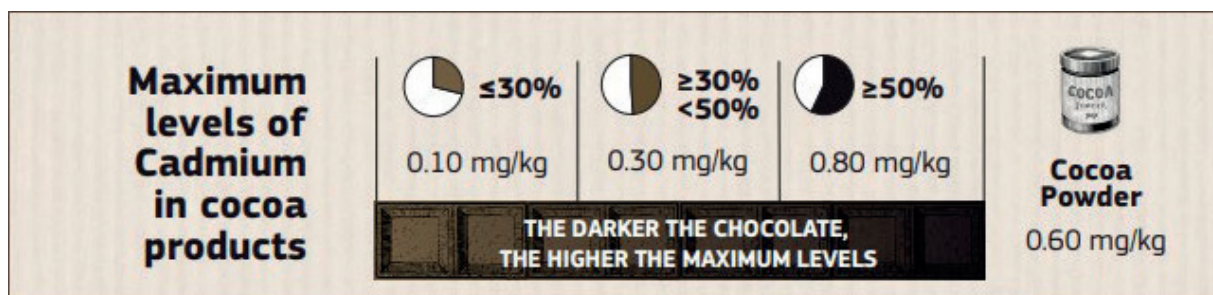
Les niveaux de métaux lourds/toxiques sont soumis à des contrôles de routine dans un éventail de denrées alimentaires afin de garantir l'application des normes réglementaires et de protéger la santé des consommateurs, en particulier des jeunes enfants. Ces dernières années, l'accent a été mis sur le cadmium, pour lequel l'UE a annoncé en 2014 l'établissement de limites maximales permises dans plusieurs denrées alimentaires, dont les produits de cacao et de chocolat*. Une période de mise en œuvre de 4 ans a été accordée aux producteurs et aux transformateurs de cacao pour leur laisser le temps de se préparer et la nouvelle législation est entrée en vigueur le 1^{er} janvier 2019. À compter de cette date, les produits de cacao et de chocolat dépassant les limites maximales permises ne peuvent pas être commercialisés dans l'UE (source : Commission européenne**).

La Commission européenne a mis en place un Système d'alerte rapide pour les denrées alimentaires et les aliments pour animaux (RASFF). Il s'agit d'un système de notification permettant aux États membres d'échanger des informations sur les risques identifiés dans les denrées alimentaires, le matériel en contact avec les aliments et les aliments pour animaux. Le portail consommateurs du RASFF a été lancé en 2014. Ce site internet gratuit permet au public d'accéder aux dernières informations sur les avis de rappel de produits alimentaires. Il comprend des avertissements de santé public émis par les autorités de sécurité des aliments et les fabricants alimentaires***.

* Source : www.eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex:32014R0488

** Source : www.ec.europa.eu/food/system/files/2019-03/cs_contaminants_catalogue_cadmium_chocolate_en.pdf

*** www.webgate.ec.europa.eu/rasff-window/screen/search



Depuis, d'autres pays ont mis en place des limites de cadmium dans le chocolat, notamment : l'Australie, l'Indonésie, la Nouvelle-Zélande, la Russie et les États-Unis (Californie), s'ajoutant aux normes établies par le *Codex Alimentarius*. Les petits exploitants de certaines zones d'Amérique latine et des Caraïbes, où les niveaux de cadmium dans les fèves de cacao peuvent être élevés, sont particulièrement affectés. Bien que les limites de cadmium ne soient pas fixées sur les fèves de cacao brutes non traitées, les acheteurs établissent des limites arbitraires pour s'assurer que les produits de chocolat finaux ne dépassent pas les limites maximales permises¹⁴. Les recherches se poursuivent dans cette région pour trouver des solutions afin de prévenir et de réduire la contamination des fèves de cacao par le cadmium.

Davantage d'informations sur la sécurité des aliments et la qualité du cacao sont fournies dans le manuel CAOBISCO/ECA/FCC sur les exigences de qualité de l'industrie du chocolat et du cacao*.

2.3 Analyse des risques et maîtrise des points critiques (HACCP)

La méthode HACCP est une approche systématique de la gestion de la sécurité dans le processus de production qui met l'accent sur la prévention des risques plutôt que sur l'inspection des produits. Elle trouverait son origine dans l'industrie de l'armement lors de la deuxième Guerre mondiale mais elle est aujourd'hui associée aux diverses phases de la production et de la distribution de produits alimentaires.

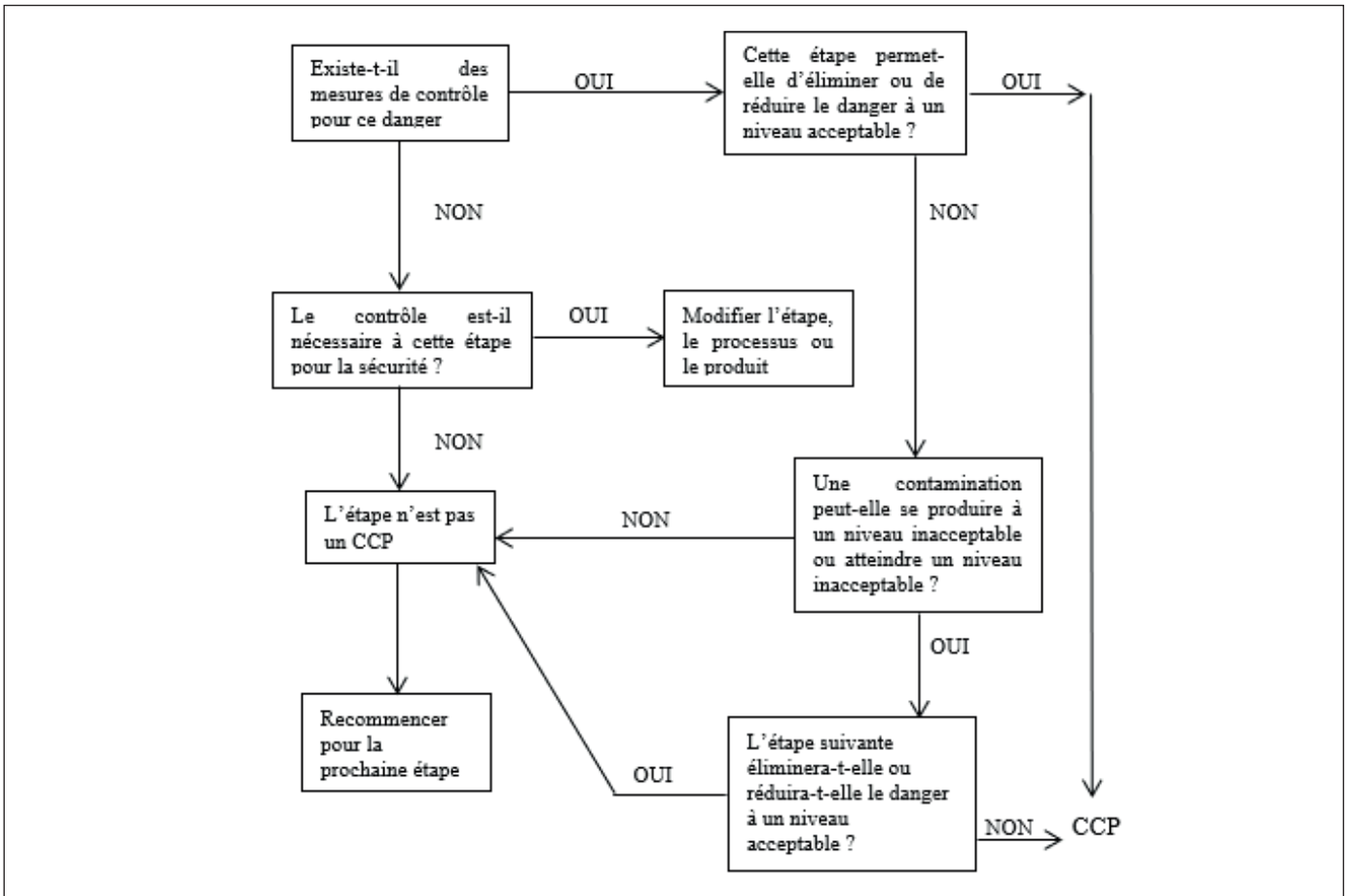
Il existe aujourd'hui sept procédures ou « principes » HACCP communément admis qui figurent dans la norme internationale ISO 22 000 FSMS 2005, qui peut constituer le système de « gestion de la qualité totale » d'une organisation :

1. Énumérer tous les dangers liés à chaque stade et concevoir les **mesures préventives requises pour les maîtriser** – qui peuvent être de nature microbiologique, chimique ou physique. La maîtrise d'un danger déterminé peut exiger plusieurs mesures préventives.

2. Déterminer les points critiques pour la maîtrise (CCP) : l'identification d'un CCP dans le système peut être facilitée par le diagramme de flux suivant**.

* https://www.cocoaquality.eu/data/Cocoa%20Beans%20Industry%20Quality%20Requirements%20Apr%202016_En.pdf (accessed 21/5/2022)

** Source : <http://www.eden.gov.uk> (accessed 24/1/2012)



Si un danger a été identifié à un stade où le contrôle est nécessaire pour assurer la sécurité et qu'aucune mesure préventive n'existe à ce stade, ou à tout autre stade, le produit ou le processus doit être modifié à ce stade ou à un stade précédent ou postérieur, afin d'inclure une mesure préventive.

3. Établir les seuils critiques pour chaque CCP : ces seuils dépendent du danger évalué et doivent être spécifiés pour chaque mesure préventive. Pour les pesticides et autres contaminants, il s'agit des LMR.

4. Mettre en place un système de surveillance pour chaque CCP : les procédures de surveillance doivent permettre de déceler toute perte de maîtrise des CCP. Les résultats des opérations de surveillance doivent être interprétés par une personne ou une organisation désignée possédant les connaissances et l'autorité nécessaires pour prendre des actions correctives le cas échéant.

5. Établir les actions correctives : des actions correctives spécifiques doivent être prévues pour chaque CCP de façon à pouvoir réagir aux écarts. Ces actions doivent permettre de vérifier que le CCP a été à nouveau maîtrisé et prévoir la destination à donner au produit affecté.

6. Valider le système HACCP : afin de maintenir la confiance dans le système, s'assurer que le système HACCP fonctionne correctement et identifier les aspects éventuels à améliorer.

7. Établir et maintenir un système d'enregistrement et de documentation : l'enregistrement est une condition essentielle à l'efficacité.



03 Les pesticides, les normes SPS et leur mise en œuvre

3.1 Réglementation internationale sur les pesticides

3.1.1 Réglementations nationales

L'Organisation pour l'alimentation et l'agriculture (FAO) des Nations Unies et d'autres organismes internationaux ont toujours encouragé les programmes nationaux d'homologation des pesticides, qui sont maintenant en place dans la plupart des pays. Toutefois, il n'est pas toujours facile d'appliquer les règlements (notamment de nature technique) dans les régions rurales reculées, et des « frontières nationales poreuses » peuvent en outre contribuer à l'introduction de certains produits. L'agriculteur peut donc être confronté à une myriade déroutante de produits et ne pas être convenablement conseillé quant à leur bon usage.

Dans tous les pays, la principale fonction de l'homologation est la protection de la santé humaine. Le code de conduite de la FAO sur l'importation de produits chimiques repose sur le principe de *Consentement préalable en connaissance de cause* (voir ci-dessous), selon lequel les pays importateurs ont le droit de savoir quels sont les pesticides (et d'autres substances) dont l'utilisation dans d'autres pays a été interdite ou limitée. Il incombe aux gouvernements de fournir des directives appropriées sur l'utilisation de composés dangereux, qui vont d'un étiquetage aisément compréhensible à une interdiction catégorique des produits les plus toxiques.

La FAO a publié en 2016 un code de conduite établissant des directives sur les pesticides extrêmement dangereux (HHP – voir l'encadré 1). Il est conçu pour « fournir des orientations aux pays sur la manière d'interpréter et d'appliquer efficacement ces articles afin de réduire les risques liés aux HHP. Les pays sont encouragés à identifier les HHP utilisés, à évaluer les risques impliqués et déterminer les mesures appropriées pour atténuer ces risques. Ces directives s'appliquent à tous les pesticides, y compris ceux à usage domestique et ceux utilisés dans l'agriculture, la santé publique, les loisirs et l'industrie »*. L'objectif est d'atténuer les risques « lorsqu'il existe des solutions efficaces et moins dangereuses ; l'option la plus efficace pour atténuer ces risques consistera souvent à mettre fin à leur utilisation par le biais de mesures réglementaires. Cela peut impliquer l'interdiction, l'annulation ou le retrait d'une inscription ou le refus d'accorder une inscription. »

3.1.2 Consentement préalable en connaissance de cause : pesticides

La procédure de Consentement préalable en connaissance de cause (CPCC) est une convention adoptée par 50 gouvernements lors d'une conférence diplomatique organisée à Rotterdam en septembre 1998. La « **Convention de Rotterdam** » crée des obligations juridiquement contraignantes pour la mise en œuvre de la procédure de CPCC. Elle était initialement basée sur un code de conduite CPCC volontaire lancé par le Programme des Nations Unies sur l'environnement (PNUE) et la FAO. La Convention, qui est entrée en vigueur le 24 février 2004, a deux principaux objectifs :

- Promouvoir le partage des responsabilités et des efforts coopératifs entre les Parties qui interviennent dans le commerce international de certains produits chimiques dangereux afin de protéger la santé humaine et l'environnement contre les effets nocifs possibles de ces produits ;
- Contribuer à une utilisation judicieuse sur le plan de l'environnement de ces divers produits chimiques dangereux en facilitant l'échange d'informations sur leurs caractéristiques, en élaborant un processus de prise de décision à l'échelon national concernant les importations et les exportations de tels produits et en communiquant ces décisions aux diverses Parties. disseminating these decisions to Parties.

* PDF à <http://www.fao.org/3/i5566e/i5566e.pdf> (téléchargé en sept. 2021)

Encadré 1 - Perturbateurs endocriniens (PE) et pesticides extrêmement dangereux (HHP) : impacts sur le cacao

Les approbations de substances peuvent être abrogées dans l'UE et ailleurs sur la base de divers indicateurs, notamment la « perturbation endocrinienne » (PE). La définition actuelle de PE dans l'UE est la suivante : « **une substance ou un mélange exogène altérant les fonctions du système endocrinien, et induisant donc des effets nocifs sur la santé d'un organisme intact, de ses descendants ou sous-populations** ».

La Direction de la réglementation des produits chimiques (CRD) du Royaume-Uni a émis un rapport sur l'impact potentiel des évaluations basées sur le danger, notamment en référence au règlement CE 1107/2009 : « les substances considérées comme ayant des effets perturbateurs endocriniens pouvant être néfastes pour l'homme ou les organismes non ciblés ne peuvent pas être autorisées ». Plusieurs observateurs ont souligné qu'aucune définition n'a été donnée durant l'adoption de ces réglementations. Les effets des PE sont controversés parmi les scientifiques et une définition fonctionnelle du terme doit être arrêtée dans l'UE. Une consultation publique a été lancée en 2014 (toutes les parties prenantes étaient invitées à y prendre part) et conclue en 2016.

Les dictionnaires donnent des définitions très variables de « perturbation », allant d'une « confusion ou d'un trouble » à une altération ou une interruption d'un processus. On peut arguer que, du fait que les fonctions endocriniennes des animaux sont des mécanismes permettant de créer des signaux et sont connues pour être influencées par un large éventail de substances naturelles et de substances synthétiques autorisées, toute tentative d'évaluer les PE sur la base des dangers plutôt que des risques est indéfendable. L'élimination de l'exposition des petits exploitants aux HHP (qui peuvent être clairement définis par la classe de toxicité) résultant des règlements 91/414/CEE et 396/2005/CE a été positive, mais une réduction accrue de la diversité des ingrédients actifs (IA) pourrait nuire à la productivité cacaoyère (ce qui pourrait avoir des conséquences sur l'environnement puisque les exploitants devraient cultiver davantage de terres pour obtenir les mêmes rendements). Il convient d'informer les autorités compétentes des conséquences potentielles sur la production agricole et les moyens d'existence des agriculteurs avant que des décisions soient prises sur le statut des « IA stratégiques » (p. ex., conformément à l'Annexe 3A) sans que des alternatives appropriées aient été identifiées.

Bien que l'homologation des pesticides relève de décisions nationales souveraines, le classement de substances parmi les PE dans les pays consommateurs peut finir par réduire les LMR au niveau par défaut de 0,01 mg/kg pour le cacao et d'autres produits alimentaires, cette conséquence ayant été qualifiée dans un pays africain comme une « interdiction par le marché ». Il y a eu une forte spéculation sur les conséquences potentielles de l'élimination de nouveaux IA pour le cacao et d'autres produits de base agricoles importés, et les approches initiales ont été similaires à celles adoptées pour les HHP, c'est-à-dire qu'elles consistent à identifier les substances menacées et à se demander quelles pourraient être les mesures de lutte alternatives. À cet égard, nous souhaitons émettre les suggestions suivantes :

- Pour la lutte phytosanitaire durable contre un ravageur déterminé, plus de 2 modes d'action (MdA) sont nécessaires, avec des IA et des produits concurrents dans chaque MdA (pris ici dans son sens le plus large pour la lutte biologique dont l'efficacité est prouvée).
- La restriction des IA à seulement 1-2 MdA pourrait devenir un problème significatif pour la lutte contre les principaux ravageurs du cacao et il convient d'envisager des propositions de modifications. Par exemple, l'élimination de tous les insecticides organophosphorés (OP) et de la plupart des pyréthroïdes du fait des soupçons de problèmes de PE, ainsi que des insecticides néonicotinoïdes (NNI) en raison de leur toxicité pour les abeilles pourrait causer de graves difficultés avec les mirides et d'autres insectes ravageurs principaux. Cela peut d'ores et déjà poser un problème pour la lutte contre les ravageurs dans les entrepôts (voir chapitre 8).
- Si un IA doit être interdit, deux à trois ans sont nécessaires pour éliminer les anciens stocks de produits contenant cet IA. Si l'élimination d'un IA supprime un MdA complet et qu'il n'y a pas au moins 2 alternatives, au moins cinq ans sont nécessaires (probablement plus) pour les recherches requises, le développement et l'homologation de produits de remplacement.
- En résumé : une approche de « précaution » devrait également être appliquée à notre capacité à protéger les récoltes.

La section 7.3 présente certains des nouveaux symboles de danger à apposer sur les étiquettes des pesticides. Dans ce processus, une nouvelle catégorie de danger, « Danger grave pour la santé » a été ajouté, signifiant :

- Peut être mortel en cas d'ingestion et de pénétration dans les voies respiratoires
- Provoque ou peut provoquer des dégâts dans les organes
- Peut nuire à la fertilité ou au fœtus
- Susceptible de nuire à la fertilité ou au fœtus
- Peut provoquer un cancer ou susceptible de provoquer un cancer
- Peut induire des anomalies génétiques ou susceptible d'induire des anomalies génétiques
- Peut provoquer des symptômes allergiques ou d'asthme ou des difficultés respiratoires en cas d'inhalation

Le pictogramme sera utilisé sur des substances courantes telles que la térébenthine et le pétrole lampant et pourrait peut-être, une fois défini, inclure des substances pesticides PE (même si cela repose uniquement sur des soupçons). L'emploi de tels symboles sur les produits pesticides assurerait-il le consentement préalable en connaissance de cause de l'utilisateur ? Dans les situations domestiques, la réponse est clairement considérée comme oui.



Du fait des pressions exercées sur l'agriculture mondiale pour augmenter la production, les pays en développement représentent souvent un marché pour des pesticides plus anciens et moins coûteux, mais plus dangereux. Ces produits comprennent souvent des composés génériques dont les fabricants opèrent dans des économies en expansion et qui cherchent des marchés moins contrôlés. Dans certains pays, l'utilisation de produits génériques fabriqués localement est par ailleurs activement encouragée dans l'intérêt du développement industriel national et d'une diminution des coûts pour les exploitants.

La procédure de CPCC, qui permet d'identifier et de partager la décision d'un gouvernement à interdire ou à limiter très fortement l'utilisation de pesticides, comprend la diffusion de ces décisions dans des pays importateurs où les informations peuvent être difficiles à obtenir. Bien qu'un partage des responsabilités entre les importateurs et les exportateurs soit encouragé, les pays exportateurs doivent veiller à ce que leurs industries respectent les décisions des pays importateurs. À l'heure actuelle, la convention sur le CPCC concerne, entre autres substances, les pesticides suivants : 2,4,5-T, aldrine, captafol, chlorobenzilate, chlordane, chlordiméform, DDT, dieldrine, dinoseb, 1,2-dibromoéthane (EDB), fluoroacétamide, HCH (lindane), heptachlore, hexachlorobenzène, composés du mercure et certaines formulations de parathion, méthamidophos, monocrotophos et phosphamidon. D'autres pesticides seront englobés dans la convention sur le CPCC si :

- Leur utilisation a été interdite ou strictement réglementée dans deux régions sur la base d'une évaluation des risques/dangers fondée sur des principes scientifiques ;
- Ce sont des « formulations pesticides extrêmement dangereuses » qui causent des problèmes pour la santé ou l'environnement dans les conditions d'utilisation rencontrées dans les pays en développement. Ces formulations seront éventuellement incorporées à la liste suite à un incident vérifié dans un pays en développement.

3.1.3 Le Codex Alimentarius

Le programme mixte FAO/OMS sur les normes alimentaires et la Commission du *Codex Alimentarius* (souvent désignée sous la forme abrégée « *Codex* ») ont été mis en place pour émettre des normes reconnues sur le plan international afin de protéger la santé des consommateurs et assurer des pratiques loyales dans le commerce des produits alimentaires. Les fondateurs de ce programme pensaient que si tous les pays harmonisaient leurs législations alimentaires et adoptaient des normes approuvées à l'échelle internationale, « ces questions trouveraient une solution naturelle ». Grâce à l'harmonisation, ils prévoyaient une réduction des obstacles au commerce et la libéralisation des échanges entre les pays, dont tireraient profit les agriculteurs et leurs familles et qui contribueraient à atténuer la faim et la pauvreté. Le code de déontologie auquel le comité du *Codex* adhère pour le commerce international des produits alimentaires repose sur les principes généraux suivants :

1. Le commerce international des denrées alimentaires devrait être fondé sur le principe selon lequel tous les consommateurs ont droit à une alimentation sûre, saine et nutritive et à une protection contre des pratiques commerciales déloyales.
2. L'accès au commerce international devrait être interdit à toute denrée alimentaire :
 - (a) Qui contient ou porte une substance en une quantité la rendant toxique, dangereuse ou autrement néfaste pour la santé ; ou
 - (b) Qui consiste, en tout ou en partie, en une substance corrompue, putride, pourrie, décomposée ou malsaine ou en une matière étrangère ou autrement impropre à la consommation humaine ; ou
 - (c) Qui est falsifiée ; ou
 - (d) Qui est étiquetée ou présentée d'une manière fautive, trompeuse ou mensongère ; ou
 - (e) Qui est vendue, préparée, emballée, emmagasinée ou transportée pour la vente dans des conditions non hygiéniques.

Les normes du *Codex Alimentarius* reposent toujours sur une évaluation scientifique. Des experts et spécialistes d'une vaste gamme de disciplines ont contribué à chacun des aspects du code pour que les normes établies résistent assurément à l'examen scientifique le plus rigoureux. Le *Codex* fonctionne au moyen d'une série de comités spécialisés*, notamment en matière de contaminants présents dans des produits alimentaires et de résidus de pesticides.

* <https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/about-codex/en/>

La **réunion conjointe FAO/OMS sur les résidus de pesticides (JMPR)** représente l'un des comités scientifiques. La JMPR a été créée en 1963 en vertu d'une décision de la Conférence de la FAO selon laquelle la Commission du *Codex Alimentarius* devrait recommander des limites maximales de résidus (LMR) pour les pesticides et les contaminants de l'environnement présents dans des produits alimentaires spécifiques afin d'assurer la sécurité des denrées contenant des résidus. Il a également été convenu que la JMPR devrait recommander des méthodes d'échantillonnage et d'analyse.

- Les membres de la JMPR sont des scientifiques indépendants experts dans les domaines des pesticides, des produits chimiques présents dans l'environnement et de leurs résidus. Ils sont nommés à titre personnel, et non en tant que représentants d'un gouvernement.
- La JMPR est indépendante de la Commission.
- Des responsables désignés par la FAO élaborent des propositions de LMR pour les substances à l'étude sur la base d'essais sur le terrain menés dans le monde entier. L'OMS désigne les personnes chargées des évaluations toxicologiques des pesticides.
- Les rapports des évaluations sont publiés.
- La JMPR et le Comité du Codex sur les résidus de pesticides (CCPR) travaillent en étroite collaboration. Le CCPR identifie les substances devant être évaluées en priorité. Après l'évaluation par la JMPR, le CCPR examine les LMR recommandées et, si elles sont acceptables, les transmet à la Commission pour être adoptées en tant que LMR Codex.

Le tableau suivant, tiré de la base de données sur les pesticides du *Codex Alimentarius*, contient les LMR Codex qui s'appliquent actuellement aux fèves de cacao*. Les LMR Codex pour la deltaméthrine, le fénitrothion et le lindane ont été supprimées en 2003. Au moment de la consultation (mai 2022), la base de données contenait « les limites maximales de résidus pour les pesticides et les limites maximales de résidus d'origine étrangère que la Commission du Codex Alimentarius a adoptées jusqu'à sa 42^e session (juillet 2019) ».

Limites maximales de résidus pour les fèves de cacao (code produit SB 0715)

Pesticide	MRL	Year of Adoption	
Phosphure d'hydrogène	0,01 mg/kg		Po
Clothianidine	0,02 mg/kg	2011	(*)
Endosulfan	0,2 mg/kg	2007	
Mandipropamide	0,06 mg/kg	2019	
Métalaxyl	0,2 mg/kg	1991	
Bromure de méthyle	5 mg/kg	1999	Po
Pyraclostrobine	0,01 mg/kg	2019	
Thiaméthoxame	0,02 mg/kg	2011	(*)

(*) : À la limite de détermination ou à proximité.

Po : la LMR s'étend au traitement post-récolte du produit.

* https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/codex-texts/dbs/pestres/commodities-detail/en/?lang=en&c_id=239 (accessed Nov. 2021)

3.2 Commerce mondial et réglementations SPS pour le cacao

Le diagramme de Sankey ci-dessous (fig 1.4) illustre graphiquement la complexité des flux du commerce mondial de fèves de cacao : les pays européens importent plus de 60 % des fèves de cacao échangées, ce qui explique pourquoi l'accent a été mis sur les limites à l'importation en Europe. Cependant, les États-Unis, et l'Asie de plus en plus, sont également de grands importateurs de fèves de cacao destinées à la transformation et à la consommation.

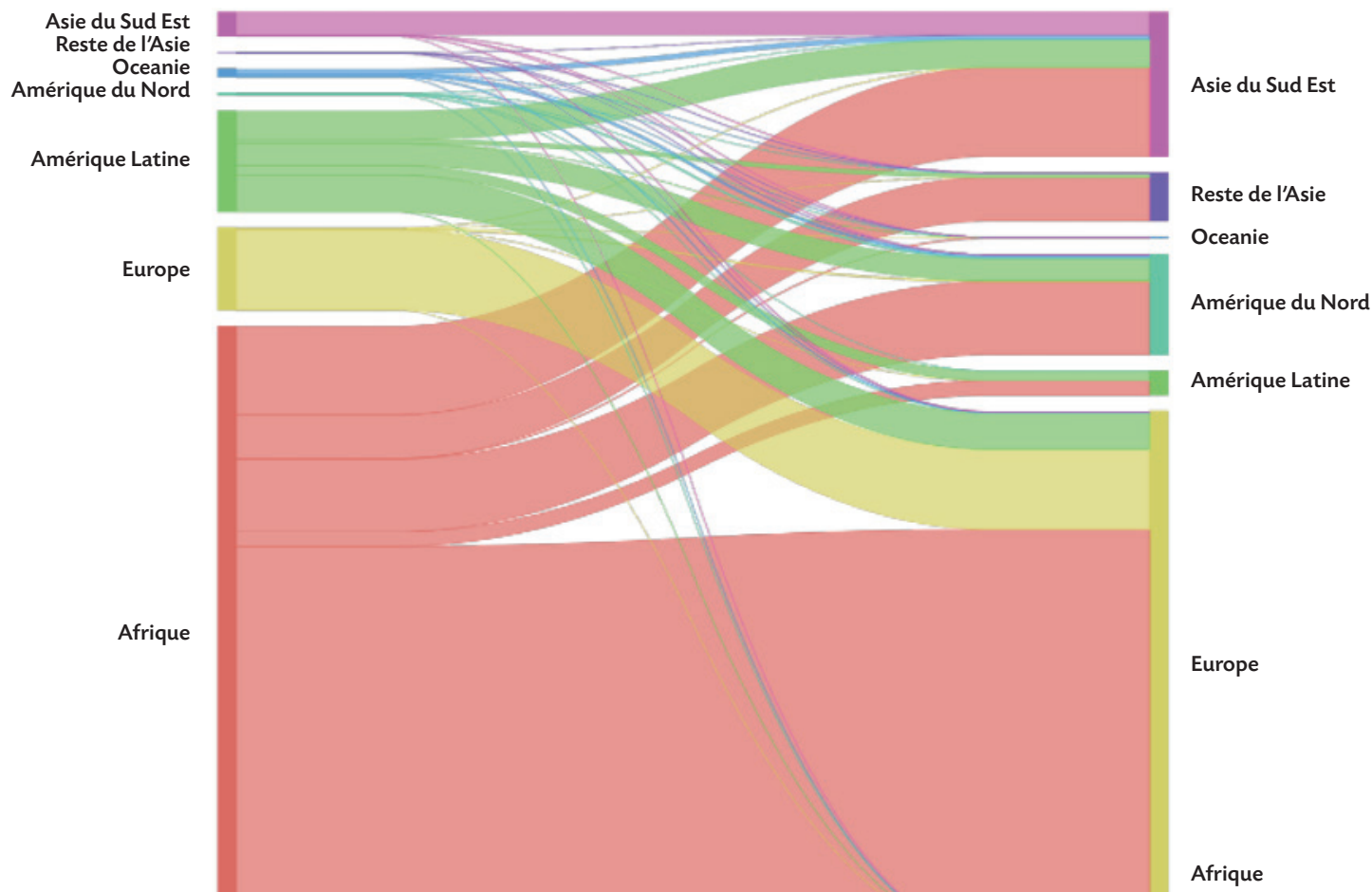


Figure 1.4 Flux d'exportation de fèves de cacao et régions importatrices destinataires durant la campagne 2019/2020. Source : ICCO

La Convention internationale pour la protection des végétaux (CIPV), sous les auspices de la FAO, gère une base de données sur les législations nationales en matière d'exigences, de restrictions et d'interdictions phytosanitaires, disponible à : <https://www.ippc.int/en/countries/all/legislation/>

3.2.1 Réglementations de l'UE concernant les pesticides et les produits de base

En 1991, la Commission européenne a lancé un processus d'analyse à l'échelon communautaire pour tous les **ingrédients actifs** (IA – également désignés sous le nom de **substances actives**) utilisés dans les produits phytopharmaceutiques dans les pays de l'UE. L'adoption de la **directive 91/414/CEE** a constitué un tournant dans l'utilisation des produits phytosanitaires en Europe. La procédure fait intervenir une évaluation des substances, suivie d'une recommandation auprès de la Commission européenne quant à leur acceptabilité. Les substances candidates sont inscrites sur la liste positive des IA, ou « Annexe I », si le risque encouru par les consommateurs, les travailleurs et l'environnement est jugé acceptable. La directive initiale faisait la distinction entre les composés « existants » (introduits sur le marché avant juillet 1993) et les « nouveaux » composés (introduits sur le marché par la suite). Si un composé ne pouvait pas être inclus à l'Annexe I, l'autorisation décernée aux produits contenant cette substance devait être retirée dans un intervalle de temps donné spécifié par la directive de la Commission. Ce programme d'évaluation a résulté dans les faits en une réduction considérable (> de 50 %) du nombre de pesticides pouvant être utilisés dans les pays de l'UE. La directive 91/414/CEE était considérée comme un processus réexaminé en permanence dans la mesure où « ...au cours d'un processus d'examen basé sur des évaluations scientifiques, tout demandeur se doit de démontrer qu'une substance peut être utilisée en toute sécurité en ce qui concerne la santé de l'homme, l'environnement, l'écotoxicologie et les résidus présents dans la chaîne alimentaire. »

Le règlement CE 1107/2009* a remplacé la directive 91/414/CEE, qui a été abrogée le 14 juin 2011. Il établit des contrôles encore plus stricts des IA et évalue les pesticides en termes de danger et non plus de risque¹⁵. De plus, les fumigants, les rodenticides et d'autres produits phytosanitaires utilisés dans les entrepôts sont soumis au **règlement sur les biocides UE/528/2012** (voir section 6.5).

Depuis la fin 2003, les questions d'évaluation des risques sont traitées par l'Autorité européenne de sécurité des aliments (AESa ou EFSA en anglais), tandis que la Commission européenne maintient son pouvoir de décision en matière de gestion des risques. Les normes appliquées lors de cette évaluation et la politique de leur utilisation sont améliorées en permanence par divers groupes d'experts et consignées dans des documents d'orientation appropriés. La direction de réglementation des produits chimiques du Bureau pour la santé et la sécurité du Royaume-Uni** a examiné les 286 substances figurant initialement à l'Annexe 1 de la directive 91/414/CEE et soumis à examen pour le règlement CE 1107/2009, sous l'angle des conséquences pratiques potentielles pour les agriculteurs de l'UE¹⁶. Elle a estimé que les critères **pourraient** inclure :

- Pas de CMR de cat. 1 ou 2 (substances cancérigènes, mutagènes ou toxiques pour la reproduction) à moins que l'exposition soit négligeable
- Pas de perturbateurs endocriniens (PE : voir encadré 1 \mathcal{E} ***) à moins que l'exposition soit négligeable
- Pas de POP (polluant organique persistant)
- Pas de PBT (substance chimique persistante, bioaccumulable et toxique)
- Pas de vPvB (substance très persistante et très bioaccumulable)
- Retrait de substances ayant une DJA (dose journalière admissible), une DRfA (dose de référence aiguë) ou un NEAO (niveau d'exposition acceptable de l'opérateur) nettement plus bas que ceux de la plupart des substances approuvées
- Pas de substances susceptibles de provoquer des effets neurotoxiques ou immunotoxiques pour le développement
- Pas de substances ayant un potentiel élevé de risque pour les abeilles
- Pas de substances préoccupantes et/ou pouvant s'infiltrer facilement dans les eaux souterraines.

Le **règlement 396/2005/CE**, entré en vigueur le 1^{er} septembre 2008, établit les limites maximales applicables aux résidus de pesticides dans les denrées alimentaires et les aliments pour animaux importés dans l'UE. Les premières LMR ont été publiées dans le règlement 149/2008/CE en mars 2008, sous forme d'annexes au règlement 396/2005/CE ; celles-ci ont été mises à jour avant d'entrer en vigueur et continuent de faire l'objet de révisions (voir section 3.2). Toutes les fèves de cacao importées dans l'UE doivent être conformes à ce nouveau règlement, bien que des LMR provisoires (LMRp) puissent s'appliquer à certains IA pendant une période de transition.

Les informations sont disponibles sur le site de la DG SANCO, à l'adresse suivante : http://ec.europa.eu/food/plant/protection/evaluation/index_en.htm, dans le but de « maximiser la transparence de la procédure de prise de décision ».

La Commission européenne a récemment annoncé la mise en œuvre du pacte vert pour l'Europe, une série d'initiatives ayant pour objectif la neutralité climatique de l'UE, afin que l'Europe devienne le premier continent neutre sur le plan climatique d'ici à 2050. Ces politiques concerneront de nombreux secteurs différents, parmi lesquels l'énergie, le bâtiment, le transport, l'industrie, l'alimentation et l'agriculture****. La stratégie « De la ferme à la table », qui se trouve au cœur du pacte vert pour l'Europe, vise à accroître la durabilité des systèmes alimentaires*****. Pour y parvenir, le programme a fixé les objectifs suivants :

- Affecter au moins 25 % des terres agricoles de l'UE à l'agriculture biologique d'ici à 2030
- Réduire l'utilisation et le risque des pesticides chimiques de 50 % d'ici à 2030
- Réduire l'utilisation des pesticides les plus dangereux de 50 % d'ici à 2030
- Réduire les pertes de nutriments dans les sols d'au moins 50 %
- Réduire le recours aux engrais de 20 % d'ici à 2030
- Réduire l'utilisation d'antimicrobiens dans l'agriculture et l'aquaculture de 50 % d'ici à 2030
- Créer un étiquetage pour les denrées alimentaires durables
- Réduire le gaspillage alimentaire de 50 % d'ici à 2030

* <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2009:309:0001:0050:EN:PDF>

** Formerly Pesticide Safety Directorate (PSD) UK (December 2008): Revised assessment of the impact on crop protection in the UK of the 'cut-off criteria' and substitution provisions in the proposed Regulation of the European Parliament and of the Council concerning the placing of plant protection products on the market.

*** http://ec.europa.eu/environment/chemicals/endocrine/definitions/endodis_en.htm (consulté en nov. 2021)

**** Voir : https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal_en

***** Voir : https://ec.europa.eu/food/horizontal-topics/farm-fork-strategy_en

Avec la réduction prévue de l'utilisation et des risques des pesticides dans l'UE dans le cadre de la stratégie « De la ferme à la table », l'autorisation actuelle des ingrédients actifs des pesticides fait l'objet d'un examen plus approfondi, ceux qui sont considérés comme plus dangereux faisant l'objet d'une révision et d'un retrait du marché. Pour les pays exportateurs de cacao, cela se traduit par le retrait d'un nombre croissant d'ingrédients actifs actuellement utilisés dans la lutte contre les ravageurs et les maladies du cacao dans l'UE. Il est essentiel pour les pays producteurs de rester informés des changements proposés dans le statut des produits phytosanitaires dans les importations de cacao afin de pouvoir identifier des produits de remplacement moins dangereux pour la lutte contre les ravageurs dans le cacao.

REMARQUE

1. Il est important de distinguer les LMR applicables aux produits agricoles, réglementées par les annexes du règlement CE 396/2005, des pesticides dont l'utilisation est approuvée dans l'UE, actuellement réglementés par le règlement CE 1107/2009. Ces deux réglementations ont cependant des points communs, comme indiqué ci-dessous.

2. Les chaînes d'approvisionnement en cacao sont complexes et contrôlées dans une large mesure par des sociétés internationales : au moment de la rédaction de ce document, le Royaume-Uni reste aligné sur les normes SPS de l'UE, même après le Brexit, du fait que le règlement (EC) 1107/2009 reste en vigueur en Grande-Bretagne en vertu du « Protocole sur l'Irlande/Irlande du Nord dans le cadre du retrait de l'UE ».¹⁷

Le chapitre 5 comprend une série d'aspects qui peuvent être indirectement liés aux limites de résidus. L'un des principaux objectifs de ce manuel est d'orienter le personnel de l'industrie du cacao sur les divers aspects multidisciplinaires de la lutte phytosanitaire. En particulier, il s'agit d'anticiper en matière de pesticides et pas seulement d'essayer de suivre la législation existante. Dans une certaine mesure, le règlement de l'UE CE 396/2005, qui continue d'être modifié (dans ses annexes), a pris au dépourvu bon nombre d'acteurs.

Plusieurs années pourraient être nécessaires à l'adoption des détails de la législation proposée, mais les instituts de recherche des pays producteurs de cacao devraient dès maintenant étudier les meilleures méthodes de gestion des principales espèces de nuisibles, si des substances éventuellement « menacées » (ex. certains pyréthroides et néonicotinoïdes) étaient jugées inappropriées aux cultures alimentaires.

3.2.2 Règlementations aux États-Unis

Aux **États-Unis**, l'**Environmental Protection Agency** (EPA) réglemente les pesticides selon deux normes fédérales (voir http://www.epa.gov/opp_00001/regulating/laws/fqpa/backgrnd.htm) dans le cadre de la loi sur la protection de la qualité alimentaire (FQPA) de 1996. La loi fédérale sur les aliments, les médicaments et les cosmétiques (FFDCA) réglemente le volume de résidus de pesticides autorisé dans les produits de consommation alimentaires. L'EPA produit des fiches d'information, élaborées dans le cadre des programmes d'homologation et de renouvellement des homologations de l'EPA. Lorsqu'une fiche d'information a été émise pour un « nouvel » ingrédient actif, cela est indiqué. L'EPA exige également que tous les pesticides soient clairement étiquetés, avec des instructions sur les procédés d'utilisation, de manipulation, d'entreposage et d'élimination : réglementé par la loi fédérale sur les insecticides, les fongicides et les rodenticides (FIFRA).

En outre, la **Food and Drug Administration (FDA)** fournit des orientations sur les produits de base alimentaires et les pesticides sur : <http://www.fda.gov/Food/FoodbornellnessContaminants/Pesticides/> (mais au moment de la rédaction de ce document, les rapports dataient d'il y a trois ans).

3.2.3 Règlementations au Japon

Le 29 mai 2006, le ministère de la Santé, du Travail et du Bien-être social (MHLW) a établi une liste positive pour les résidus de produits chimiques agricoles dans les denrées alimentaires, y compris le cacao, dans le cadre de la mise en œuvre de la Loi sur l'hygiène alimentaire. La liste des LMR est disponible sur : <http://www.mhlw.go.jp/english/topics/foodsafety/positivelist060228/dl/index-1a.pdf>. Des niveaux de résidus excessifs ont été trouvés dans un certain nombre d'échantillons et des cargaisons ont été rejetées au fil du temps. Le taux de rejet élevé a été attribué à la méthode d'analyse employée, qui était différente de celle utilisée par d'autres pays importateurs mais qui est maintenant en cours d'harmonisation (voir section 3.5).

3.2.4 Proposition de réglementation en RP de Chine

Les préoccupations liées à la qualité des aliments et la santé sont devenues une question de premier ordre en Chine et des propositions spécifiques ont été émises pour améliorer la réglementation des produits de cacao* : « La supervision de l'utilisation de coques de cacao importées ainsi que des fabricants de produits de cacao et d'aliments contenant du cacao comme ingrédient sera accrue, d'après une circulaire conjointe publiée... par l'Agence chinoise des produits alimentaires et

* Xinhua News Agency, Beijing, 29 Oct. 2013

des médicaments et la Direction générale de la supervision de la qualité, de l'inspection et de la quarantaine. » Cette circulaire prône un étiquetage strict des produits en chinois et des « vérifications des permis de production des fabricants de produits de cacao ainsi que la supervision des produits alimentaires dérivés du cacao. Elle exhorte également les autorités locales dans le domaine des produits alimentaires, de la qualité et de la quarantaine à effectuer des contrôles conjoints des produits de cacao et des aliments dérivés pour prévenir les risques de sécurité et d'alerter les services supérieurs en cas de problème ».

● 3.3 BPA, LAI et URP/UR dans la pratique

Il est communément admis que le contrôle des parasites sera plus efficace s'il est appliqué dans le cadre d'un protocole de « lutte antiparasitaire intégrée » (LAI ou IPM, pour *Integrated Pest Management*) – ou, plus généralement, de « gestion intégrée des cultures » (ICM, pour *Integrated Crop Management*). La mise en œuvre dans la pratique de la LAI, terme créé en 1967 par R.F. Smith et R. van den Bosch, a fait l'objet d'un débat intense, en particulier concernant l'emploi de pesticides. La définition arrêtée par l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO) et approuvée par les organismes agrochimiques, plusieurs ONG et l'Organisation internationale des agriculteurs est la suivante :

« La lutte antiparasitaire intégrée (LAI) désigne l'examen attentif de toutes les techniques disponibles pour lutter contre les ravageurs et l'intégration ultérieure de mesures appropriées pour prévenir l'apparition de populations nuisibles et maintenir l'utilisation des pesticides et d'autres types d'intervention à des niveaux économiquement justifiés, tout en réduisant le plus possible les risques pour la santé humaine et l'environnement. La lutte intégrée met l'accent sur la croissance d'une culture saine, avec un impact négatif minimal sur les agro-écosystèmes, et privilégie les mécanismes naturels de lutte contre les nuisibles ».*

● 3.3.1 Directive 2209/128/CE sur l'utilisation durable des pesticides

La LAI est également préconisée par la directive européenne sur l'utilisation durable des pesticides. En 2009, le Parlement européen a établi un cadre d'action communautaire dans l'objectif suivant : « Pour faciliter la mise en œuvre de la présente directive, il convient que les États membres aient recours à des plans d'action nationaux visant à fixer des objectifs quantitatifs, des cibles, des mesures, des calendriers et des indicateurs en vue de réduire les risques et les effets de l'utilisation des pesticides sur la santé humaine et l'environnement et à encourager le développement et l'introduction de la lutte intégrée contre les ennemis des cultures et de méthodes ou de techniques de substitution en vue de réduire la dépendance à l'égard de l'utilisation des pesticides. Les États membres devraient surveiller l'utilisation des produits phytopharmaceutiques contenant des substances actives particulièrement préoccupantes et fixer des calendriers et des objectifs de réduction de leur utilisation, notamment si c'est un moyen approprié d'atteindre les objectifs de réduction des risques. Les plans d'action nationaux devraient être coordonnés avec les plans mettant en œuvre d'autres dispositions pertinentes de la législation communautaire et pourraient être utilisés pour regrouper les objectifs à atteindre au titre des autres dispositions de la législation communautaire en rapport avec les pesticides. »

Selon la directive sur l'utilisation durable, l'emploi de pesticides dans les pays de l'UE doit obligatoirement respecter, depuis le début de 2014, les principes généraux de la LAI. Les États membres sont désormais obligés d'assurer une véritable « intégration » en adoptant un assortiment optimal de techniques de prise en charge des parasites, y compris :

- Des techniques de culture telles que la prise en compte des plantes hôtes alternatives potentielles des ravageurs, la suppression et le brûlage des portions affectées des plantes, l'élimination des cabosses infectées/infestées et une récolte complète et régulière.
- Une sélection clonale et d'autres techniques génétiques qui confèrent une résistance aux parasites ; ces approches sont des mesures à long terme (dans la majorité des cas, les recherches menées à l'heure actuelle n'auront probablement pas un impact à l'échelle du cultivateur avant plusieurs années).
- La préservation et/ou l'exploitation d'agents biologiques (par ex. de biopesticides et d'insectes prédateurs comme les fourmis).
- L'application de pesticides chimiques, mais seulement sur la base d'une utilisation rationnelle et responsable.

Quelle est la meilleure façon de mettre en œuvre la LAI dans les pays cacaoyers ? Dans un article récent**, M. Rob Jacobson suggérerait une série de messages clés à l'intention des décideurs et des agents de terrain, notamment :

- Ne pas sous-estimer l'importance de la LAI
- Consulter des agents de terrain expérimentés
- Prévoir des échéances raisonnables de mise en œuvre
- La formation est cruciale
- Connaître la cacaoculture et déterminer les attentes des clients en termes de qualité et de coût du produit
- Fournir les ressources appropriées de R&D pour élaborer des mesures de contrôle alternatives
- Cibler les pesticides spécifiques qui resteront nécessaires

* Code international de conduite pour la distribution et l'utilisation des pesticides, FAO, novembre 2002

** Newsletter of the Association of Applied Biologists: issue 79, Autumn 2013

- Prévoir des « filets de sécurité » assurant une seconde ligne de défense contre les principaux ravageurs
- Ne jamais relâcher l'emprise – être toujours prêt à relever le prochain défi.

3.3.2 Et du point de vue de l'exploitant ?

Les législateurs des pays cacaoyers doivent prendre en compte les attentes des consommateurs mais il est impératif que toutes les mesures adoptées répondent également aux besoins des exploitants. Bon nombre d'entre eux sont de petits exploitants qui, face aux problèmes phytosanitaires, cherchent souvent des solutions efficaces et continuent de faire appel aux pesticides pour y remédier. Ainsi, l'exploitant peut :

- Souhaiter acheter des pesticides pour d'autres cultures ou pour usage domestique qui ne sont pas adaptés au cacao et produisent des résidus nocifs ;
- Être confronté à un éventail de produits provoquant une certaine confusion ou se laisser persuader par le vendeur lorsqu'il se rend dans un magasin de produits agricoles ;
- Se voir offrir **des produits illégaux ou falsifiés** : il s'agit d'une préoccupation majeure des fournisseurs responsables. Pour en savoir plus : <https://croplife.org/crop-protection/anti-counterfeiting/>.



Quel produit choisir ? Est-il efficace, sûr, authentique et abordable ?

3.3.3 L'utilisation responsable/rationnelle des pesticides dans le cadre des bonnes pratiques agricoles

Une réunion internationale organisée au Ghana en octobre 2007, la **Table ronde pour une économie cacaoyère durable** (RSCE I), a réuni des cacaoculteurs, coopératives, négociants, exportateurs, transformateurs, chocolatiers, grossistes, organisations gouvernementales et non gouvernementales et institutions financières, ainsi que des organismes donateurs. Un consensus a été atteint sur plusieurs points d'action axés sur le maintien de la durabilité de la filière cacaoyère, souvent désignés comme « l'Agenda d'Accra ». Les questions relatives à la prise en charge des nuisibles figurent parmi les premières sur la liste des priorités, et les principales exigences qui suivent (entre autres) ont été identifiées :

- Prix rémunérateurs et revenus accrus pour les cacaoculteurs, en prenant en considération l'impact des politiques fiscales ;
- Développement et encouragement des **Bonnes Pratiques Agricoles (BPA)** pour augmenter la productivité et la qualité d'une manière qui respecte à la fois l'environnement et les niveaux sociaux ;
- Réduction des pertes dues à des parasites et des maladies par l'introduction d'un protocole de la **Lutte Antiparasitaire Intégrée (LAI)** ;
- Encouragement et support des services locaux fournisseurs du matériel de culture, des engrais, des pesticides etc. et leur formation en la matière ;
- Mécanisation des opérations agricoles pour réduire les coûts quand les circonstances le permettent ;

- Augmentation de l'efficacité de la main d'œuvre par une amélioration des pratiques de gestion ;
- Commercialisation viable comprenant le développement d'un réseau d'approvisionnement efficace pour accroître les marges reçues par les cultivateurs tout en maintenant la qualité du cacao et en améliorant la traçabilité le long de la chaîne de valeur.

Comme leur nom l'indique, les BPA englobent un grand nombre de procédures de production qui sont sûres, efficaces, recommandées et mises en application à l'échelon national ou en fonction des cultures. L'objectif de l'utilisation de pesticides est de parvenir à un contrôle efficace des parasites en conjonction avec la quantité minimale de résidus sur la culture (dans les limites possibles en pratique). Ces limites sont principalement établies par les sociétés agrochimiques qui souhaitent obtenir une homologation de leurs produits après avoir réalisé de nombreux essais selon des protocoles communément acceptés et rigoureux.

Les stratégies de lutte contre les insectes parasites et les maladies qui reposent sur l'application d'un nombre limité de pesticides ne sont presque certainement pas viables. Le « vide » qui a existé en matière de recherches sur les pesticides appropriés depuis la fin des années 1980 a concouru à plusieurs années de rendements en cacao médiocres. En conséquence, la plupart des petits exploitants agricoles ne connaissent pas les agents de contrôle et techniques de lutte antiparasitaire récents, et ils appliquent communément des produits plus anciens souvent plus dangereux.

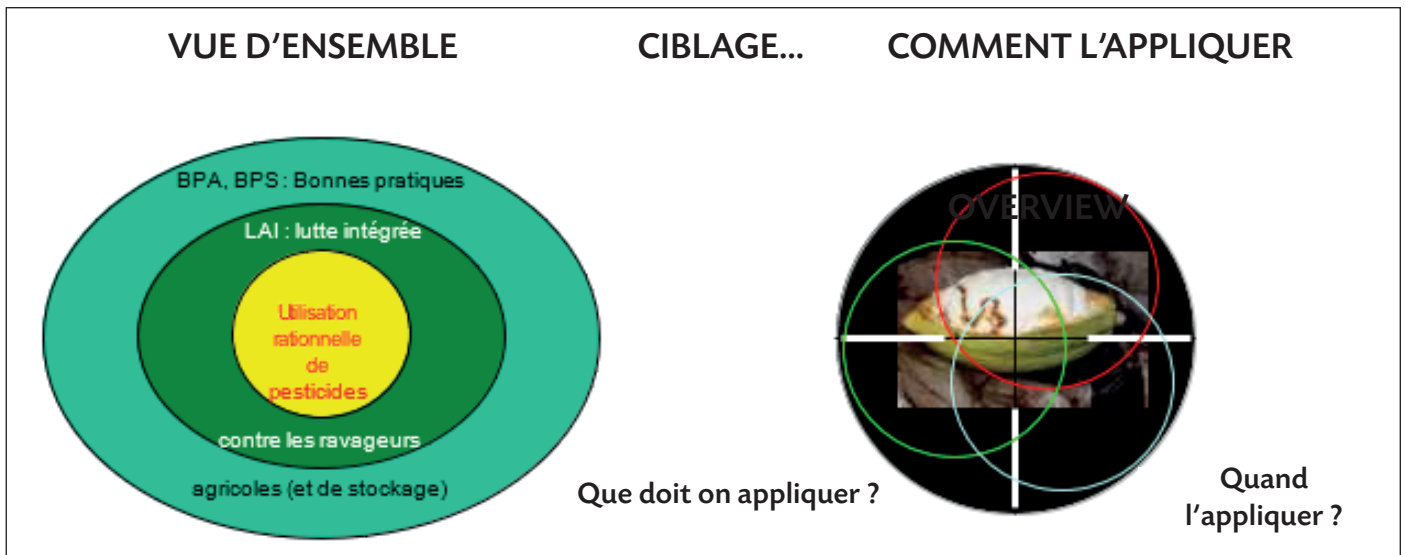
Il est maintenant urgent de mettre en place des programmes qui permettent de transmettre des techniques d'utilisation rationnelle des pesticides dans les principales régions de cacaoculture et qui abordent en premier lieu des problèmes tels que les suivants :

- Quel est le niveau réel du coût de la lutte contre les parasites et des frais opérationnels (sur des surfaces étendues) ?
- Pouvons-nous remplacer les produits dangereux utilisés à l'heure actuelle (classes I et II de l'OMS/EPA) dans un avenir proche ?
- Pourquoi les pesticides plus anciens sont-ils si populaires ?
- Existe-t-il des techniques de contrôle qui ont un impact minimal sur l'environnement tout en produisant une éradication efficace des nuisibles visés ?

L'expression « utilisation rationnelle (ou responsable) des pesticides » (URP⁴¹, ou UR dans les documents de *CropLife*) décrit l'utilisation ciblée et sûre de pesticides dans le cadre d'une stratégie de lutte contre les ravageurs. Trois éléments clés interviennent dans l'atténuation des effets nocifs des pesticides : l'amélioration de la sélectivité des produits eux-mêmes et la précision de leur application dans l'espace comme dans le temps. Les autres avantages possibles comprennent les suivants : réduction des coûts (en termes à la fois de pesticides et de main d'œuvre), amélioration de la sécurité et diminution de l'impact sur l'environnement. L'URP se rapporte donc aux tactiques et outils de prise en charge de problèmes tels que les résidus dans le cadre d'une stratégie LAI qui constitue elle-même un composant des bonnes pratiques agricoles. Les chapitres suivants visent à fournir l'information de contexte essentielle qui mène à une description pratique de la manière dont les pesticides devraient être utilisés, à savoir :

- 1. Le **diagnostic** du problème
- 2. La **sélection** du produit
- 3. Les techniques d'**application** sécurisées et efficaces
- 4. Le **moment choisi** pour effectuer l'application – non seulement pour un meilleur contrôle des parasites, mais aussi plus spécifiquement pour le contrôle des résidus communiqué à l'utilisateur par le **délaï avant récolte (DAR** – l'intervalle d'attente minimal entre la dernière pulvérisation et la récolte).





Dans la pratique, l'URP n'est possible qu'avec une **connaissance précise** des pesticides, de leurs propriétés et de leurs techniques d'applications. Ces aspects sont abordés au chapitre 4.

3.4 Certification

Bon nombre des principaux chocolatiers insistent aujourd'hui sur la nécessaire traçabilité des filières, et collaborent avec plusieurs organismes de certification, dont quatre sont décrits ci-dessous. Les premières expériences ont révélé la difficulté d'appliquer les normes du travail (et encore plus les normes phytosanitaires, moins « visibles ») dans des filières cacaoyères souvent éloignées et complexes, conduisant certains à mettre en question l'avantage de la certification pour les exploitants. L'ICCO a commandé une étude* sur les avantages, les inconvénients potentiels et les coûts de la certification pour les exploitants, avec une revue des recherches effectuées sur sa contribution à la « durabilité » du secteur. Il y était indiqué que « La hausse des rendements moyenne de 89 % au Ghana et de 101 % en Côte d'Ivoire – résultant de diverses interventions permises par la certification, telles qu'un meilleur accès aux pesticides, aux engrais, à la formation et donc aux bonnes pratiques agricoles – et la prime par tonne obtenue sont les principaux leviers de l'analyse de rentabilité. » Cependant, les exploitants doivent souvent s'engager à faire un investissement initial (en termes d'argent et d'efforts) et des doutes ont été exprimés sur l'équité de la répartition des primes, en particulier pour les petits exploitants. Les grands exploitants et les coopératives peuvent tirer parti des activités (sous des angles quelque peu différents) des systèmes de certification :



Certification CEN-ISO : en 2019/2020, le Comité européen de normalisation (CEN) et l'Organisation internationale de normalisation (ISO) ont publié la série de normes ISO 34101 sur le cacao durable et traçable afin d'encourager la professionnalisation de la cacaoculture**. Cette norme comporte quatre parties. La partie 1, Exigences relatives aux systèmes de management de la durabilité du cacao, vise à aider les utilisateurs à adopter des pratiques efficaces afin de leur permettre d'améliorer leur activité de façon continue. La partie 2 concerne les exigences de performance relatives aux critères économiques, sociaux et environnementaux. Les parties 3 et 4 définissent les exigences des systèmes de traçabilité et de certification***. Les certificateurs risquent donc d'envoyer des « messages » confus aux exploitants avec les récentes initiatives visant à « interdire » d'importants groupes de MdA sans avoir identifié d'autres techniques de lutte phytosanitaire efficaces et viables. Le groupe de travail ECA/CAOBISCO sur les pesticides a indiqué qu'il était essentiel de se coordonner et d'appuyer les activités des autorités de réglementation pertinentes – qui sont les seuls

* www.icco.org/about-us/international-cocoa-agreements/302-study-on-the-costs-advantages-and-disadvantages-of-cocoa-certification-october-2012.html

** www.standards.cencenelec.eu/dyn/www/f?p=205:32:0:::FSP_ORG_ID,FSP_LANG_ID:915650,25&cs=186971D7DCA57FB8AA001D0108ED514CD

*** www.cencenelec.eu/news-and-events/news/2020/briefnews/2020-10-23-standardization-impact-sustainable-development/

organismes juridiquement compétents actuellement pour interdire les substances dangereuses. La législation de l'UE sur la sûreté alimentaire prévoit une cascade de méthodes qui peuvent être utilisées aux fins des contrôles officiels. La priorité est donnée aux méthodes conformes aux règles ou protocoles internationalement admis, tels que ceux décrits dans les publications du CEN. Par conséquent, la majorité des normes européennes et d'autres produits du CEN en matière de denrées alimentaires et d'aliments pour animaux sont étayées par des mandats de la Commission européenne sollicitant l'élaboration de méthodes validées d'analyse des denrées alimentaires et des aliments pour animaux. » Le CEN et l'ISO ont conclu « l'Accord de Vienne » (1991) dans l'optique d'éviter les chevauchements de normes.

Fairtrade International (FLO) (<http://www.fairtrade.net>) : association multi-acteurs à but non lucratif comprenant 28 membres et organisations membres associés. Elle établit des normes sur les conditions de travail et les aspects économiques, mais aussi sur des critères environnementaux et phytosanitaires : « les normes Fairtrade comprennent des exigences de pratiques agricoles préservant l'environnement. Les principaux axes sont les suivants : utilisation minimale et sûre de produits agrochimiques, gestion appropriée et sûre des déchets, maintien de la fertilité du sol et des ressources en eau et non-utilisation d'organismes génétiquement modifiés. Les normes Fairtrade n'exigent pas la certification biologique. Cependant, la production biologique est encouragée et récompensée par des prix minimums plus élevés accordés par Fairtrade aux produits issus de l'agriculture biologique. » Elle met l'accent sur la LAI et sur l'emploi de pesticides moins toxiques dans son *Document for Small Producer Organizations**.

Rainforest Alliance (<http://www.rainforest-alliance.org>) est une organisation non gouvernementale (ONG) internationale fondée en 1987 afin de « constituer une alliance pour protéger les forêts, améliorer les moyens d'existence des agriculteurs et des communautés forestières, défendre leurs droits humains et les aider à atténuer la crise climatique et à s'y adapter »**. En collaboration avec un réseau de groupes environnementaux, les exploitants doivent respecter les normes requises pour la protection de la faune et de la flore, les droits des travailleurs et des communautés locales afin de pouvoir obtenir ce label certifié (voir illustration). Associée au Réseau pour l'agriculture durable (SAN : [www.http://sanstandards.org](http://sanstandards.org)), Rainforest Alliance a fusionné avec UTZ en 2018, avec qui elle a publié une Norme pour l'agriculture durable en 2020. Les exploitations agricoles sont soumises à trois types d'exigences pour mettre en œuvre et mesurer les améliorations, à savoir des exigences essentielles, obligatoires ou librement choisies, pour chaque champ d'application (gestion, traçabilité, revenus, agriculture, social et environnement). La gestion des produits agrochimiques appartient principalement à la catégorie de l'agriculture. Dans le cadre de cette norme, Rainforest Alliance a également publié un document sur la gestion des pesticides contenant une liste de pesticides interdits et de mesures d'atténuation des risques***.

3.4.1 Critères des certificateurs

Le principe de précaution est particulièrement bien ancré en Europe (par opposition à l'approche du *caveat emptor* rencontrée ailleurs, selon laquelle l'acheteur doit faire preuve de vigilance), et il a souvent servi de principe directeur pour limiter l'utilisation de pesticides. Rien n'empêche le principe de précaution de concorder avec les BPA et les principaux adeptes en Europe de cette approche (opposée à l'agriculture biologique) forment un groupe d'organisations nationales associées au sein de l'European Initiative for Sustainable development in Agriculture (EISA - <http://www.sustainable-agriculture.org>).

Les utilisateurs potentiels doivent connaître les critères d'évaluation des BPA – et en particulier des normes SPS – employés par les systèmes de certification. La prise de décision peut avoir été influencée par d'autres organisations et groupes de pression comme l'Alliance ISEAL (<http://www.isealalliance.org/>) et le Réseau d'action contre les pesticides (PAN : <http://www.pan-europe.info/>, <http://www.panna.org/>), qui contribuent à l'élaboration des listes de pesticides « interdits » ou « proscrits ». Malheureusement, certaines listes ont récemment inclus des substances qui sont actuellement permises dans la cacaoculture et dans les pays de l'OCDE, provoquant un amalgame entre des produits controversés (mais autorisés) et des pesticides obsolètes et hautement dangereux.

Les certificateurs risquent donc d'envoyer des « messages » confus aux exploitants avec les récentes initiatives visant à « interdire » d'importants groupes de MdA sans avoir identifié d'autres techniques de lutte phytosanitaire efficaces et viables. Le groupe de travail ECA/CAOBISCO sur les pesticides a indiqué qu'il était essentiel de se coordonner et d'appuyer les activités des autorités de réglementation pertinentes – qui sont les seuls organismes juridiquement compétents actuellement pour interdire les substances dangereuses.

* www.fairtrade.net/fileadmin/user_upload/content/2009/standards/documents/2013-02-12_EN_SPO_Explan_Doc_3_.pdf

** www.rainforest-alliance.org/about/

*** www.rainforest-alliance.org/resource-item/annex-s7-pesticides-management/

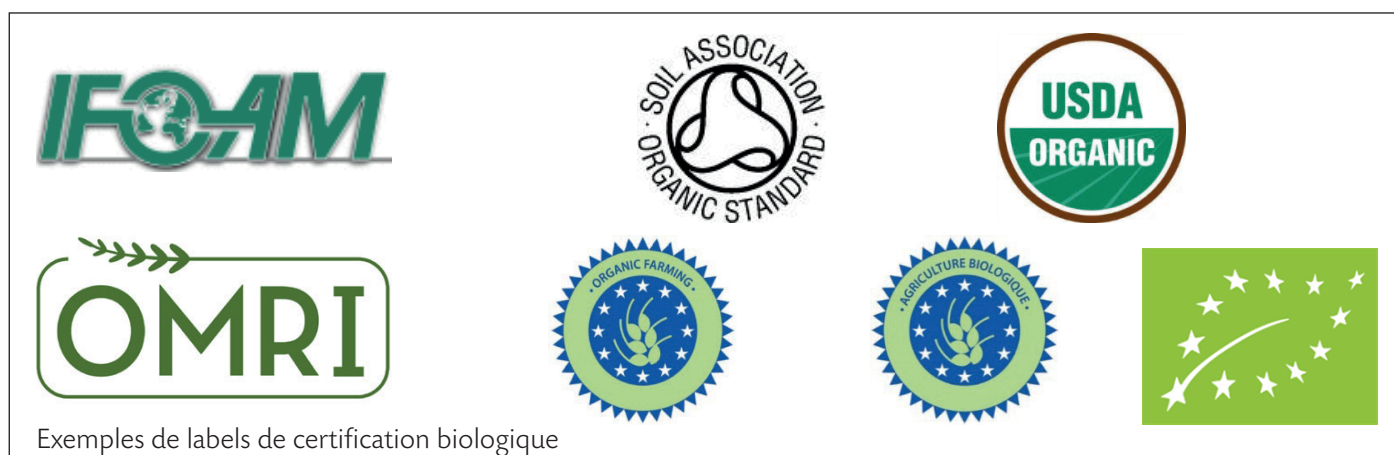
3.4.2 Le cacao biologique

En raison d'une série « d'alertes alimentaires » et des préoccupations des consommateurs en matière de sûreté alimentaire, la production de cacao biologique a bénéficié d'une croissance substantielle depuis le début du siècle*, peut-être tempérée par la récession depuis 2008. Lorsque la certification est mise en œuvre avec succès, l'exploitant bénéficie d'un prix plus élevé pour sa récolte, bien que certains affirment que la production peut inclure du cacao qui est « biologique par défaut » – dont les producteurs n'utilisent simplement pas des intrants comme les engrais et les pesticides (avec une productivité souvent faible) – plutôt que d'adhérer aux principes de l'agriculture biologique.

Il existe actuellement plusieurs interprétations de l'agriculture biologique dans différentes régions du monde, reflétant diverses approches (agricoles/techniques, économiques ou scientifiques et philosophiques). Une définition générale a été élaborée dans le *Codex Alimentarius* en 1999 : « *l'agriculture biologique est un système de gestion de production holistique qui favorise et met en valeur la santé de l'agro-écosystème, y compris la biodiversité, les cycles biologiques et l'activité biologique du sol. Elle met en avant l'utilisation de pratiques de gestion de préférence à l'utilisation d'intrants provenant de l'extérieur de l'exploitation, prenant en compte le fait que les conditions régionales exigent des systèmes localement adaptés. Ceci s'accomplit en recourant, lorsque cela est possible, à des méthodes agronomiques, biologiques et mécaniques, par opposition à l'utilisation de matériaux synthétiques, pour remplir toute fonction spécifique dans le système.* » La plupart des certificateurs sont affiliés à la Fédération Internationale des Mouvements Agricoles Biologiques (IFOAM : www.ifoam.org). L'IFOAM défend quatre principes de l'agriculture biologique : (i) santé : des sols, des plantes, des animaux, des hommes et de la planète ; (ii) écologie : s'accorde avec les systèmes et les cycles ; (iii) équité : caractérisée par l'intégrité, le respect, la justice et la bonne gestion ; (iv) précaution : conduite de manière prudente et responsable.

La production biologique n'est pas à l'abri des controverses, les arguments de ses détracteurs¹⁸ soulignant notamment les préjudices d'une agriculture extensive (usage des terres) pour l'ensemble des écosystèmes par rapport à « l'intensification durable »¹⁹ nécessaire pour nourrir une population humaine croissante et la superficie limitée des terres agricoles restantes. De plus, il est rare que l'agriculture biologique soit totalement exempte de pesticides, même si ses adeptes affirment qu'ils sont préoccupés par les substances « bioaccumulatives » ou « très persistantes dans l'environnement ». Il est notoire que les fongicides à base de cuivre continuent d'être autorisés et que dans les zones où certaines maladies du cacao telles que *Phytophthora megakarya* prédominent, les pertes de récoltes pourraient être très graves pour les producteurs qui utilisent uniquement la lutte biologique. Bien qu'il s'agisse d'un élément naturel, le cuivre n'est pas dégradé et s'accumule dans le sol lorsqu'il est continuellement utilisé²⁰. Les rares études menées jusqu'à présent n'ont pas dégagé d'effets nocifs de l'exposition à moyen terme pour les organismes du sol,²¹ bien qu'une étude brésilienne ait indiqué que de hautes concentrations de cet élément pourraient avoir des effets négatifs sur l'espèce d'arbre *Erythrina fusca*, importante pour l'ombrage des légumineuses. Il peut être argué qu'en revanche, certains produits chimiques synthétiques employés par les producteurs conventionnels sont plus sûrs à appliquer (la sécurité des composés de cuivre varie de la classe I à III) et dégradables dans l'environnement**. Dans l'UE, il a été proposé de limiter l'utilisation du cuivre à un taux inférieur à 8 kg/ha/an après 2002, et l'IFOAM a suggéré son retrait complet après 2010. Cependant, les agriculteurs « biologiques » continuent de pulvériser du cuivre, mais désormais généralement dans une limite de 6 kg/ha/an. Cela doit représenter un maximum de 4 pulvérisations annuelles au rythme d'application normal. L'emploi de fongicides au cuivre est examiné plus en détail dans la section 4.5.2.

Le cacao certifié « biologique » bénéficie d'une prime considérable. De nombreux systèmes et labels de certification de produits biologiques existent dans le monde, parmi lesquels :



* www.icco.org/about-us/international-cocoa-agreements/doc_download/114-a-study-on-the-market-for-organic-cocoa-september-2006.html

** Lors de l'enregistrement, les fabricants de pesticides doivent déclarer les voies de décomposition des IA et de leurs métabolites.

Le logo 'Euro-leaf' (en bas à droite) est devenu obligatoire à partir du 1^{er} juillet 2009 pour les aliments biologiques préconditionnés produits dans un des 27 États membres de l'UE. Dans l'UE, le logo portant l'inscription « Organic Farming » ou ses traductions (en bas à gauche et au centre) peut être employé de façon volontaire par les producteurs dont les systèmes et les produits ont été jugés conformes. Le règlement de l'UE n° 889/2008 établit des règles détaillées pour la mise en œuvre du règlement du Conseil (CE) n° 834/2007 – qui abroge et remplace le règlement (CE) n° 2092/91, afin de définir plus explicitement les objectifs, les principes et les règles à appliquer à la production biologique et de contribuer à la transparence et à la confiance des consommateurs ainsi qu'à une vision commune du concept de production biologique*.

3.4.3 Objectif prioritaire : une « intensification durable »

Ce manuel est axé sur l'utilisation appropriée des pesticides pour assurer une maximisation durable des rendements, dans le contexte des BPA/LAI pouvant être utilisées dans l'exploitation ou dans les entrepôts de cacao en vrac. La LAI – que certains considéraient au départ comme un luxe – est devenue une nécessité : cela ne signifie plus « mantra incroyablement populaire » (de l'anglais *Incredibly Popular Mantra*). C'est désormais une approche rigoureuse et pluridisciplinaire de la production agricole et son application fait l'objet de fortes pressions politiques. Durant la prochaine décennie, la demande de nouvelles techniques de LAI pratiques et efficaces ne cessera de croître parmi les cultivateurs de cacao et d'autres produits.

Le débat de longue date sur les questions liées aux pesticides ne semble pas sur la voie de s'apaiser, s'amplifiant proportionnellement d'accroître la production agricole, y compris de cacao, mais doit également être appréhendé dans des contextes plus larges incluant la perte d'habitat et le changement climatique.



* www.eur-lex.europa.eu/LexUriServ/site/en/oj/2007/L_189/L_18920070720en00010023.pdf

4.1 Qu'est-ce qu'un pesticide ?

Le terme « pesticide » peut être simplement défini comme toute substance qui est utilisée pour contrôler un parasite, à tout stade de la production de la culture, du stockage ou du transport. Il est maintenant généralement accepté que le terme « parasite » s'applique à tout organisme qui a des effets délétères sur les cultures, que ce soit des insectes, mauvaises herbes, etc. Une certaine confusion régnait autrefois entre les termes « pesticide » - qui a parfois été utilisé spécifiquement en référence à des agents de lutte contre les insectes - et « désherbant » (herbicide), ces deux aspects ayant été traités comme des problèmes d'agronomie séparés.

Les principales classes de pesticides sont les suivantes :

- Fongicides – pour la lutte contre des maladies telles que la pourriture noire
- Herbicides – qui tuent les mauvaises herbes
- Insecticides – qui contrôlent les insectes parasites mais qui peuvent aussi exercer des effets
 - acaricides : contrôle des acariens
 - nématocides : contrôle des nématodes (anguillules)

(Remarque : tous les insecticides ne détruisent pas les acariens et nématodes ; en revanche, de nombreux produits insecticides sont vendus principalement à titre d'acaricides et de nématocides).

- Rodenticides – qui détruisent les rats et les souris (ils sont souvent beaucoup moins efficaces contre les écureuils)
- Les autres types de pesticides comprennent les molluscicides (qui tuent les limaces et les escargots) et les bactéricides, mais ceux-ci ne sont généralement pas utilisés en cacaoculture. Certaines substances peuvent exercer des effets multiples (p. ex., le métame a une activité fongicide, herbicide et nématocide).

Dans chacun de ces groupes principaux, les produits sont également classés en fonction de leur nature chimique ou de leur **mode d'action (MdA)** biologique : voir la section 4.5.

Malheureusement, le terme « pesticide » est souvent traduit en des mots qui signifient également « médicament » ou autre substance similaire. Là encore, il est important d'être précis et spécifique : une opinion fautive fréquemment rencontrée chez les exploitants agricoles est que tous les pesticides ont des effets favorables, quelles que soient leurs propriétés. Pourtant, ils peuvent en fait se montrer nocifs.

4.2 Noms et composition des pesticides

D'un point de vue légal, **l'étiquette du produit** représente l'une des principales méthodes de communication entre une société agrochimique et l'utilisateur. Les mots les plus visibles sur l'étiquette seront généralement le **nom commercial** (ou **nom de marque**), et il est bien sûr dans l'intérêt du fabricant de promouvoir sa propre **marque** de pesticide. Du point de vue de l'efficacité, de la sécurité et des tolérances en matière de résidus, **l'ingrédient actif (IA)** : également appelé **substance active**) et sa concentration représentent toutefois les éléments les plus intéressants.

L'utilisation courante des noms de marque peut causer une confusion, car :

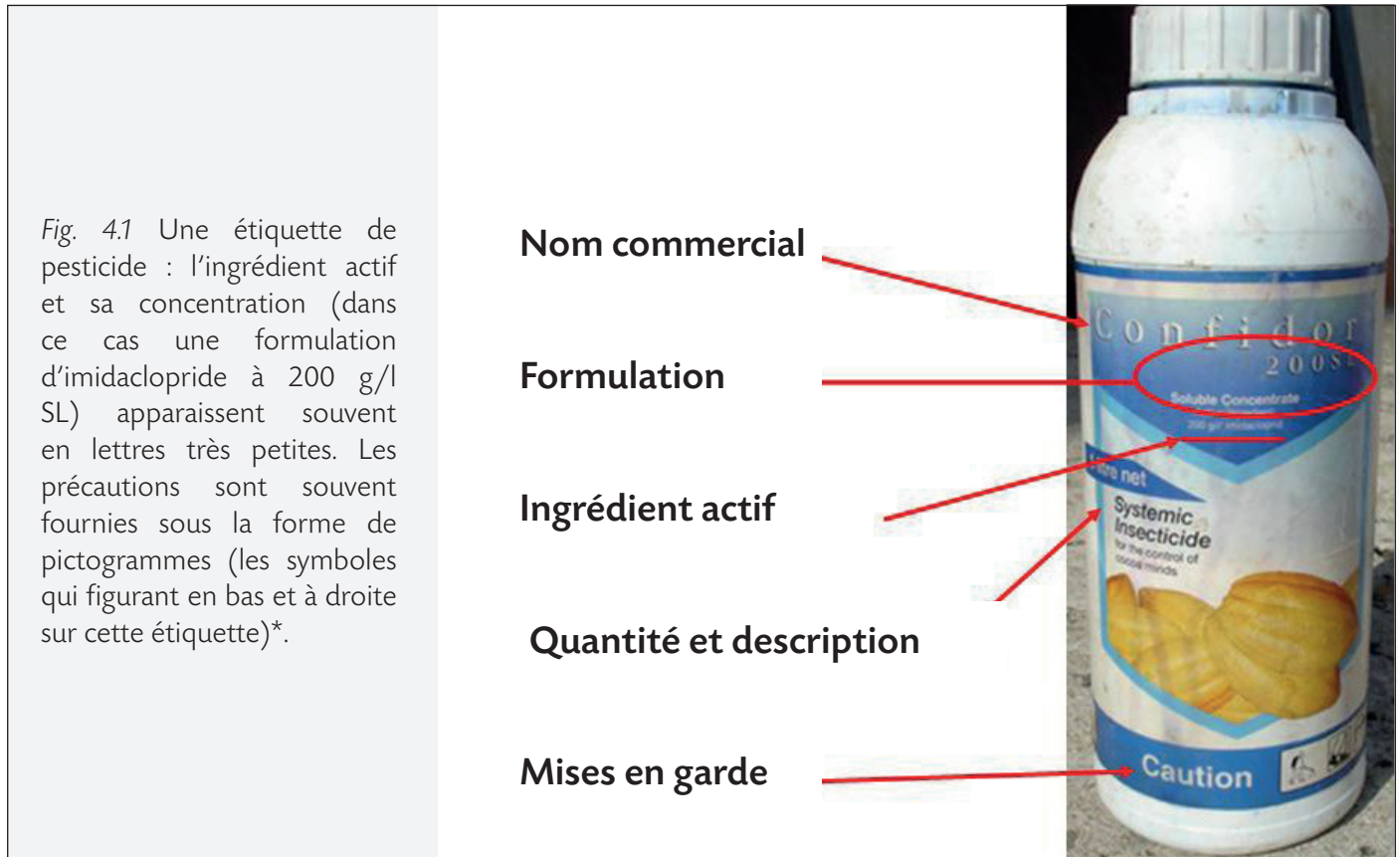
- Souvent (et de plus en plus), le nom de marque fait référence à un produit qui contient une combinaison d'ingrédients actifs ;
- Il est possible qu'un même produit soit désigné sous des noms de marque différents selon les pays et les langues ;
- Les ingrédients actifs des produits (notamment des produits à succès) peuvent être modifiés au fil du temps ;
- Les noms des composants de la formulation (et les chiffres utilisés dans ces noms) ne sont pas toujours conformes aux normes internationales.

Les étiquettes doivent également fournir la **dénomination chimique** – selon les règles de nomenclature fixée par l'*International Union of Pure and Applied Chemistry* (IUPAC) telle qu'adaptée à l'indexation dans les *Chemical Abstracts*. En pratique, les **dénominations communes** (pour lesquels il existe des normes ISO) sont généralement employées pour décrire les ingrédients actifs. Par exemple, l'insecticide pyréthroïde d'usage commun suivant est employé en cacaoculture :

Dénomination commune (ISO) - lambda-cyhalothrine - un nom plus facile à se rappeler que la ...

Dénomination chimique - de deux stéréoisomères : carboxylate de (S) - cyano-3-phénoxybenzyl (Z)-(1R,3R)-3-(2-chloro-3,3,3-trifluoroprop-1-ényl)-2,2-diméthylcyclopropane et carboxylate de (R)- -cyano-3-phénoxy-benzyl (Z)-(1S,3S)-3-(2-chloro-3,3,3-trifluoroprop-1-ényl)-2,2-diméthylcyclopropane.

Les noms commerciaux sont nombreux (notamment maintenant que le brevet du composé a expiré) et comprennent les suivants : « Karaté », « Kung Fu » et « Matador » (des noms utilisés par le même fabricant dans différents pays)*.



4.2.1 Ingrédients actifs (IA), composition, formulation

Pour les études de toxicologie, la détermination des résidus et l'évaluation de l'efficacité, l'analyse scientifique sera axée sur l'**IA**, tel que décrit par sa dénomination commune selon l'ISO. Toutefois, les produits pesticides consistent rarement en un matériau technique pur. L'IA est habituellement **formulé** avec d'autres matériaux et ceci correspond au produit tel que commercialisé, mais il peut être nécessaire de le diluer avant l'emploi. La **formulation** améliore les propriétés d'un produit chimique à des fins de manutention, de stockage et d'application, et elle peut par ailleurs avoir une influence importante sur son efficacité et son innocuité.

La terminologie relative à la formulation doit utiliser un système conventionnel à 2 lettres (p. ex., GR : granulés) répertorié par *CropLife International* (anciennement GIFAP puis GCPF) dans le *Catalogue of Pesticide Formulation Types* (Monographie 2²²), également reconnu par la FAO. Certains fabricants continuent de ne pas respecter ces normes de l'industrie, ce qui peut causer une confusion chez les utilisateurs.

Les produits qui sont de loin les plus fréquemment utilisés sont des formulations à mélanger avec de l'eau avant de les appliquer en pulvérisations. Les formulations miscibles à l'eau plus anciennes comprennent les suivantes :

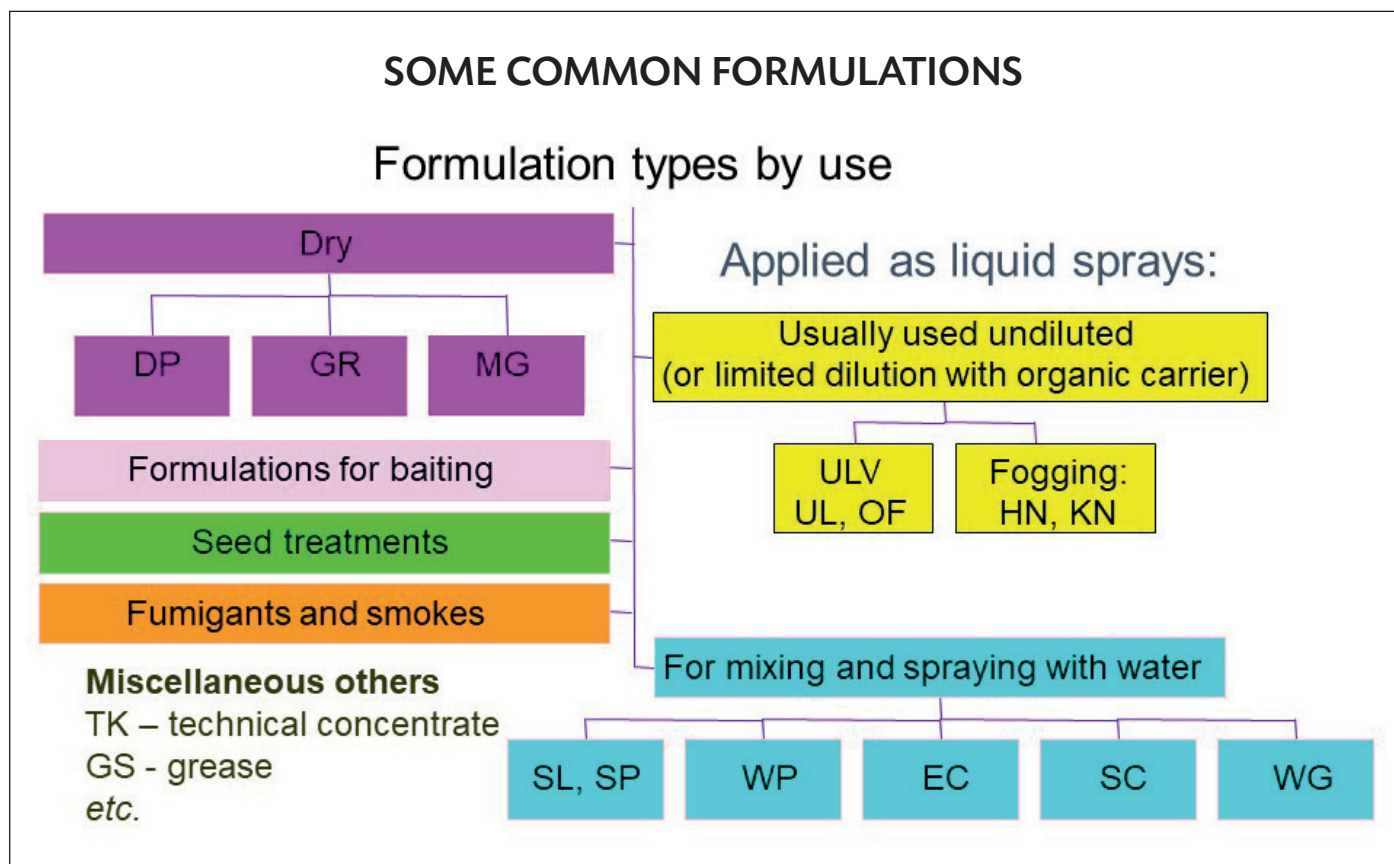
- | | | | |
|---------------------------|----|------------------------------|----|
| ➤➤ Concentré émulsifiable | EC | ➤➤ Concentré liquide soluble | SL |
| ➤➤ Poudre mouillable | WP | ➤➤ Poudre soluble | SP |

* La mention de composés ou de produits est faite uniquement à titre d'illustration et n'implique aucune recommandation ou avis.

Certaines formulations plus récentes, dont les suivantes, ne se présentent pas sous la forme de poudres et sont caractérisées par une utilisation réduite ou nulle de solvants dangereux et par une stabilité améliorée :

- >>> Suspension concentrée aqueuse SC
- >>> Suspension aqueuse de microcapsules CS
- >>> Granulés hydrodispersibles WG

Fig. 4.2 Les principaux groupes de formulations pesticides peuvent être illustrés comme suit :



Dans de très rares cas, certains pesticides (par ex. le malathion) peuvent être vendus à titre de matériau technique (TC, pour *technical material* – qui est principalement constitué de l'IA mais qui contient également de faibles quantités de sous-produits d'ordinaire inactifs générés durant le processus de fabrication). Les techniques à très faible volume (ULV) employant une solution à base d'huile (UL) ou des formulations en suspension (OF) doivent encore faire l'objet de tests exhaustifs sur le cacao, bien que certaines techniques de brumisation aient été employées dans des pays ayant de grandes plantations cacaoyères. Les DP (poudres) sont aujourd'hui rarement utilisées et connues pour être inefficaces et dangereuses (remplacées par les microgranulés ou MG pour d'autres cultures comme le riz).

Dans l'UE, les matériaux de formulation sont désormais traités dans de nouveaux règlements appelés REACH²³ (CE 1907/2006), conçus pour promouvoir l'utilisation de méthodes alternatives d'évaluation des propriétés dangereuses de substances. L'autorisation a été supprimée pour plusieurs groupes de produits chimiques précédemment utilisés dans les formulations de pesticides (p. ex., agents de surface à l'éthoxylate d'alkylphénol ou APE).

● **Activité biologique des pesticides**

L'application d'un pesticide a pour objet de produire un effet biologique sur le ravageur visé. Cet effet, qui est souvent décrit par les scientifiques sous le nom de **réponse**, est **proportionnel à la dose** – ce qui signifie généralement que plus la dose est élevée, plus le nombre d'individus affectés (et en définitive détruits) dans une **population** d'organismes est important. La population en question peut être constituée par les **ravageurs visés**, mais elle peut aussi comprendre des êtres humains ou d'autres **organismes non-cibles** (bénéfiques ou nuisibles à des animaux et plantes) accidentellement exposés. Cette possibilité est examinée durant des expériences en laboratoire appelées **biodosages**, qui mesurent la réponse sur un éventail de doses (différentes quantités du pesticide [IA] administrées séparément aux organismes cibles).

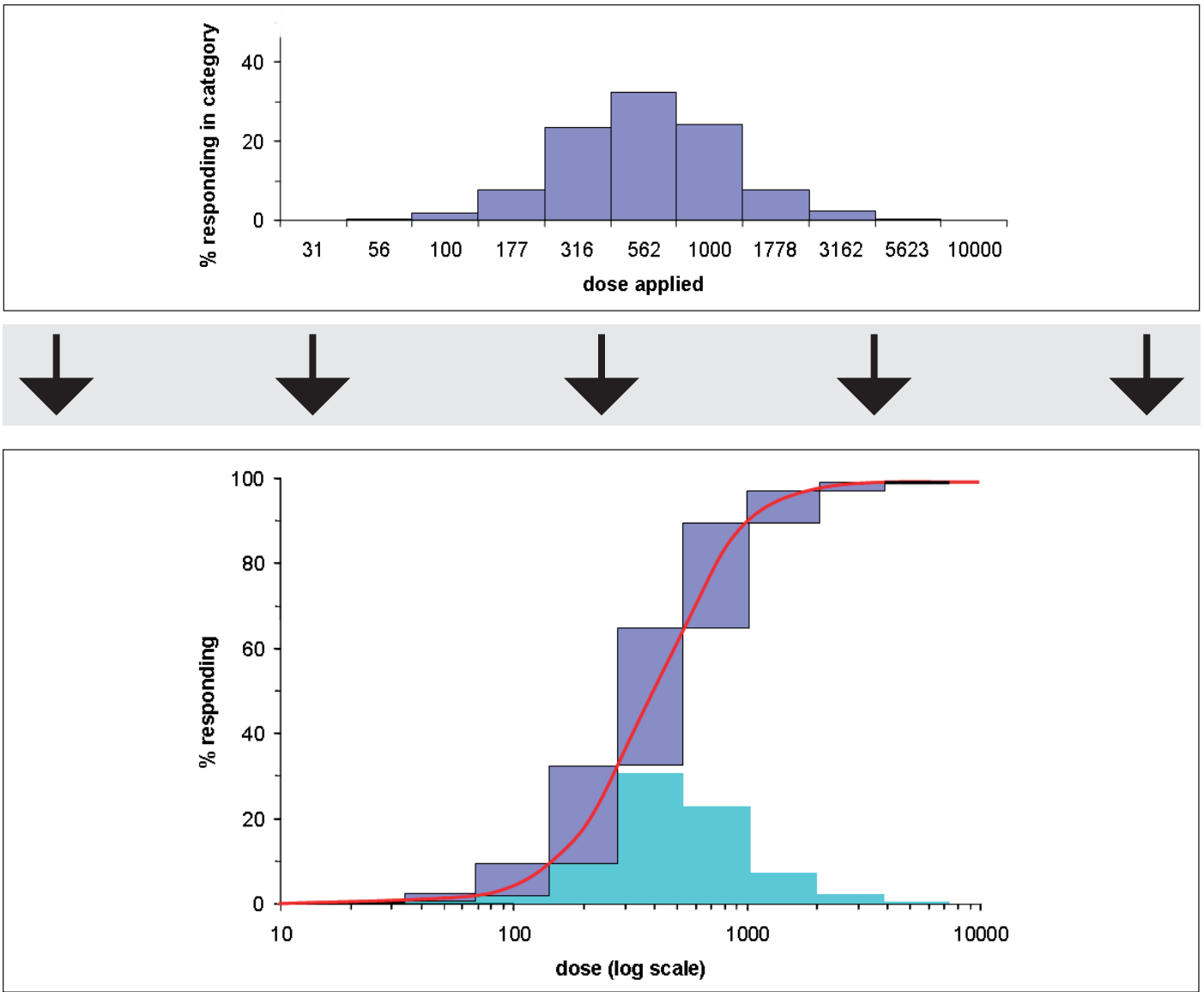
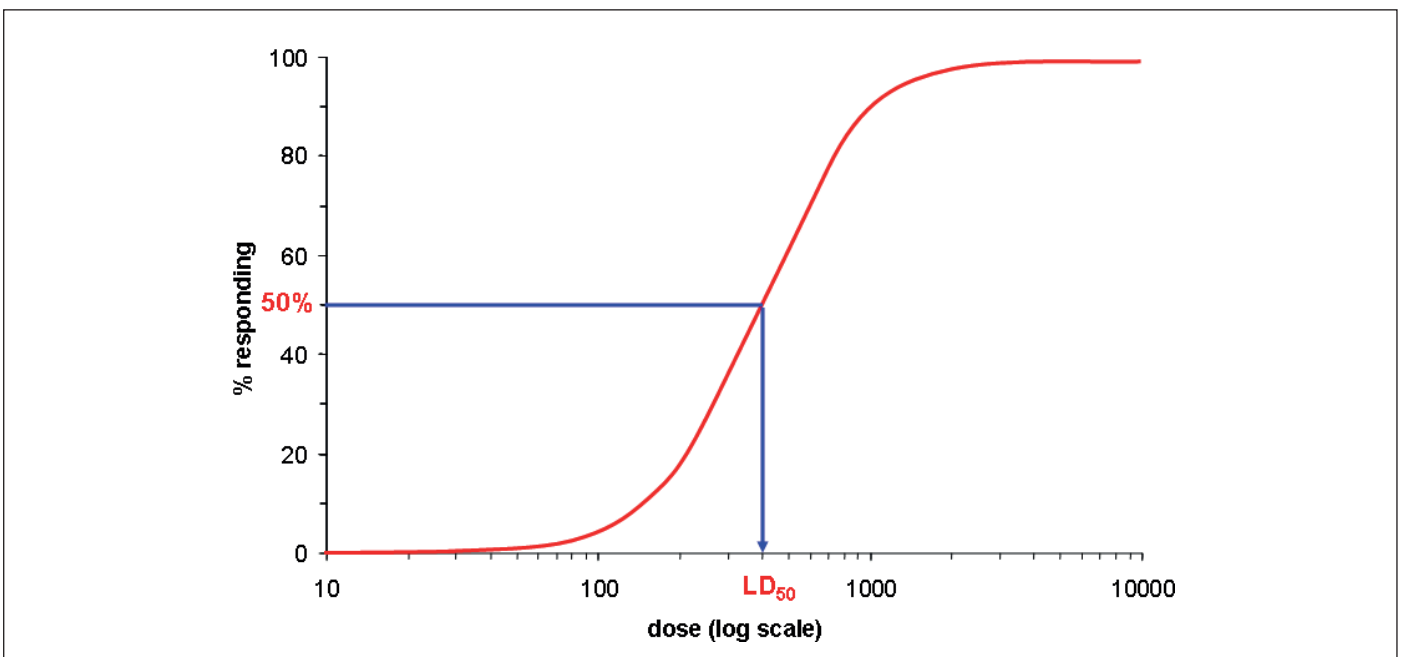


Fig. 4.3. Courbe sigmoïde de la réponse en fonction de la dose dérivée de la courbe de distribution normale (*ci-dessus*) après accumulation sur une échelle de 0-100 %. Les doses sont exprimées sur une échelle logarithmique (sinon, la courbe en « S » serait extrêmement asymétrique). Des statistiques telles que la LD50 peuvent être tirées de cette relation (*ci-dessous*).



Représentée graphiquement, la réponse est **non linéaire** (c.-à-d. ne suit pas une ligne droite) mais elle décrit généralement une courbe **sigmoïde** (en forme de « S ») – voir la fig. 42. Le premier diagramme montre que cette courbe sigmoïde dérive d'une **distribution normale** – la courbe en forme de cloche qui décrit la variabilité naturelle largement répandue chez des organismes vivants (par ex. la taille d'un échantillon de population humaine, le poids des fèves de cacao, l'aptitude d'animaux à tolérer la sécheresse). En analysant cette « ligne » de la réponse en fonction de la dose, il est possible d'estimer la **dose létale médiane**, ou DL_{50} , d'un pesticide dans un groupe d'organismes (c.-à-d. la dose exacte qui produirait la destruction de 50 % des ravageurs d'une population à l'essai).

La DL_{50} est obtenue à partir de la courbe de la réponse en fonction de la dose et elle représente la dose à laquelle 50 % des organismes (p. ex., des ravageurs) utilisés dans le test sont tués. En pratique, une variabilité considérable est souvent observée dans les taux de mortalité mesurés à différents niveaux de doses, et on fait appel à des méthodes statistiques (appelées analyses par la méthode des logits ou probits) pour déterminer les DL_{50} le plus précisément possible.

D'autres niveaux de réponse peuvent être utilisés, comme la DL_{10} ou la DL_{90} (c.-à-d. qui produisent un niveau de destruction de 10 % et 90 %, respectivement), mais la DL_{50} est le critère le plus communément utilisé, car il représente le point auquel la dose peut être estimée le plus précisément. Dans certains biodosages, le pesticide n'est pas administré directement à la cible et la dose réellement appliquée à un individu donné est donc inconnue. Différents **schémas posologiques** (voir la section 6.1) peuvent être appliqués (p. ex., dépôts en surface à différents taux de préparations pesticides à diverses concentrations). Dans ce cas, la **concentration létale médiane**, ou CL_{50} , sera rapportée.

4.4 Propriétés des pesticides et modes de transfert de dose

Il existe des centaines de pesticides qui agissent de diverses manières et les différents types d'actions de contrôle affectent la quantité, l'efficacité et la vitesse de **transfert de dose** au ravageur visé.

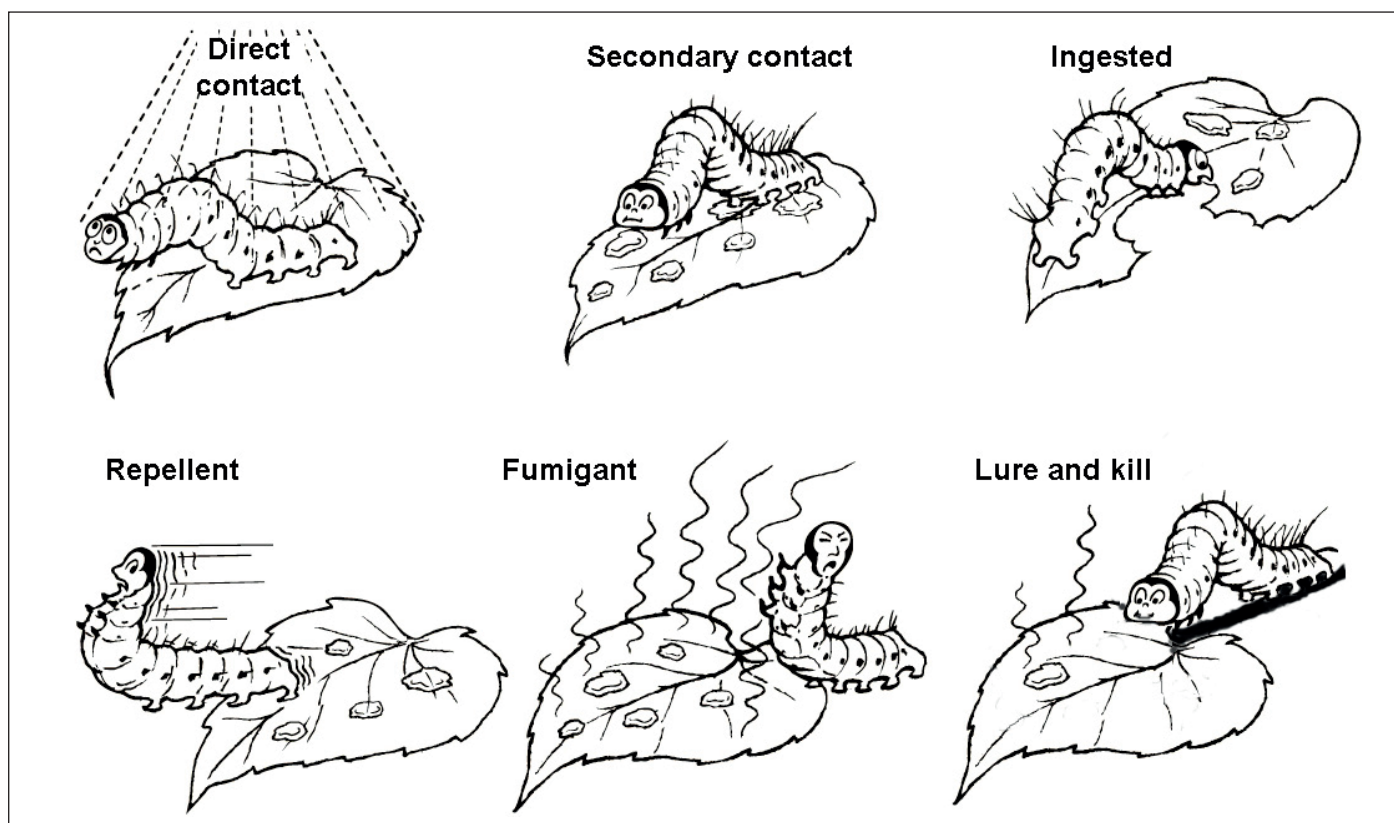


Fig. 4.4 Résumé des principaux mécanismes de transfert de dose d'insecticide.

Sauf dans certaines circonstances, les agriculteurs (et les chercheurs) n'apprécient pas nécessairement que le **contact direct** se traduise que par un transfert de dose relativement faible. L'effet de nombreux insecticides repose sur une exposition des ravageurs à une dose létale par **contact secondaire** (quand ils se contaminent en rampant sur les dépôts) ou par **ingestion**. Les fongicides tels que le cuivre, qui ont une **action préventive** seulement, doivent être également bien distribués sur la surface de la plante pour empêcher une infection par des maladies fongiques. En pratique, les insecticides de contact et les fongicides à effet préventif doivent être appliqués de façon à ce que la **couverture** par les

gouttelettes pulvérisées soit importante afin qu'un contact avec la cible ait lieu (encore que l'eau de pluie puisse produire une **redistribution** des dépôts de cuivre sur la surface de la plante). Une **activité par fumigation** est particulièrement importante pour le contrôle des ravageurs des stocks. Certains insecticides plus anciens (p. ex., le lindane, l'endosulfan : voir Insecticides ci-dessous) sont particulièrement efficaces, car l'activité par fumigation contribue souvent à compenser une application en champ inadéquate (difficile dans le meilleur des cas en cacaoculture). La **répulsion** n'est pas nécessairement utile – notamment si la durée de vie des dépôts est limitée ou si les ravageurs sont en conséquence exposés à des doses sublétales. Toutefois, le concept d'**attraction et de destruction** (consistant à mélanger un insecticide avec un attractif) a été utilisé avec beaucoup de succès dans la lutte contre des ravageurs tels que les mouches des fruits.

Une **ingestion** d'insecticide peut se produire de multiples façons : soit à partir d'un **dépôt résiduel** (comme illustré), soit par translocation – quand les pesticides ont la capacité d'être absorbés dans la plante et sont redistribués, y compris sur le site d'attaque. Selon leurs propriétés physico-chimiques (voir la section 4.4.1.), certains pesticides peuvent être **translaminaires** (migrant sur de courtes distances au travers de la surface des feuilles pour atteindre les tissus) ou **systémiques** (l'insecticide, le fongicide ou l'herbicide est véhiculé dans la plante sur des distances plus longues).

L'**action systémique** est une caractéristique importante de nombreux fongicides et herbicides modernes, et ce type d'activité s'avère en outre souvent efficace dans la lutte contre les insectes suceurs (aphides, capsides, cochenilles, etc.) et les ravageurs « cryptiques » (p. ex., les insectes de type fouisseur qui pénètrent dans la plante et ne sont probablement pas exposés à la pulvérisation). La translocation systémique a habituellement lieu par diffusion **acropétale**, migrant vers le haut de la plante à partir du point d'application ou vers la lisière des feuilles si celles-ci sont pulvérisées. Seuls les herbicides (et le rare exemple des fongicides de la famille des phosphonates et probablement d'un insecticide lancé récemment) migrent vers le bas de la plante (diffusion basipétale) en direction des racines.

4.4.1 Propriétés physico-chimiques (et sources d'information)

Les lecteurs qui souhaitent en apprendre davantage sur les pesticides peuvent consulter le *Pesticide Manual*²⁴, qui est disponible sous forme écrite et électronique (ce dernier support est mis à jour chaque année*). Là encore, il convient de souligner l'importance de la précision, et un ouvrage de référence tel que celui-ci est un outil essentiel pour les décideurs, les scientifiques de pointe dans le domaine de la phytoprotection, etc. Le *Pesticide Manual* fournit l'information suivante :

- Les dénominations : les appellations conformes à la nomenclature internationale et les noms de marque communs des produits
- Les propriétés physico-chimiques et les méthodes d'analyse
- Les études concernant la commercialisation et les évaluations toxicologiques (y compris le numéro d'enregistrement du Chemical Abstracts Service [CAS RN] et le statut selon les réglementations de l'UE)
- Le mode d'action, les utilisations communes et les types de formulation
- La toxicologie chez les mammifères
- L'écotoxicologie et le devenir dans l'environnement

Bien qu'une bonne partie de cette information soit de nature spécialisée, tout conseiller en matière de pesticides devrait se familiariser avec la fonction de certaines entrées essentielles.

Par exemple, les informations sur des propriétés telles que la pression de vapeur, la solubilité et le coefficient de partage (log P) peuvent donner des indices importants sur le comportement d'un composé sur une plante ou dans l'environnement.

- **Solubilité** : sauf indication contraire, les unités de solubilité dans l'eau sont en mg par litre (mg L⁻¹). La température, le pH et la méthode employée ont une influence sur les mesures.
- **Coefficient de partage : K_{ow} (exprimé comme Log P)** : permet de mesurer la lipophilie/ hydrophilie d'une substance. Il est utile pour déterminer les propriétés de la plupart des pesticides et autres substances organiques, à condition que leur poids moléculaire ne soit pas trop élevé. C'est un paramètre adimensionnel qui équivaut au rapport de concentration (au point d'équilibre) de la masse dissoute de la substance entre des couches égales de n-octanol et d'eau. K_{ow} est souvent exprimé comme Log P (soit le logarithme de base 10 du K_{ow}) et est considéré comme un bon indicateur de :
 - l'action systémique, les valeurs basses (généralement <=2) indiquant une translocation systémique probable des pesticides ou des produits de la décomposition des pesticides, et les valeurs très basses (ou négatives) indiquant souvent une translocation basipète, comme pour de nombreux herbicides.

* Ressource en ligne gratuite énumérant de nombreuses propriétés de pesticides peut être trouvée à : <http://sitem.herts.ac.uk/aeru/ppdb/en/search.htm>

- l'accumulation dans les organismes et les chaînes alimentaires (bioaccumulation, en corrélation positive avec log P).

➤➤ **Pression de vapeur (pv)** : mesure de la capacité de volatilisation, qui peut être considérée comme un avantage ou un inconvénient pour les pesticides :

- un pesticide à action fumigène peut avoir un pouvoir de pénétration intéressant, mais...
- une pv élevée peut provoquer une dérive de vapeur et une pollution de l'environnement. Cela a été remarqué pour la première fois avec certains des premiers herbicides synthétiques à base d'auxine.

L'unité SI utilisée habituellement pour la pression de vapeur est le millipascal ($\text{mPa} = \text{g} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{s}^{-2}$ ou $0,001 \text{ N} \cdot \text{m}^{-2}$).

➤➤ **Constante de Henry** : ou coefficient de partage eau-air (parfois écrit K_{aw}) désigne le rapport de concentration d'une substance au point d'équilibre entre l'eau et l'air, et donc la tendance d'un matériau à se volatiliser d'une solution aqueuse dans l'air. Parfois mesuré mais le plus souvent calculé comme le rapport de pression de vapeur (en pascals) \times poids moléculaire / solubilité (mg L^{-1}).

➤➤ **Coefficient d'adsorption, K_{oc}** : désigne le rapport (au point d'équilibre) de la masse d'une substance adsorbée dans une masse unitaire de sol, par rapport à la masse restant dans la solution aqueuse. Il est hautement influencé par la teneur en carbone organique du sol et la valeur dépend également du type de sol et de son pH ; il doit donc être utilisé avec prudence et une fourchette de valeurs déterminées est couramment employée.

● 4.5 Groupes de mode d'action (MdA)

Historiquement, les pesticides ont souvent été classés en fonction de leurs groupes chimiques, ce qui est utile pour comprendre les propriétés d'un composé donné (comme décrit ci-dessus). Toutefois, la première entrée fournie pour la plupart des composés dans le *Pesticide Manual*³ est le groupe de **mode d'action (MdA)**, qui est sans doute la classification des pesticides la plus intéressante pour les biologistes.

Les entrées relatives au MdA peuvent se présenter comme suit : « FRAC G1 », « IRAC 2A » ou « HRAC G ». Du point de vue de l'industrie des pesticides, l'une des principales menaces à la durabilité de l'effet d'un produit et à l'innovation est l'apparition d'une **résistance** (voir la section 4.6). Les sociétés axées sur la recherche collaborent (sous les auspices de *CropLife International*) pour mieux comprendre les mécanismes de MdA et travaillent ainsi dans l'intérêt général en atténuant l'émergence d'une résistance. À l'heure actuelle, les comités spécialisés sont au nombre de quatre :

- Le comité d'action sur la résistance aux fongicides (FRAC, pour *Fungicide Resistance Action Committee*)
- Le comité d'action sur la résistance aux insecticides (IRAC, pour *Insecticide Resistance Action Committee*)
- Le comité d'action sur la résistance aux herbicides (HRAC, pour *Herbicide Resistance Action Committee*)
- Le comité d'action sur la résistance aux rodenticides (RRAC, pour *Rodenticide Resistance Action Committee*)

Le MdA décrit la manière dont un pesticide attaque certains processus biologiques (qui correspondent souvent à des voies biochimiques particulières dans un type donné de cellules vivantes) chez le parasite. Par exemple :

- Les herbicides sélectifs interfèrent sur un processus photosynthétique particulier dans les chloroplastes des cellules végétales sensibles (c.-à-d. dans les mauvaises herbes, et non les cultures).
- Les insecticides de la famille des pyréthroïdes et des néonicotinoïdes interfèrent sur les cellules nerveuses (et ont un assez **large spectre**).
- Les phénylamides interfèrent sur des voies de synthèse spécifiques d'acides nucléiques dans des Oomycètes tels que *Phytophthora*.

La classification des pesticides selon le MdA est importante pour :

- Gérer la résistance (la rotation de 3 MdA ou plus à intervalle saisonnier est souvent efficace) ;
- Comprendre les mécanismes biochimiques conditionnant l'efficacité d'une substance et, en conséquence :
 - Déterminer les effets probables (et souvent son délai d'action) sur le parasite visé ;
 - Élaborer une classification des pesticides utile pour les biologistes.

Lorsqu'ils pénètrent dans un organisme, les pesticides sont souvent **métabolisés** - ou transformés - en un ou plusieurs composés chimiques différents. Les métabolites (dérivés de cette transformation) peuvent être soit plus toxiques, soit moins toxiques que l'ingrédient pesticide de départ. Au fil du temps, un organisme devient éventuellement capable de métaboliser certains pesticides en des métabolites non toxiques, et sa survie ou destruction peut alors dépendre

de la rapidité avec laquelle le composé sera transformé avant que l'activité toxique ne soit atteinte ou ne devienne irréversible. En revanche, certains pesticides sont efficaces uniquement après avoir été métabolisés en un composé létal dans l'organisme.

Le MdA déterminera souvent le **spectre d'action**, c'est-à-dire la mesure dans laquelle un pesticide distingue entre des organismes cibles et non-cibles. Un pesticide **sélectif** affecte une gamme très étroite d'espèces en dehors du parasite visé. Le produit chimique lui-même peut être sélectif en ce qu'il n'affectera pas des espèces non-cibles ou en ce qu'il peut être utilisé sélectivement de manière à ce qu'un contact avec des espèces non-cibles soit évité. Les pesticides **non sélectifs** détruisent une gamme très large de mauvaises herbes, d'insectes, d'organismes responsables de phytopathologies, etc.

4.5.1 Insecticides

Les insecticides (par opposition aux fongicides et aux herbicides) sont peut-être les pesticides les plus controversés. Historiquement, ils ont inclus certaines des substances les plus toxiques employées par les agriculteurs, mais les insecticides modernes comprennent désormais des substances qui peuvent être formulées dans des produits appartenant à la classe de toxicité III ou mieux (voir la section 5.1.1). Une brève description du **classement des MdA de l'IRAC** est donnée ci-dessous, avec un résumé des propriétés des insecticides actuellement employés dans la cacaoculture dans le *tableau 4.1*.

- Les **insecticides du groupe 1** inhibent la filière de l'acétylcholinestérase (AChE) aux jonctions nerveuses. Le mécanisme de l'AChE dans les synapses des insectes étant similaire à celui des mammifères, beaucoup de composés du groupe 1 sont extrêmement ou hautement dangereux, bien qu'il existe plusieurs exceptions (ex. malathion, temephos qui appartiennent à la classe de toxicité III). Ce groupe contient une série de composés systémiques (ex. carbofuran, carbosulfan, diméthoate, monocrotophos) qui peuvent avoir une pression de vapeur significative ($p_v > 1$) et qui sont divisés en deux sous-groupes chimiques :
 - A : carbamates, tels que promécarbe et propoxur, qui étaient employés dans le cacao mais qui sont maintenant interdits dans l'UE. Le fénobucarbe (BPMC) est encore largement employé contre les insectes suceurs en Asie, mais pas en Europe, les limites de résidus supérieures au seuil de détermination (SdD) pour ce composé dans l'UE étant donc appelées à être provisoires.
 - B : insecticides organophosphorés (OP) tels que malathion, chlopyrifos et pirimiphos
- Les composés du **groupe 2** sont appelés antagonistes des canaux de chlorure GABA*-dépendants et comprennent deux sous-groupes :
 - A : composés organochlorés plus anciens : HCH** (hexachlorocyclohexane, dont l'isomère gamma purifié est appelé lindane) et le groupe de composés des cyclodiènes, qui comprend l'endosulfan. Les HCH et l'endosulfan ont toujours été des insecticides très importants dans la cacaoculture, mais sont désormais obsolètes et ont été retirés. Leur action fumigène (haute p_v , voir la section 4.4.1.) était considérée comme un avantage utile pour les exploitants – compensant une application déficiente – mais est désormais jugé inacceptable sur le plan environnemental ; en 2009, la production et l'utilisation de lindane dans l'agriculture ont été interdites dans le cadre de la Convention de Stockholm sur les polluants organiques persistants.
 - B : le groupe de produits chimiques relativement récents (découverts en 1992) appelés phénylpyrazoles ou fiproles, représenté par le fipronil. Très puissant contre une large gamme d'insectes, il peut être utilisé à très faible dose et formulé dans des produits appartenant à la classe de toxicité III. Cependant, le fipronil possède un métabolite sulfone toxique (MB46136) et s'est vu attribuer de façon peu habituelle une LMR de 0,005 (inférieure à la valeur du SdD « par défaut »). De plus, compte tenu de son effet puissant sur les organismes non-cibles, il doit être employé avec beaucoup de prudence, essentiellement pour protéger les semis (et les structures ligneuses) contre les attaques de termites.

Le DDT est un composé organochloré qui appartient au même groupe IRAC (3) que les pyréthroïdes (voir l'encadré 2 ci-dessous) – tous ces produits chimiques attaquent le système nerveux des insectes mais de différentes manières. Le DDT et la plupart des composés des groupes 1-2 représentent « d'anciens insecticides chimiques » et ont été largement délaissés depuis 20 ans, pour des raisons réglementaires et commerciales. Les rares produits qui restent (surtout des OP) sont souvent des membres « plus modérés » de cette catégorie. Ils sont jugés pratiques et intéressants pour les agriculteurs parce qu'ils sont bon marché, rapides et à large spectre d'action.

* GABA : Acide gamma amino butyrique : important pour la transmission nerveuse chez les invertébrés et les vertébrés – mais se lie moins fortement (donc moins toxique potentiellement) à ces derniers.

** HCH : hexachloro-cyclo-hexane ou (incorrect mais courant) hexachlorure de benzène : BHC

En termes de stratégie de gestion phytosanitaire, ils aident à maintenir la diversité du MdA pour la gestion de la résistance (IRM) ; en particulier, les OP ne s'accumulent pas dans l'environnement et certaines d'entre eux ont une persistance si faible qu'ils posent rarement des problèmes de résidus. Toutefois, bon nombre sont supposés être des perturbateurs endocriniens (voir l'encadré 1) et une revue récente²⁵ a conclu que « la plupart des études bien conçues ont dégagé une association significative entre une faible exposition aux OP et des altérations neurocomportementales » chez les humains. Il est donc probable que les OP ne restent pas longtemps autorisés dans la plupart des pays au-delà de la fin de cette décennie.

► **Pyréthroïdes** (groupe MdA IRAC 3)

Désormais au deuxième rang du marché des insecticides synthétiques (autrefois au premier rang en termes de part de marché), ils sont hautement efficaces contre des parasites majeurs de l'agriculture et de la santé publique. Ces composés ont été introduits il y a 30 ans par une équipe de scientifiques de Rothamsted Research dirigée par M. Elliott, et ils ont représenté un progrès considérable en raison de leur activité et de leur toxicité relativement basse envers les mammifères. Leur développement venait à un moment particulièrement opportun puisqu'il coïncidait avec l'identification des problèmes associés au DDT (voir l'encadré 2), qui appartient au même groupe MdA (ils interfèrent avec le transport de sodium dans les cellules nerveuses des insectes).

Les travaux de cette équipe ont initialement consisté en l'identification des composants les plus actifs du pyrèthre, une substance extraite de fleurs de chrysanthème d'Afrique orientale connue de longue date pour avoir des propriétés insecticides. Le pyrèthre a un effet radical et détruit rapidement les insectes volants, mais sa toxicité envers les mammifères est basse et sa persistance négligeable – une caractéristique souhaitée en termes d'impact sur l'environnement mais qui donne une efficacité médiocre lors d'applications sur le terrain. Les pyréthroïdes peuvent être décrits comme des formes chimiquement stabilisées du pyrèthre naturel.

Les pyréthroïdes de 1^e génération développés dans les années 60 comprennent la bioalléthrine, la tétraméthrine, la resméthrine et la bioresméthrine. Ces composés sont plus actifs que le pyrèthre naturel mais instables à la lumière solaire. L'activité du pyrèthre et des pyréthroïdes de 1^e génération est souvent renforcée par l'addition d'un synergiste, le butoxyde de pipéronyle (qui n'est pas biologiquement actif en lui-même). Après l'adoption du règlement CE 1107/2009, de nombreux composés de 1^e génération n'ont pas été homologués de nouveau, probablement parce que le marché n'était pas assez important pour justifier les coûts (plutôt qu'en raison d'inquiétudes particulières concernant la sécurité).

En 1974, l'équipe de Rothamsted Research avait découvert des composés de 2^e génération plus persistants, notamment la perméthrine, la cyperméthrine et la deltaméthrine. Ces composés sont nettement plus résistants à la dégradation par la lumière et l'air, ce qui les rend appropriés pour une utilisation agricole ; toutefois, leur toxicité envers les mammifères est nettement plus marquée. Au cours des décennies suivantes sont venus s'ajouter d'autres composés de marque tels que le fenvalérate, la lambda-cyhalothrine et la bêta-cyfluthrine. La plupart des brevets ont maintenant expiré, et ils sont donc devenus bon marché et en conséquence populaires (encore que l'homologation de la perméthrine et le fenvalérate n'ait pas été renouvelée dans le cadre de la procédure 91/414/CEE). L'une des caractéristiques moins désirables, en particulier des pyréthroïdes de 2^e génération, est leur pouvoir **irritant** pour la peau et les yeux, ce qui a conduit à développer des formulations spéciales telles que des suspensions aqueuses de microcapsules (CS, pour *capsule suspensions*).

Les pyréthroïdes ont été largement utilisés contre les insectes parasites du cacaoyer, notamment contre les mirides en Afrique occidentale (*Helopeltis*) et contre le foreur de cabosses en Asie du Sud-Est. Des exemples de ces composés communément utilisés sont notamment la bifenthrine, la deltaméthrine, la cyperméthrine et la lambda-cyhalothrine. La tétraméthrine synergisée a été appliquée à vaste échelle pour le contrôle des teignes des stocks – en partie en raison de sa persistance basse et de son faible pouvoir irritant, mais (de même que la perméthrine), son agrément n'a pas été renouvelé. Les pyréthroïdes de première génération ont été remplacés par le pyrèthre naturel (généralement synergisé) et d'autres insecticides autorisés à effet « destructeur » de 2^e génération comme la cyperméthrine. Ils doivent être utilisés très prudemment compte tenu de leur persistance accrue et du risque général d'émergence d'une résistance aux insecticides.

► **Insecticides néonicotinoïdes et similaires** (groupe 4A IRAC)

La nicotine, l'« ingrédient actif » des fumeurs, est aussi un très puissant insecticide. En tant que produit naturel, le « thé du tabac » a été autorisé pour la lutte phytosanitaire biologique, mais la nicotine purifiée serait classée comme très toxique (classe 1) si elle était vendue dans le commerce. De même que le pyrèthre et les pyréthroïdes, les analogues synthétiques commercialisés, appelés insecticides « néonicotinoïdes » ou « nicotinyle », sont plus stables que leurs géniteurs naturels face à la lumière solaire. Contrairement au pyrèthre et aux pyréthroïdes mais à l'instar des « nouveaux produits chimiques », les néonicotinoïdes affichent généralement une faible toxicité pour les mammifères par rapport à leur analogue naturel, certains produits figurant dans la classe de toxicité III.

Encadré 2 : le DDT dans les pays producteurs de cacao

L'acronyme 'DDT' (dichloro-diphényl-trichloroéthane) évoque bon nombre d'idées (souvent négatives) sur les pesticides. Premier grand insecticide synthétique, lancé dans les années 1940, ce composé a été suivi par d'autres produits dans le groupe de substances chimiques appelées organochlorines. Dans les années 1960, Rachael Carson et d'autres ont souligné ses effets indésirables, notamment liés à son utilisation excessive dans l'agriculture (impact environnemental, résistance et résurgence). Mais ce sont les résidus dans les produits alimentaires qui ont provoqué la plus grosse alarme dans le public, avec la détection de DDT et de produits issus de sa décomposition dans le lait maternel. Il a été un des premiers composés classés comme « polluant organique persistant » (POP). Cependant, le DDT a assurément sauvé des millions de vies : il est bon marché et assure le contrôle à long terme des moustiques du paludisme, avec « des performances remarquables en termes de sécurité quand il est employé en petites quantités pour la pulvérisation résiduelle en intérieur (IRS) dans les régions endémiques ».

Le DDT est aujourd'hui systématiquement déconseillé en agriculture, mais des usages abusifs ont été signalés, provoquant la propagation d'insecticides IRS dans d'autres cultures, et les résidus dans les produits alimentaires continuent donc d'être surveillés. Le paludisme est souvent endémique dans les régions cacaoyères et un usage incorrect est donc possible, c'est pourquoi des LMR pragmatiques ont été fixes à 0,5 ppm dans l'UE, 0,15 ppm en Russie, 1,0 ppm aux USA et 0,05 ppm au Japon.

ⁱ Carson, R (1962). *Silent Spring*. Houghton Mifflin (1962); Mariner Books (2002).

ⁱⁱ Yamey, G. (2004). Roll Back Malaria: a failing global health campaign. *BMJ* 328: 1086-1087.

Tableau 4.1 Propriétés de certains insecticides actuellement utilisés dans la cacaoculture

	Solubilité (mg/l ou ppm)	log P (K _{ow})	Pression de vapeur (mPa)	Tox. abeilles oral τ (µg/abeille)	Tox. abeilles contact (µg/abeille)	Classe tox. OMS (AI)	Stat ut rég. UE
OP & Carbamates		Groupe 1 IRAC					
diazinon	60	3,3	12	« Très toxique pour les abeilles »		II	Y
diméthoate	23,8	0,704	0,25	0,12 (topique)		II	Y
chlorpyrifos (éthyles)	1,4	4,7	2,7	0,36	0,07	II	Y
fénitrothion	14	3,43	18	« toxique »		II	N
fénobucarbe (BPMC)	420	2,79	13	-		II	N
malathion	145	2,75	5,3	-	0,71	III	N
pirimiphos-méthyl	10	4,2	2	« toxique »		III	Y
phénylpyrazoles		Groupe IRAC 2					
fipronil	1,9	4	3,7 x 10 ⁻⁴	0,004	²⁶	II	M
Pyréthroïdes		Groupe IRAC 3					
β cyfluthrine *	0,0012-0,0021	5,9	1,4-8,5 x 10 ⁻⁵	< 0,025 (FAO)		Ib	Y
Bifenthrine	<0,001	>6	1,81 x 10 ⁻⁷	0,1	0,015	II	Y
α cyperméthrine	0,01	6,94	2,3 x 10 ⁻²	0,059		II	Y
deltaméthrine	0,0002	4,6	1,2 x 10 ⁻⁵	0,079	0,051	II	Y
λ cyhalothrine	0,005	7	2 x 10 ⁻⁴	0,038	0,909	II	Y
Naturel : pyréthrine I	0,2	5,9	6,9 x 10 ⁻²	0,022	0,013	II	Y
pyrèthre : pyréthrine II	9	4,3	2,7 x 10 ⁻²		(48 h)		Y
Néonicotinoïdes		Groupe IRAC 4					
<i>nitro-substitué (guanidine)</i>							
clothianidine	300+ §	0,7	1,3 x 10 ⁻¹⁰	0,0038	>0,044	III (EPA)	M
imidaclopride	610	0,57	4 x 10 ⁻⁷	0,005 –	0,018 –	II	M
				0,07 Ω	0,024 Ω		
thiaméthoxame	4,100	-0,13	6,6 x 10 ⁻⁶	0,005	0,024	III	M
<i>cyano-substitué (pyridylméthylamine)</i>							
acetamipride	4,250	0,8	<1 x 10 ⁻³	14,5	8,1	II	Y
thiaclopride	1,850	0,73	3 x 10 ⁻⁷	17,3	38,8	III	Y

τ L'EPA des USA définit un pesticide comme hautement toxique pour les abeilles si la DL 50 est < 2 µg/abeille¹

* cyfluthrine : 4 paires d'énantiomères

§ : dépend du pH

Ω : diverses études

* US EPA (2013): Technical Overview of Ecological Risk Assessment Analysis Phase: Ecological Effects Characterization, U.S. Environmental Protection Agency, Washington, DC. <https://www.epa.gov/risk/ecological-risk-assessment>

Une douzaine de néonicotinoïdes ont été développés depuis que l'imidaclopride a été commercialisé en 1991 par Bayer AG et Nihon Tokushu Noyaku Seizo KK. Ils appartiennent à trois sous-groupes chimiques, dont deux sont actuellement intéressants pour la cacao-culture. Tous les néonicotinoïdes sont systémiques et ont des valeurs log P de <1 (voir le tableau 4.1). L'aspect le plus controversé de ces composés est probablement leur toxicité relativement élevée pour les abeilles (malgré la série de tests environnementaux subis avant leur enregistrement). En Europe, ce problème est résolu par des mécanismes de contrôle qui réduisent considérablement la propagation de gouttes et de poudre entre les applications et les plants.

En 2013, un moratoire a été déclaré pour trois néonicotinoïdes : clothianidine, imidaclopride et thiaméthoxame dans l'UE (voir la section 4.8). À ce stade, on ne peut émettre que des hypothèses sur les conséquences pratiques à long terme de ce moratoire et d'autres restrictions dans les pays consommateurs de cacao. L'interdiction d'usage dans l'UE pourrait provoquer un détournement des produits vers les marchés secondaires (pouvant entraîner des problèmes de compétitivité des prix ou de « dumping » selon le point de vue). Il est également prévisible que les néonicotinoïdes cyano-substitués soient encouragés comme « plus respectueux des abeilles » ou expressions similaires. Le tableau ci-dessus montre qu'il y a plus de >2 ordres de grandeur moins toxiques pour les abeilles que le groupe nitro, en particulier par voie orale. Cependant, la gestion des résidus est une priorité encore plus élevée actuellement dans la cacao-culture (voir l'annexe 3). Il est nécessaire de diffuser davantage d'information dans le domaine public sur le dosage, le niveau de concentration des IA et donc le risque que les pratiques d'application actuelles dans les exploitations (et les intervalles pré-récolte) entraînent des résidus en aval supérieurs aux LMR.

► Autres modes d'action insecticide

Les insecticides décrits ci-dessus agissent tous sur les voies biochimiques du système nerveux des insectes et sont donc classés comme « neurotoxiques » ou ayant une action sur la coordination des insectes. À mesure que l'on connaît plus précisément les effets des insecticides sur les voies biochimiques cibles, des mises à jour sont publiées par l'IRAC*. Les sociétés de recherche agrochimique continuent d'explorer de nouveaux marchés pour leurs IA, qui figurent ici à l'annexe 3C d'après les informations dont disposent les auteurs. Les entreprises ont récemment souligné « l'origine naturelle » d'un certain nombre de groupes de MdA : par exemple, les groupes 5 et 6 sont constitués de produits de fermentation avec des molécules complexes relativement grandes appelées « lactones macrocycliques », provenant de *Saccharopolyspora spinosa* et *Streptomyces avermitilis* respectivement. Il existe un intérêt considérable pour le dernier groupe de MdA (28), les diamides ou modulateurs des récepteurs de la ryanodine, qui sont des analogues synthétiques d'extraits hydrosolubles du buisson tropical *Ryania speciosa* ; ils provoquent une léthargie générale et une paralysie musculaire conduisant à la mort des insectes exposés mais leur toxicité est très faible pour les mammifères.

Certains cas d'utilisation d'analogues de la néréistoxine (groupe 14) dans la cacao-culture ont également été signalés. Il s'agit d'un petit groupe de pro-insecticides alcaloïdes commerciaux provenant de *Nereis sp.* (vers marins), comprenant par exemple le chlorhydrate de cartap, le thiocyclame et le thiosultap-sodium : comme les néonicotinoïdes et les spinosynes, ils affectent (et bloquent dans ce cas) le canal du récepteur nicotinique de l'acétylcholine (nAChR) dans les synapses des insectes. Bien que disponibles en Asie et en Afrique, ils ne peuvent pas être recommandés actuellement parce que les LMR n'ont pas encore été fixées dans l'UE ni ailleurs.

Groupe	Mode d'action	Exemples	Usage possible sur le cacao
5	Activateurs des récepteurs nicotiniques de l'acétylcholine (nAChR)	Activateurs des récepteurs nicotiniques de l'acétylcholine (nAChR)	Activateurs des récepteurs nicotiniques de l'acétylcholine (nAChR)
6	Activateurs des canaux à chlorure	Avermectines comme le benzoate d'émamectine	Large spectre d'activité contre les lépidoptères
9B	Inhibiteurs sélectifs d'alimentation : modulent les organes chordotonaux	pymétozine	Hémiptères comme les mirides
28	Modulateurs des récepteurs de la ryanodine (diamides) agissant sur l'interface nerf- muscle	Chlorantraniliprole (CTPR), cyantraniliprole, flubendiamide	Lépidoptères comme le foreur de cabosse

* www.irac-online.org/documents/moa-classification/?ext=pdf

Plusieurs substances actives issues de cette « nouvelle chimie » sont particulièrement intéressantes en raison de leur faible toxicité pour les mammifères, qui permet de surmonter l’une des principales critiques émises à l’encontre des insecticides. Des groupes de MdA plus anciens, dont la toxicité est souvent inférieure pour les mammifères et les organismes non-cibles (donc compatibles avec la LAI), ont inclus des composés non neurotoxiques qui ciblent spécifiquement les voies biochimiques des insectes. Cela englobe plusieurs mécanismes dans la formation de la cuticule des insectes, la régulation de la mue et d’autres fonctions endocriniennes uniques aux insectes et autres arthropodes. Généralement d’action lente (c.-à-d. qu’il faut au moins 2 à 3 jours pour observer une activité sur le terrain), les produits non neuroactifs se sont avérés plus difficiles à commercialiser, exigent une formation plus poussée des exploitants et peuvent rencontrer des difficultés d’homologation (voir la section 4.7). Cependant, la nécessité de trouver des mesures de lutte efficaces contre des ravageurs comme le foreur de cabosse et d’assurer la diversité des MdA pour la gestion de la résistance peut encore favoriser les groupes d’insecticides 15, 18 et peut-être d’autres. L’acide tétronique spirotétramate (groupe 23) a été le premier insecticide produisant une translocation basipète, ce qui le rend très efficace contre certains insectes suceurs ; il fait actuellement l’objet d’une évaluation contre les cochenilles (Pseudococcidae) qui constituent les vecteurs de l’œdème des pousses (CSSVD).

Groupe	Mode d’action	Exemples	Usage possible sur le cacao
15	Inhibiteurs de la biosynthèse de la chitine, type 0 : action sur les lépidoptères (ou régulateurs de croissance des insectes)	Acylurées comme le lufénurone et le novaluron	Lépidoptères nuisibles comme le foreur de cabosse
18	Antagonistes des récepteurs de l’ecdysone (imite l’action de l’hormone de la mue pour provoquer une accélération mortelle du processus)	méthoxyfénoside	Relativement spécifique pour les lépidoptères : potentiellement utile contre le foreur de cabosse.
23	Inhibiteurs de la biosynthèse des lipides (acétyl COA carboxylase)	Acides tétroniques comme le spirotétramate	Potentiellement utile contre les vecteurs de Pseudococcid CSSV

Il convient de mentionner ici le potentiel des agents antimicrobiens, dont les champignons entomopathogènes (p. ex., *Metarhizium* et *Beauveria sp.*) et les virus. L’IRAC doit encore leur attribuer des groupes de MdA, mais la bactérie *Bacillus thuringiensis*, le plus important biopesticide au niveau mondial, a été classé dans le groupe 11A : « Perturbateurs microbiens des membranes de l’intestin moyen des insectes ». Il a été suggéré que les protéines ‘cry’ qui entraînent cette action pourraient être exprimées dans la coque du cacao et donc efficaces contre le foreur de cabosse²⁷, mais la modification génétique du cacao fait l’objet de fortes controverses, même sur le continent américain.

Dans la plupart des pays producteurs de cacao, les insecticides représentent la plus grande part des produits homologués et ceux issus de la « nouvelle chimie » sont maintenant en cours d’homologation (voir l’annexe 3). Cependant, la diversité des MdA reste limitée et le marché est dominé par les néonicotinoïdes et les pyréthroïdes, alors que les produits combinant plusieurs IA sont en hausse.

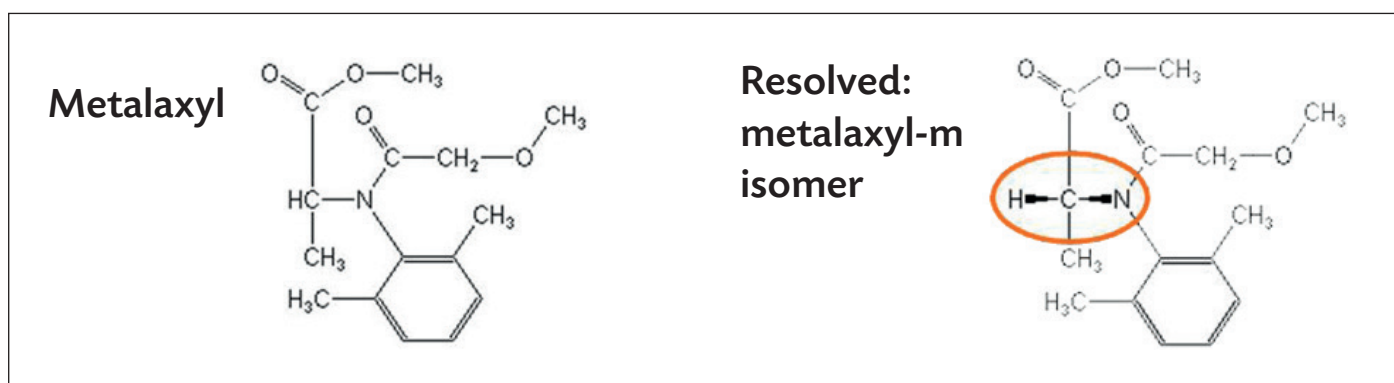
4.5.2 Fongicides

Le terme « fongicide » désigne, comme son nom l’indique, les agents de lutte contre les champignons. Cependant, ces substances peuvent aussi agir contre les oomycètes (moisissures aquatiques), important groupe d’organismes comprenant *Phytophthora sp.* mais qui est désormais classé dans un règne complètement différent (Chromalveolata).

Les fongicides les plus communément employés sont probablement divers composés du cuivre, qui sont actifs contre un large spectre de maladies des plantes. Le cuivre risque davantage d’avoir un impact sur le sol/l’environnement. Ces composés sont essentiellement des fongicides de contact, et il serait donc difficile de distinguer les taux dus aux applications exogènes des teneurs usuelles mesurées lors de l’analyse des résidus. La LMR pour les ions de cuivre est fixée à 50 mg/kg. Les producteurs biologiques continuent d’être autorisés à utiliser le cuivre, encore que de manière restreinte (voir la section 3.4.2). Le MdA des composés du cuivre est qualifié de multi-site (groupe M1 du FRAC), le risque de résistance au fongicide étant donc considéré comme faible.

Les phénylamides (groupe A1 du FRAC) ont une action protectrice, curative et systémique contre *Phytophthora*, interférant sur les voies de synthèse de l’ARN nucléaire des oomycètes. Le métalaxyl a été découvert par Ciba Geigy

(aujourd'hui Syngenta) en 1977. Il consiste en plusieurs isomères (composés ayant la même formule mais une disposition différente des atomes dans la molécule et des propriétés distinctes) et on a par la suite découvert que l'un de ces isomères, le métalaxyl-m, affiche l'activité biologique la plus marquée. L'entreprise a breveté cet isomère en 1996 sous le nom de méfénoxam (commercialisé sous la dénomination « Ridomil-gold »), doublant ainsi la durée de vie effective du brevet. Les analyses des résidus et demandes d'homologation déposées dans l'UE font exclusivement référence à cet isomère, qui est effectivement une substance nouvelle à l'Annexe 1 de l'UE/91/414 (confirmée par la législation 02/64/CE). Syngenta a effectué des essais supervisés sur les résidus conformes aux BPA sur des fèves sèches fermentées en utilisant les méthodes de traitement locales afin d'établir les LMR de ce produit. Les essais sur les résidus ont inclus des applications de méfénoxam au taux de 90 g/ha (le double du taux normal). La situation du métalaxyl, jusqu'à présent non résolue (chimiquement) dans la législation de l'UE, a maintenant été clarifiée et la LMR comprend les mélanges de tous les isomères constitutifs, y compris le métalaxyl-M (c.-à-d. la somme des isomères).



Les analyses des résidus se sont récemment concentrées sur le métalaxyl et le béalaxyl, notamment parce qu'il est possible que les exploitants l'appliquent dans le mois qui précède le délai avant la récolte (DAR : l'un des principaux moyens de diminuer des taux de résidus élevés). Les activités de vulgarisation doivent donc être axées sur une **application en temps voulu** (suivi régulier) et sur **l'application exclusive de fongicides au cuivre à l'approche de la récolte**. On estime par ailleurs qu'il y a un risque élevé de résistance de *Phytophthora sp.* à ces IA et les sociétés agrochimiques ont lancé des MdA alternatifs. Les fongicides à base d'amide d'acide carboxylique (groupe H5 FRAC, précédemment dans le groupe F5) altèrent le dépôt de la paroi cellulaire (les parois cellulaires des oomycètes diffèrent des champignons et contiennent de la cellulose-glucane plutôt que de la chitine). Deux IA, le diméthomorphe et le mandipropamide, sont désormais homologués pour lutter contre *Phytophthora* dans le cacao et assurent la diversité de MdA hautement nécessaire pour la gestion de la résistance.

► Tableau 4.2 Propriétés de certains fongicides systémiques actuellement utilisés contre la pourriture noire du cacao

	Code FRAC	Solubilité (mg/l ou ppm)	log P (K _{ow})	Classe tox. OMS (IA)	Statut rég. UE
Métalaxyl (~M isomère)	A1 (4)	8 400 (2 600)	1,75 (1,71)	III	Y
béalaxyl	A1 (4)	28,6	3,54	III	Y
diméthomorphe (DMM)	H5 *	18 (pH 7)	2,63	III	Y
Mandipropamide	H5 *	4,2	3,3	IV	Y

Les groupes de MdA issus de la « nouvelle chimie » ayant un effet contre les oomycètes, y compris les composés des groupes FRAC F5 et C8 (Qxl : Quinone x Inhibiteur), sont désormais homologués (voir les annexes 3 et 4) dans de nombreux pays producteurs de cacao. Les agents de lutte à base de cuivre restent prédominants sur le marché, avec des mélanges de plusieurs IA comprenant le métalaxyl et des produits chimiques plus récents. Les applications de produits contenant uniquement du cuivre en fin de campagne (peu avant la récolte) présentent probablement un risque de dépassement du seuil de résidus plus faible que les mélanges, mais ces derniers sont importants pour la gestion de la résistance.

* Site cible groupe H : biosynthèse de la paroi cellulaire – code FRAC 40 – précédemment dans le site cible du groupe F5 FRAC

4.5.3 Herbicides et inhibiteurs de germination

Les herbicides, ou désherbants, représentent la plus grosse part du marché mondial des pesticides, bien que leur usage dans les petites exploitations soit modéré en comparaison avec l'agriculture intensive, l'entretien des espaces publics, etc. Dans la cacaoculture, ils sont probablement plus utilisés dans les grandes plantations commerciales. Ils sont généralement appliqués à un stade précoce pour éviter l'étouffement des jeunes plants par les mauvaises herbes. La lutte est rarement nécessaire une fois la canopée formée (bien que le gui puisse devenir un problème si la cacaoyère n'est pas bien entretenue).

Les herbicides ont été classés de diverses façons et comme pour les pesticides, il existe plusieurs familles de substances chimiques pouvant être regroupées en fonction de leur mode d'action (selon les lettres de la nomenclature HRAC). En pratique, les herbicides sont souvent regroupés selon leur mode d'utilisation :

- Les herbicides **de contact**, qui tuent seulement une partie de la plante traitée, tels que les inhibiteurs de la photosynthèse paraquat et diquat (MdA groupe D) ;
- Les herbicides **systemiques** - pré-émergents et post-émergents possèdent des composés qui :
 - perturbent la synthèse des acides aminés dans les chloroplastes, par exemple divers sels de glyphosate (groupe G) ;
 - perturbent la division cellulaire des mauvaises herbes à large feuille : cela comprend les auxines de synthèses comme le 2,4-D, le triclopyr et le piclorame (groupe O).

Le triclopyr est un arboricide spécifiquement utilisé dans les campagnes de lutte contre le virus de l'œdème des pousses (CSSVD) afin d'empêcher la repousse des vieux arbres avant de replanter les exploitations avec des variétés de cacao améliorées.

Les registres d'homologations et les études réalisées ont révélé un usage généralisé de glyphosate et de paraquat dans la cacaoculture (parfois dans les « cultures de plantation »). Après l'expiration de son brevet, le glyphosate est devenu le pesticide le plus vendu au monde, généralement sous forme de deux sels (isopropylamine et trimésium) fabriqués par de nombreuses sociétés. Cela peut expliquer pourquoi il a fait l'objet de critiques virulentes au cours de la dernière décennie, son usage continu étant associé à des risques pour la santé (tels qu'un lymphome non-hodgkinien) et, peut-être de façon plus convaincante, à des effets sur le sol et l'environnement²⁸. Pour ces raisons, les autorités d'homologation tendent à retirer le glyphosate pour le remplacer par le glufosinate d'ammonium, dont le mode d'action est légèrement différent (voir l'annexe 3).

Il convient de souligner les aspects suivants concernant ces types d'herbicides :

- Ils sont traités comme des pesticides – sans doute à des fins scientifiques et réglementaires – bien que de nombreuses entreprises commerciales considèrent le désherbage comme une opération spécifiquement agricole (en opposition aux « poisons » utilisés pour la lutte contre d'autres organismes nuisibles) ;
- Les cultures permanentes comme le cacao ne constitue qu'une très petite part du marché mondial des pesticides, qui y sont principalement utilisés pour le défrichage plutôt que sous forme d'applications régulières dans les cacaoyères établies. À cet égard, les fabricants de produits agrochimiques sont surtout intéressés par leur utilisation sur les cultures annuelles (souvent modifiées génétiquement, p. ex. « compatibles avec le Roundup »).

Le 2,4-D, herbicide à base d'auxine synthétique, a suscité beaucoup d'inquiétude, des résidus étant apparus dans les fèves de cacao provenant de plusieurs pays. Les substances comprennent une série de sels*, d'acides et d'esters, dont certains sont moyennement volatils (pv de l'acide = $1,9 \times 10^{-2}$ mPa) et possèdent une odeur caractéristique. Dans certains cas, il s'est avéré que les résidus venaient du sol où le cacao avait été séché (bord de route, cours, etc.), qui avait été traité avec des herbicides, ou exposés à un lessivage après des pluies. L'utilisation de nattes de séchage de fèves de cacao, surélevées par rapport au sol, est donc une recommandation importante pour la qualité sanitaire et phytosanitaire et il est essentiel que l'exposition des fèves de cacao (notamment aux vapeurs) soit évitée à tous les stades de la filière, y compris durant le stockage et le transport.

* de nombreux sels 2,4-D se dissocient de l'acide dans l'eau ; à un pH 7, log P de l'acide = 0,177, solubilité dans l'eau = 44,6 g/l.

En principe :

- Les herbicides approuvés présentent un risque minime lorsqu'ils sont judicieusement employés pour la gestion des mauvaises herbes en phase d'établissement des arbres
- ... ce qui exige en particulier une application soignée : tout écoulement ou éclaboussure sur des zones non-ciblées doit être évité.
- La précaution et la surveillance sont nécessaires dans toute la chaîne de production et d'approvisionnement en cacao
- ... les résidus d'herbicides peuvent provenir de l'extérieur de la cacaoyère.



Dans les pays producteurs de cacao d'Afrique et d'Asie, les herbicides homologués à base de glyphosate restent prédominants, certains composés du groupe 22 – le plus toxique – comme le paraquat étant toujours disponibles en Amérique du Sud (voir l'annexe 3). Ils ne sont peut-être pas spécifiquement homologués pour le cacao mais ils sont couramment employés, notamment pour le défrichage dans les « plantations ».

4.5.4 Pesticides contre les ravageurs vertébrés

Toute une série d'animaux vertébrés, des éléphants aux petits rongeurs et aux oiseaux, sont considérés comme des ravageurs du cacao²⁹. Il semble significatif que les vertébrés soient probablement les principaux agents d'ensemencement naturel des graines de cacao, le kinkajou brésilien (*Potos flavus*) étant spécifiquement associé au cacao dans son habitat d'origine. Les espèces nuisibles les plus courantes sont probablement les rats et les écureuils, auxquels certaines études attribuent des pertes de récolte allant de 1 % à 20 %. Les pertes s'avèrent particulièrement élevées en Asie du Sud-Est et dans certaines îles, des dégâts considérables étant parfois signalés dans des cacaoyères voisines de cultures alimentaires comme le riz. Le taux de perte à l'échelle mondiale s'établirait à 5-10 %.

Pendant de nombreuses années, il y avait essentiellement deux catégories de rodenticides : les agents aigus et chroniques, qui sont naturellement tous très toxiques pour les mammifères. Les substances toxiques les plus anciennes, de type aigu, telles que les phosphures de zinc et d'aluminium, peuvent devenir inefficaces en raison de la « timidité de l'appât », lorsque les rats apprennent à associer l'appât au poison. Le fluoroacétate de sodium ('1080') est un autre poison aigu inorganique, considéré efficace pour les opérations de lutte à grande échelle (notamment les fumigations aériennes) mais qui est devenu inacceptable sous l'effet des pressions des environnementalistes, des défenseurs du bien-être animal et autres organisations sociales.

Les anticoagulants tuent en empêchant la coagulation du sang, mais la première génération de ces agents (p. ex., warfarine) pouvait être caractérisée par une faible appétence de l'appât. Ils ont été complétés par une série de rodenticides de deuxième génération (SGAR) qui agissent dès la première ingestion du produit et qui ont un effet retardé. Les anticoagulants (p. ex., bromadiolone, difenacoum et warfarine) ne sont plus autorisés dans l'UE et sont tous soumis à des LMR par défaut de 0,01 mg/kg. Ils sont formulés avec un agent toxique et un appât alimentaire (souvent des céréales), avec un colorant d'avertissement dans un récipient étanche en cire : les pièces d'amorce étaient auparavant simplement attachées aux troncs, mais sont désormais réservées uniquement à l'usage en milieu intérieur dans l'UE, en raison de leurs effets sur des rapaces comme les chouettes (voir ci-dessous).



**Dégâts causés par des rats
(en haut) et des écureuils**



**Pièce d'amorce attachée
au tronc d'un cacaoyer**

Le succès des opérations de lutte contre les rongeurs dépend souvent de l'échelle du traitement et du moment auquel il est effectué : il est généralement plus efficace de les réaliser à grande échelle (p. ex., sur un village entier) lorsque les sources de nourriture sont plus rares pour le ravageur (p. ex., au début de la saison de pousse). Les opérations de traitement à très petite échelle, comme les traitements dans une maison isolée, ne peuvent avoir qu'un effet à court terme et ne pas s'avérer rentables ; les campagnes à grande échelle doivent s'accompagner d'une sensibilisation du public aux dangers des appâts et d'une distribution d'antidotes aux anticoagulants (vitamine K₁).

La résistance aux rodenticides et les inquiétudes au sujet de leur toxicité ont donné lieu à des recherches de méthodes alternatives depuis dix ans. Une revue de ces études³⁰ mentionnait certains extraits de plantes et le cholécalciférol (calciférol ou vitamine D3), qui peuvent être efficaces seuls ou conjointement à des rodenticides de deuxième génération comme le coumatétralyl.

Les techniques de lutte biologique contre les rongeurs utilisées font notamment appel aux effraies des clochers, qui ont été introduites avec succès dans un agro-écosystème cacao-coco en Malaisie³¹. Les rodenticides doivent être utilisés avec prudence, des études britanniques sur leur impact ayant montré une hausse des effets sur les oiseaux avec leur usage généralisé vers la fin du XX^e siècle, mais il a été jugé que seulement 7 % des chouettes contaminées (soit 2 % de toutes les chouettes examinées) étaient réellement mortes par empoisonnement au rodenticide³². Une méthode de lutte microbienne utilise un produit basé sur le protozoon *Sarcocystis singaporensis*³³.

● 4.6 Problèmes techniques rencontrés avec les pesticides (les « trois R »)

Outre les **résidus**, qui seront analysés plus en détail au chapitre 5, deux autres phénomènes peuvent être décrits comme des « problèmes techniques » en ce qu'ils se rapportent à l'efficacité de la lutte antiparasitaire plutôt qu'aux risques toxicologiques et à l'éventuel impact sur l'environnement associé à l'utilisation de pesticides. Dans les deux cas toutefois, l'une des conséquences pratiques est que certains exploitants, parce qu'ils ne comprennent pas ces phénomènes, peuvent avoir tendance à appliquer de plus grandes quantités de pesticides à court terme, augmentant ainsi le risque d'accumulation importante de résidus dans les plantes.

➤ 1. Développement d'une **résistance**

Observée quand une adaptation des parasites a lieu sur le long terme après leur exposition à des agents de contrôle, qui deviennent inefficaces (p. ex., la perte de l'efficacité de certains fongicides utilisés pour lutter contre *Phytophthora sp.*). En ce qui concerne les insecticides, une résistance des mirides du cacao aux organochlorés a représenté l'un des premiers cas de résistance détectés³⁴.

La résistance est un processus évolutif qui a été défini comme « une modification héritable de la sensibilité d'une population de parasites qui se solde par des échecs répétés à atteindre le niveau de contrôle attendu avec un produit utilisé conformément aux recommandations fournies pour cette espèce de parasite » (source: IRAC).

Le problème peut en outre être compliqué par une **résistance croisée**, qui est observée quand la résistance à un pesticide entraîne une résistance à une autre substance active, même si le parasite en question n'a pas été exposé à ce dernier produit auparavant. Les populations d'insectes et de champignons sont habituellement de grande taille et se reproduisent rapidement, et une surutilisation de fongicides et d'insecticides va donc de pair avec une accélération de l'évolution d'une résistance.

➤ 2. Les pesticides induisent une **résurgence**, notamment après l'utilisation d'insecticides qui causent le « pullulement » de parasites qui avaient jusqu'alors qu'une importance mineure ; ce phénomène est souvent appelé le « cercle vicieux des pesticides ». En cacaoculture, un exemple de résurgence a été l'augmentation spectaculaire des populations des foreurs de tiges *Eulophonotus myrmeleon* (Cossidae) et *Tragocephala castinia theobromae* (Cerambicidae), qui étaient autrefois considérés comme des parasites mineurs, suite à la destruction de leurs prédateurs naturels par des applications de BHC et de dieldrine – pour lutter contre des insectes tels que les mirides³⁵.

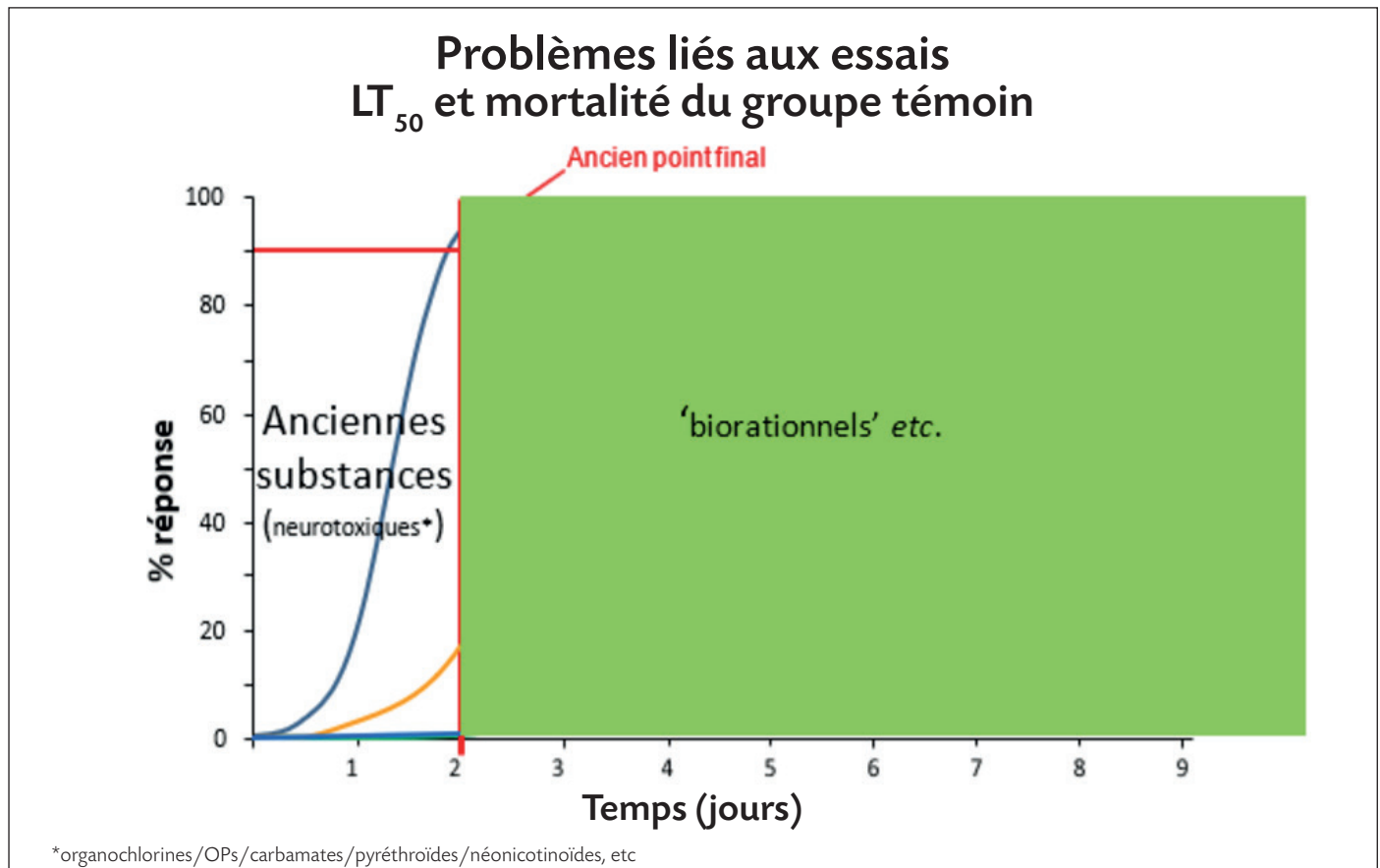
● 4.7 Efficacité (y compris les mélanges d'IA)

Il existe deux approches de la réglementation de l'efficacité des produits phytosanitaires :

- Certains estiment que « le marché doit décider » quant à l'efficacité et que le rôle principal de la réglementation est d'assurer la sécurité. Cela est jugé approprié aux États-Unis et dans d'autres pays où les exploitants bénéficient souvent de réseaux d'assistance agricole développés.
- Politiques plus « interventionnistes » (p. ex., en Europe) : l'accent est également mis sur les études toxicologiques, mais les fabricants doivent en outre démontrer l'efficacité contre les principaux ravageurs cibles afin d'obtenir l'homologation.

De nombreux pays producteurs de cacao pensent que les exploitants doivent disposer de services de conseil sur les produits efficaces, souvent dispensés par des organismes gouvernementaux de recherche et de vulgarisation. Comme indiqué plus haut, la liste des pesticides adaptés à la cacaoculture a considérablement évolué depuis 10 ans en raison de l'évolution des cadres réglementaires de l'UE, du Japon et d'autres pays importateurs. Avec la récente controverse sur les néonicotinoïdes, qui constituent actuellement un MdA « stratégique » pour ce produit, les autorités de recherche et d'homologation doivent assurer un examen permanent des produits pesticides homologués adaptés aux impératifs du XXI^e siècle. Cependant, comme pour d'autres cultures, les décideurs politiques doivent aussi promouvoir une stratégie d'« intensification durable », en maintenant dans ce cas un large éventail de substances appropriées et efficaces, conjuguant de préférence trois MdA ou plus, pour la lutte contre les principaux parasites du cacao. Cet objectif a été pris en compte pour élaborer la liste de l'annexe 3A.

Dans de nombreux pays producteurs de cacao, le retrait de composés neurotoxiques anciens (mais aussi plus récents) n'a pas été accompagné de l'adoption proportionnelle de nouveaux produits. De ce fait, les insecticides actuellement disponibles dans la cacaoculture correspondent à seulement deux ou trois MdA, avec une prédominance fréquente des pyréthroides. Cela peut avoir des conséquences néfastes pour les stratégies de lutte antiparasitaire intégrée et de gestion de la résistance, tout en maintenant des idées dépassées sur la lutte phytosanitaire parmi les exploitants. De plus, la lutte chimique contre les principaux insectes nuisibles a souvent fait appel à des composés à action fumigène (p. ex., HCH, endosulfan) qui aidaient à compenser les déficiences dans l'application ; cette propriété n'est plus acceptable pour les autorités régulatrices. Les chercheurs doivent donc adapter les protocoles de sélection de pesticides du milieu du XX^e siècle, où les points finaux des essais dépassaient rarement 48 heures, ce qui exclut donc de nombreuses substances neurotoxiques compatibles avec la LAI (et probablement des agents biologiques) qui constituent la majorité des MdA insecticides connus. Une autre difficulté illustrée ci-dessous, notamment dans les expériences sur les mirides du cacao, est que la mortalité du groupe témoin augmente avec le temps à des niveaux qui dépassent les hypothèses analytiques standard.



Ces dernières années, le nombre de produits (y compris ceux des sociétés axées sur la recherche) contenant des mélanges d'IA insecticides a considérablement augmenté. Contrairement aux fongicides, dont les IA ont depuis longtemps été mélangés afin de réduire la résistance de cibles spécifiques, les entomologistes ont généralement évité les mélanges d'insecticides en raison de l'impact potentiel de ces mélanges sur les organismes non-cibles. L'IRAC a récemment publié un document sur cette question* contenant les observations suivantes :

- Dans la majorité des cas, la rotation des modes d'action insecticides est considérée comme la méthode d'IRM la plus efficace.
- La plupart des mélanges ne sont pas utilisés principalement aux fins de l'IRM.

Les mélanges d'insecticides peuvent comporter des avantages commerciaux pour la lutte contre les ravageurs dans un grand nombre de cas, en général en augmentant le niveau de contrôle des ravageurs cibles et/ou en élargissant l'éventail de ravageurs contrôlés. Dans certains cas, ils aident à combattre un complexe parasitaire en utilisant une seule pulvérisation (p. ex., dans la lutte contre les parasites du coton), mais l'élargissement du spectre d'activité peut rapidement compromettre la LAI. Il existe un risque que les mélanges utilisent plus de produits chimiques qu'il n'est réellement nécessaire, et un certain nombre d'organismes de réglementation sont résolument opposés à leur utilisation.

* www.ircac-online.org/content/uploads/IRAC_Mixture_Statement_v1.0_10Sept12.pdf (retrieved 2/2/2022)

4.8 Pesticides et pollinisateurs

Une controverse croissante sur les causes du déclin des abeilles (parfois appelé 'syndrome d'effondrement des colonies') ces dernières années a maintenant conduit à un moratoire de l'UE sur les néonicotinoïdes : clothianidine, imidaclopride et thiaméthoxame* (bien que le cacao soit pollinisé par des moucheron et non pas des abeilles). Ils font l'objet d'un « examen continu des substances actives » de l'UE, et la réévaluation possible du fipronil est également une question d'intérêt pour les producteurs de cacao.

Les restrictions imposées à la clothianidine, à l'imidaclopride et au thiaméthoxame ont suivi des évaluations de risques de l'Autorité européenne de sécurité des aliments (EFSA)**, qui a rendu les conclusions suivantes pour les trois substances :

- 1. Exposition au pollen et au nectar : seule l'utilisation sur des cultures n'attirant pas les abeilles a été considérée comme acceptable.
- 2. Exposition à la poudre : un risque pour les abeilles a été signalé ou n'a pas pu être exclu, avec certaines exceptions telles que l'utilisation sur les betteraves sucrières et les cultures sous serre, ainsi que l'utilisation de certains granules ;
- 3. Exposition à la guttation : la seule évaluation des risques ayant pu être finalisée concerne le maïs traité avec du thiaméthoxame. Dans ce cas, les études sur le terrain démontrent un effet aigu sur les abeilles exposées à la substance par la voie de la guttation.

Les conclusions de l'EFSA contiennent des tableaux énumérant l'ensemble des utilisations autorisées dans l'UE des trois substances pour le traitement des semences et les granules. Par la suite, une restriction d'usage de ces trois substances a été adoptée par la Commission. Cette décision a suivi les votes émis le 15 mars 2013 lors d'une réunion d'experts des États membres dans le cadre d'un comité permanent de la chaîne alimentaire et de la santé animale et le 29 avril 2013 lors d'un comité d'appel, où les États membres n'ont pas atteint la majorité qualifiée – que ce soit pour ou contre la proposition de la Commission. Le Royaume-Uni est l'un des États qui s'est opposés à cette proposition, sous l'influence d'une évaluation d'études du Département de l'environnement, de l'alimentation et des affaires rurales*** qui associait ces trois nicotinoïdes à des préjudices pour les abeilles. Dans cette revue utile de la littérature, il s'avérait qu'une grande partie des preuves étaient basées sur des travaux en laboratoire et ne seraient normalement pas vérifiées sur le terrain. Le professeur J. Beddington a suggéré que l'UE risquait de ne pas bien comprendre le risque, en affirmant que « cela légitime potentiellement une approche excessivement prudente en l'absence de preuves scientifiques montrant un risque quelconque ».

Aux États-Unis, l'Agence de protection de l'environnement (EPA) a également été exhortée par des groupes d'activistes, y compris les apiculteurs, à interdire les néonicotinoïdes. Un rapport de l'USDA**** décrit plusieurs causes possibles de la diminution des abeilles au niveau national, dont : perte d'habitat, problèmes d'alimentation, maladies, parasites (notamment *Varroa destructor*) et exposition aux pesticides (y compris les effets sublétaux sur le comportement des abeilles). Les recherches menées jusqu'à présent suggèrent une combinaison de ces facteurs qui serait à l'origine de la diminution de 30 % par an des abeilles depuis 2006. Comme dans l'UE, les contrôles techniques peuvent aider à minimiser le déplacement de poudre sur les sites de graines traitées, de même que d'autres bonnes pratiques agricoles standard.

Les autorités chargées de l'homologation dans les pays producteurs de cacao doivent rester vigilantes et maintenir leur suivi continu des produits pesticides homologués adaptés aux impératifs du XXI^e siècle. Cependant, comme pour d'autres cultures, les décideurs politiques doivent également promouvoir une stratégie « d'intensification durable », dans ce cas en maintenant une gamme efficace, variée et appropriée de substances actives représentant : divers (>2) modes d'action pour la lutte contre les principaux parasites du cacao.

Les personnes préoccupées par les politiques sur les pesticides dans la cacaoculture doivent savoir que les néonicotinoïdes et le fipronil sont aujourd'hui en « point de mire » des activistes environnementaux et que leur statut réglementaire en Europe et en Amérique du Nord pourrait éventuellement changer. Des stratégies à court et moyen terme sont aujourd'hui nécessaires pour gérer ces aspects. En particulier, les insecticides à base d'imidaclopride sont aujourd'hui largement commercialisés dans les pays producteurs de cacao et les cas d'infraction aux LMR semblent en hausse. La prise en compte des quantités indiquées sur les étiquettes (et leur clarté) pour les néonicotinoïdes, les pratiques d'application sur le terrain et les délais avant la récolte dans la cacaoculture sont assurément la priorité pour le personnel chargé de l'homologation et de la vulgarisation.

* www.ec.europa.eu/food/animal/liveanimals/bees/pesticides_en.htm (April 2013)

** www.efsa.europa.eu/en/press/news/130116.htm?utm_source=homepage&utm_medium=infocus&utm_campaign=beehealth (Jan. 2013)

*** www.defra.gov.uk/environment/quality/chemicals/pesticides/insecticides-bees/ (May 2013)

**** www.usda.gov/documents/ReportHoneyBeeHealth.pdf (October 2012)

4.9 Les méthodes de lutte biologique (et la production biologique)

Comme nous l'avons vu au chapitre 3, il n'y a pas de raison que le principe de précaution ne soit pas compatible avec les BPA, à condition qu'il s'appuie sur une base scientifique rigoureuse et qu'il ne menace pas la productivité, compte tenu de la rareté croissante des terres disponibles. Les programmes BPA/LAI font beaucoup appel aux ennemis naturels, en particulier pour maîtriser les populations d'insectes ravageurs autant que possible, les pesticides n'étant utilisés de façon judicieuse que lorsque c'est nécessaire. Le retrait d'anciens IA, notamment à large spectre, a fait gagner du terrain aux agents biologiques en tant que substituts potentiels.

L'un des aspects pratiques essentiels de l'agriculture biologique réside dans la détermination des interventions de lutte phytosanitaire qui sont permises ou non. Les conseils peuvent même être contradictoires, comme l'ont observé les rédacteurs du *Manual of Biocontrol Agents*³⁶. Un guide utile sur les méthodes de gestion compatibles peut être consulté sur <http://www.nysaes.cornell.edu/pp/resourceguide/index.php>.

La lutte biologique (biocontrôle) contre les ravageurs s'est révélée depuis longtemps avoir un rapport coût-efficacité remarquable, mais il y a également eu de nombreux cas d'échec ou de contrôle incomplet. Dans la pratique, la lutte biologique fait appel au déploiement actif ou passif de trois classes d'organismes (les 3 P) : parasitoïdes, pathogènes et prédateurs. Parmi les principales approches de mise en œuvre³⁷, les stratégies clés sont les suivantes :

- » La lutte biologique classique : un prédateur naturel qui a coévolué est prélevé, très souvent dans la région d'origine du parasite visé, puis relâché de façon qu'il puisse se multiplier et réduire la population hôte à de faibles niveaux. Bien qu'il y ait de nombreux exemples entomologiques (p. ex., les parasitoïdes sont souvent la solution la plus efficace aux foyers d'homoptères envahissants), les cas de lutte biologique classique à succès contre d'autres catégories de parasites sont rares.



Les parasitoïdes peuvent être activement déployés dans la lutte classique par inoculation ou inondation. Parmi les exemples bien connus, citons les espèces de très petites guêpes chalcidoïdes du grand genre *Trichogramma*. Pour le cacao, le recours à *Trichogramma* semble intéressant pour la gestion du foreur de cabosse.

Source: Dr Victor Fursov, Wikimedia Commons



Image de *Trichoderma stromaticum* asexué et sexuel sur une cabosse affectée par le balai de sorcière ; cet hyperparasite a été produit en masse et peut être incorporé aux programmes de LAI³⁸. D'autres espèces de *Trichoderma* ont été évaluées pour lutter contre diverses maladies (voir la section 7.2).

- » Lutte biologique par inoculation : un agent est relâché pour qu'il se multiplie et contrôle le parasite pendant une longue période, mais pas de façon permanente. Bien que la lutte biologique classique fasse également appel à l'inoculation, cette dénomination est généralement réservée aux situations telles que l'introduction de parasitoïdes et de prédateurs sous serre dans lesquelles le terme « lutte biologique par augmentation » peut ne pas donner une idée claire du processus écologique qui intervient.

➤➤ Biopesticides : forme de contrôle biologique par lâcher inondatif. Le terme « biopesticide » est plus utile lorsqu'il s'applique strictement aux agents de contrôle microbien vivants qui :

1. sont des produits individuels spécifiques et comportent donc certains avantages sur le plan environnemental (contrairement à bon nombre de produits chimiques, mais pas tous) et
2. ont une période d'activité limitée – et sont donc généralement utilisés avec des techniques d'application de pesticides normales (contrairement à d'autres agents de lutte biologique).



Exemple de prédateur : cette araignée *Nephila* (sur du cacao indonésien) est l'un des nombreux ennemis naturels invertébrés – dont les populations peuvent être gravement touchées par les applications d'insecticides.

➤➤ Conservation des ennemis naturels : l'un des principaux avantages indirects de tous les types de lutte biologique est que le fait de ne pas employer de pesticides à large spectre permet de renforcer le contrôle d'un parasite en protégeant ses ennemis naturels.

Gestion des dangers et des résidus

Les résidus de pesticides suscitent de fortes inquiétudes car le grand public perçoit l'existence d'un risque mais a le sentiment qu'il a peu de contrôle sur cet aspect. En réponse à ces craintes, les autorités tentent de réglementer l'utilisation de pesticides en établissant des normes et en surveillant l'exposition. Ceci donne lieu (inévitavelmente) à une inextricable série de procédures et de terminologies. Une liste complète des terminologies et acronymes est fournie sur www.dropdata.org/download, et certains des plus courants sont répertoriés à l'annexe 1. Là encore, cette brochure ne peut que résumer ces aspects complexes et une description détaillée peut en être obtenue dans les textes des normes^{1,39}.

5.1 Classification des dangers des pesticides

L'innocuité des pesticides (c.-à-d. la gestion des dangers) englobe au moins quatre éléments :

- les risques aigus (à court terme) pour les exploitants agricoles et autres opérateurs de pulvérisateurs (atténués seulement en partie par les équipements de protection – voir la section 6.5)
- l'impact des pesticides sur l'environnement,
- la persistance de résidus dans les denrées alimentaires (et les aliments pour animaux) et, en parallèle,...
- les inquiétudes réelles et perçues sur les effets à plus long terme des pesticides (y compris des combinaisons de substances)

5.1.1 Risques aigus et sécurité de l'opérateur

L'Organisation mondiale de la Santé (OMS) gère un système de classification des risques aigus des pesticides qui est reconnu à l'échelon international. Dans ce système, les pesticides sont répartis en fonction de leur dose médiane létale (LD₅₀) en diverses catégories, qui vont de la classe I (les plus toxiques) jusqu'aux composés « non classés » (probablement non nocifs durant une utilisation normale). Chaque classe est séparée par une multiplication par 10 de la plage des doses (en mg/kg de poids corporel).

Selon le système de l'OMS, le risque associé à des formulations solides est quatre fois plus faible que celui associé à des liquides. La classification a été élargie par l'EPA (*Environmental Protection Agency* des États-Unis), qui reconnaît également les effets produits par inhalation et la sensibilisation oculaire et cutanée. Ces classifications devraient reposer sur les **formulations** (quand cette information est disponible), mais il est malheureusement souvent difficile d'obtenir une information détaillée sur des produits individuels et un grand nombre des entrées qui figurent dans le *Pesticide Manual*³ sont estimées à partir des valeurs déterminées pour les IA. Les États membres de l'UE évaluent chaque produit individuellement et, si nécessaire, leur assignent l'un des neuf symboles de danger et plusieurs niveaux d'avertissement* ; ce système a également été adopté par l'Organisation internationale du Travail.

i. Classification de l'Organisation mondiale de la Santé (OMS)

(DL₅₀ chez le rat, en mg/kg de poids corporel, des formulations pour lesquelles cette information est disponible)

Classe		Solides Voie orale	Solides Voie cutanée	Liquides Voie orale	Liquides Voie cutanée
Ia	Extrêmement dangereux	≤ 5	≤ 10	≤ 20	≤ 40
Ib	Très dangereux	6-50	11-100	21-200	41-400
II	Modérément dangereux	51-500	101-1 000	201-2 000	401-4 000
III	Légèrement dangereux	≥ 501	≥ 1 001	≥ 2 001	≥ 4 001
(U)	Ne représente probablement pas un danger aigu durant une utilisation normale	≥ 2 000	-	> 3 000	-

* Voir : www.europa.eu/legislation_summaries/consumers/product_labelling_and_packaging/I21273_en.htm

ii. Système de classification de l'Environmental Protection Agency (EPA) des États-Unis

Classe	Pour toute formulation : DL ₅₀ (mg/kg)		Inhalation : CL ₅₀ (mg/l)	Effets oculaires	Effets cutanés
	Voie orale	Voie cutanée			
I	≤ 50	≤ 200	≤ 2	Corrosif, opacité cornéenne non réversible en l'espace de 7 jours	Corrosif
II	51-500	201-2 000	0,2-2	Opacité cornéenne non réversible en l'espace de 7 jours, irritation persistante pendant 7 jours	Irritation sévère à 72 heures
III	501-5 000	2 001-20 000	2-20	Pas d'opacité cornéenne, irritation réversible en l'espace de 7 jours	Irritation modérée à 72 heures
IV	> 5 000	> 20 000	> 20	Pas d'irritation	Irritation mineure ou légère à 72 heures

Dans certains pays, la classification de la toxicité est illustrée par une bande ou un triangle codé couleurs qui indique le risque associé au produit. Cette approche est excellente, mais malheureusement pas universelle.

En résumé, les exploitants et les opérateurs qui n'ont pas accès à un équipement de protection approprié devraient respecter les consignes suivantes :

Pesticides de Classe I	extrêmement/très dangereux	NE PAS UTILISER
Pesticides de Classe II	modérément dangereux	À utiliser avec un soin particulier
Pesticides de Classe III	légèrement dangereux	À utiliser avec grand soin
Pesticides de Classe IV/non classés	danger peu probable	À utiliser avec un minimum de soin

Certains groupes de pression, y compris le *Global IPM Facility* (programme soutenu par la FAO et par d'autres organisations qui travaillent en collaboration avec les Champs Écoles Paysans) ont suggéré que les produits de Classe I et II devraient être retirés du marché général, car il est peu probable que les petits exploitants agricoles utilisent un équipement de protection personnelle (EPP) approprié. Avec le développement de nouveaux produits insecticides, l'utilisation de pesticides de Classe I peut être justifiée tout au plus dans un nombre très limité de cas, et encore moins pour faire face à des problèmes cultureux rencontrés dans de petites exploitations. Des complications pourraient toutefois survenir si les produits de Classe II étaient retirés immédiatement. Ce problème concerne en particulier les insecticides, pour lesquels il est souvent nécessaire de mettre sur pied des stratégies de gestion de la résistance qui font intervenir l'utilisation de différents groupes de composés en alternance. Un processus de restriction/retrait progressif des composés les plus dangereux peut donc se montrer plus approprié en attendant des produits plus sûrs deviennent disponibles.

Le règlement CE 1272/2008*, du Parlement européen et du Conseil, fournit une base harmonisée pour la classification, l'étiquetage et le conditionnement des substances et des mélanges, comprenant par exemple des pictogrammes, comme indiqué ailleurs dans ce manuel. Les directives initiales qu'il a remplacées, 67/548/CEE et 1999/45/CE, ont été abrogées le 1^{er} juin 2015 et le **règlement (CE) n° 1907/2006****, concernant l'enregistrement, l'évaluation et l'autorisation des substances chimiques, ainsi que les restrictions applicables à ces substances (REACH) et créant une Agence européenne des produits chimiques, a également été amendé. Comme pour les IA, les listes restreintes de substances **REACH** sont régulièrement mises à jour et les annexes sont modifiées, une révision ayant eu lieu en 2021***.

* du 16 décembre 2008 : <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:32008R1272> (consulté le 20/6/2015)

** du 18 décembre 2006 <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/en/TXT/?uri=CELEX:32006R1907> (consulté le 20/6/2015)

*** www.chemsafetypro.com/Topics/EU/REACH_annex_xvii_REACH_restricted_substance_list.html (consulté le 1/5/2022)

5.1.2 Autres mesures de la toxicité et leurs implications

Sur le plan opérationnel, la **toxicité aiguë** est primordiale mais d'autres critères sont importants – notamment en ce qui concerne les évaluations de la sécurité alimentaire. D'autres données toxicologiques sont requises pour qu'un pesticide puisse être homologué, y compris :

- **Toxicité chronique (subaiguë)**, qui est examinée sur des périodes prolongées (mesurées en années) et inclut des études de la toxicité sur la reproduction (portant sur plusieurs générations) pour vérifier si la fécondité est affectée
- **Carcinogénicité** – pour établir si la substance est susceptible de causer des cancers
- **Tératogénicité** – pour établir si la substance est susceptible d'être nocive envers les embryons
- **Génotoxicité** – pour établir si la substance est susceptible d'endommager le génome
- **Pouvoir irritant** (notamment chez les opérateurs des pulvérisateurs) et
- **Métabolisme** – il est important de savoir comment la substance est métabolisée, quels sont les dérivés formés (les métabolites peuvent se révéler plus toxiques que le pesticide de départ) et quelle est la voie d'excrétion de tous les métabolites.

Deux mesures importantes (et les termes qui leur sont associés) figurent d'une manière particulièrement proéminente dans la législation et le débat. Elles ne sont en fait pas liées l'une à l'autre, mais on peut d'une certaine manière les considérer comme représentatives du danger et du risque.

- Des « mesures toxicologiques » fondées sur des limites de sécurité connues, y compris la dose journalière admissible (DJA : un indicateur clé pour l'homologation d'un pesticide, décrit dans la section 5.3)
- Les mesures et les limites appliquées aux résidus détectés sur la base d'essais en champ, y compris les limites maximales de résidus (LMR : des spécifications pratiques pour la sécurité des aliments) pour une culture déterminée.

● 5.2 À quoi correspondent les LMR ?

Les résidus de pesticides dans les cultures sont surveillés en référence aux limites maximales de résidus (LMR) d'après la persistance de la quantité d'un IA donné dans des échantillons de produits alimentaires. La LMR pour une combinaison culture/IA donnée est habituellement déterminée par une mesure durant plusieurs essais en champ (de l'ordre de 10) durant lesquels la culture a été traitée conformément aux BPA après un délai avant la récolte approprié (voir la section 5.8). Pour de nombreux pesticides toutefois, la valeur est fixée au seuil de détermination (SdD) – car seules les principales cultures ont fait l'objet d'évaluations et le concept de DJA n'est pas totalement compris (en d'autres termes, les producteurs ou des organismes publics n'ont pas soumis de données qui se rapportent à la LMR – souvent parce que ces données n'étaient pas requises dans le passé). Le SdD peut être considéré comme une mesure de la présence/de l'absence d'un composé, mais il est possible que des résidus réels ne soient pas quantifiables à des teneurs très basses. C'est la raison pour laquelle on préfère souvent utiliser le seuil de quantification (SdQ, qui correspond généralement à environ 2 fois le SdD). D'autres informations utiles sur les limites de détection sont fournies par la Commission européenne⁴⁰.

Il en découle que l'adoption de BPA à l'échelon de l'exploitation agricole, y compris en particulier le retrait des pesticides obsolètes, doit représenter une priorité. Le matériel de détection est de plus en plus sensible et une quantité donnée de résidus sera souvent mesurable après l'application d'un pesticide en champ. Dans le contexte réglementaire actuel, il serait judicieux de la part des cacaoculteurs de se concentrer sur des agents antiparasitaires dont l'utilisation est autorisée dans les principaux pays importateurs.





L'analyse des résidus doit être effectuée dans des laboratoires agréés (p. ex., aux normes ISO 17025), des méthodes acceptées à l'échelon international et validées ; des bonnes pratiques de laboratoire (BPL) spécifiques doivent également être respectées (p. ex., DIN, ISO, FDA) dans de nombreux pays. La procédure fait intervenir une extraction et un « lavage » des échantillons, suivis d'une analyse avec divers instruments en fonction du résidu examiné. Le matériel approprié pour des composés individuels est indiqué aux entrées correspondantes du *Pesticide Manual*. Les techniques d'analyse comprennent les suivantes : chromatographie gazeuse (CG), chromatographie gaz-liquide (CGL), chromatographie par perméation de gel (CPG), chromatographie liquide à haute pression (CLHP), et plusieurs techniques de spectrométrie de masse. Il est donc coûteux de mettre sur pied et de maintenir de tels laboratoires.

(Photos : Jean Ponce Assi, SACO-CHOCODI)

À noter que les LMR sont déterminées sur la base d'observations et **non** de la DJA, et il est également généralement admis que les LMR sous-estimeraient considérablement les niveaux réels d'ingestion de résidus. Les études relatives aux LMR sont effectuées après plusieurs années de développement initial, et il est fort peu probable qu'une société agrochimique les réaliserait (même pour obtenir l'homologation du produit) si les études toxicologiques soulevaient des préoccupations sérieuses quant à l'innocuité d'un nouveau composé.

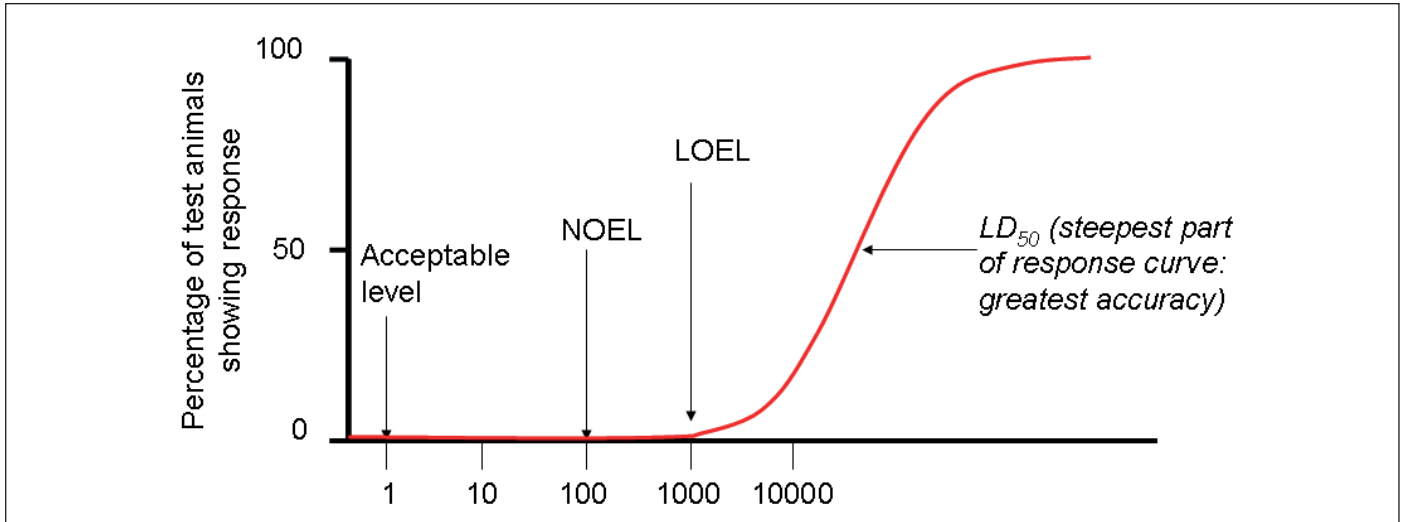
5.2.1 LMR par défaut

Pour les substances qui ne sont portées sur aucune des annexes des règlements de l'UE, une LMR de 0,01 mg/kg est normalement appliquée par défaut. Des LMR par défaut sont appliquées par le Codex et le Japon, mais elles n'ont pas encore été adoptées aux États-Unis au moment de la rédaction de cet ouvrage. À noter qu'une LMR inférieure à la valeur par défaut s'applique même à un IA : le fipronil et son métabolite.



5.3 Innocuité : dose journalière admissible (DJA), DrfA, NSEO/NMEO, etc.

L'utilisation d'un pesticide ne peut être approuvée que si le risque pour les consommateurs, sur la base d'une éventuelle exposition, est acceptable. La limite établie pour un ingrédient actif (IA) à action pesticide, la DJA, est une estimation de la quantité qui peut être consommée quotidiennement pendant toute la vie sans être nocive pour la personne. Le terme « admissible » fait intervenir un facteur de sécurité qui correspond à une multiplication par 100 d'une mesure appelée le *niveau sans effet observé* (NSEO, ou NOEL pour No Observed Effect Level), qui est déterminé par des études en laboratoire et qui est 10 fois plus bas que le niveau minimal avec effet observé (NMEO ou LOEL, pour *Lowest Observable Effect Level*).



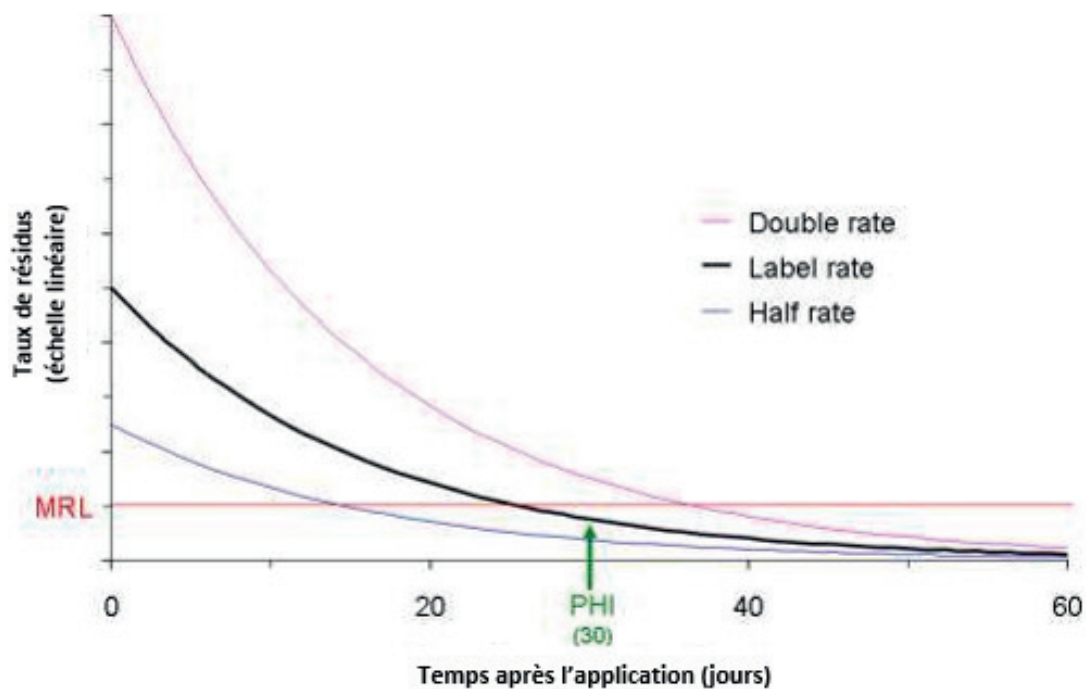
Les données issues des études en laboratoire sont exprimées sous la forme d'une dose (habituellement en mg/kg de poids corporel) et doivent être extrapolées en référence à l'exposition humaine (que ce soit en termes de toxicité par voie cutanée pour le NEAO ou de DJA pour la sécurité alimentaire). L'évaluation des apports alimentaires repose souvent sur les estimations de la consommation alimentaire nationale (NEDI, pour *National Estimated Dietary Intake*) d'une denrée donnée au moyen d'enquêtes effectuées par les agences nationales de sécurité sanitaire des aliments. Dans l'idéal, les décisions devraient s'appuyer sur l'apport journalier maximum théorique (AJMT, ou TDMI pour *Theoretical Maximum Daily Intake*), mais des variations importantes peuvent exister entre les nourrissons, les enfants et les adultes, même après un ajustement des valeurs en fonction du poids corporel. Un autre paramètre souvent mentionné, la dose de référence aiguë (DRfA ou ARfD, pour *Acute Reference Dose*), qui est similaire à la DJA, se rapporte à la consommation à court terme d'un IA.

5.4 Dégradation des pesticides

Après l'application, les pesticides sont dégradés dans l'environnement par des processus chimiques et physiques qui font intervenir le rayonnement solaire, le sol et l'eau (un phénomène appelé **dégradation abiotique**) ou métabolisés dans des organismes vivants (animaux et plantes cibles et non-cibles, bactéries du sol, etc.). La dégradation d'un pesticide (et de nombreuses autres substances) dans l'environnement peut être représentée par une courbe de décroissance. Cela dépend de la **demi-vie** de la substance chimique, qui est la période nécessaire (généralement exprimée en jours) pour que la moitié du pesticide se transforme en sous-produits de la dégradation (qui peuvent à leur tour être actifs et avoir une demi-vie substantielle).

Le rythme de dégradation dépend de nombreux facteurs, en particulier de la stabilité chimique du pesticide en question, mais il existe d'autres facteurs comme la température et le pH qui sont très importants, de sorte que la demi-vie peut être désignée par une fourchette (p. ex., 3-10 jours). La voie de dégradation des pesticides la plus importante est probablement l'**oxydation**, notamment par des espèces activées de l'oxygène (p. ex. l'ozone et les radicaux hydroxyles générés par le rayonnement solaire, le peroxyde d'hydrogène produit dans les plantes, etc.) plutôt que par l'O₂ atmosphérique.

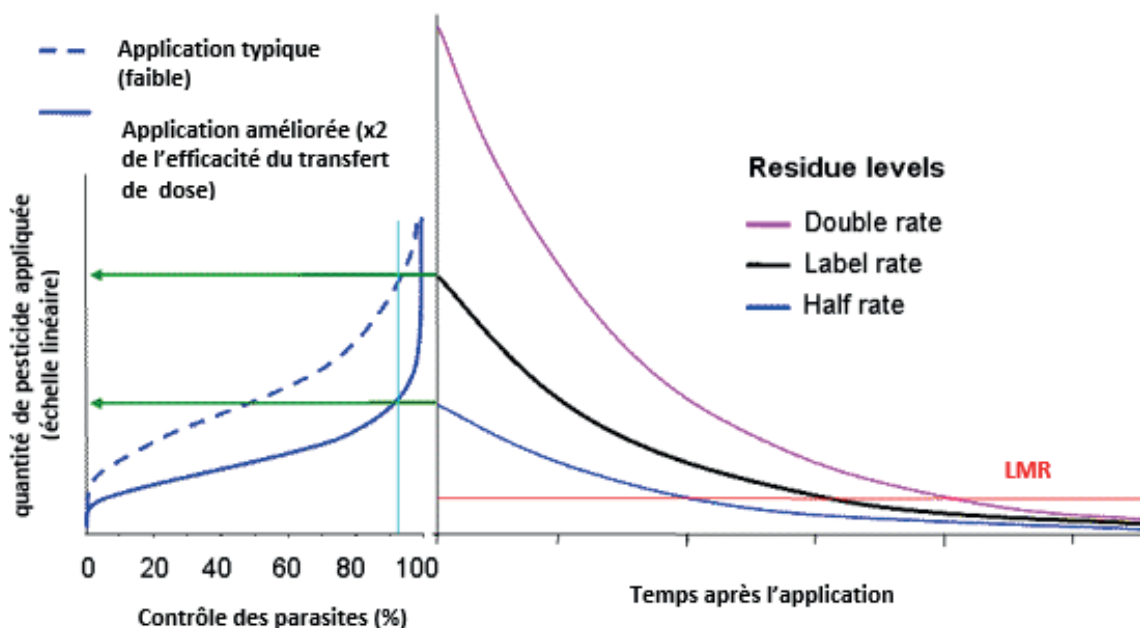
Si l'intervalle de temps ménagé entre l'application et la récolte est suffisant, tout résidu subira une dégradation et atteindra des taux acceptables (c.-à-d. la LMR). Le délai avant récolte (DAR) comprend en outre un facteur de sécurité. Avec une réduction du dosage, le temps requis pour que des niveaux acceptables soient atteints sera diminué mais le contrôle antiparasitaire risque d'être insuffisant. Des taux de résidus excessifs sont mesurés si le délai avant récolte est court ou en cas de surdosage, et la pire des situations se produit si ces deux facteurs sont combinés.



Dégradation d'un pesticide après l'application (voir le texte ci-dessus). Les courbes illustrées sont élaborées sur la base d'une "demi-vie par défaut" de 10 jours (définie par le fabricant et corroborée par les données limitées) ; l'échelle sur les deux axes est linéaire.

5.4.1 Implications pour l'application et impact sur l'environnement

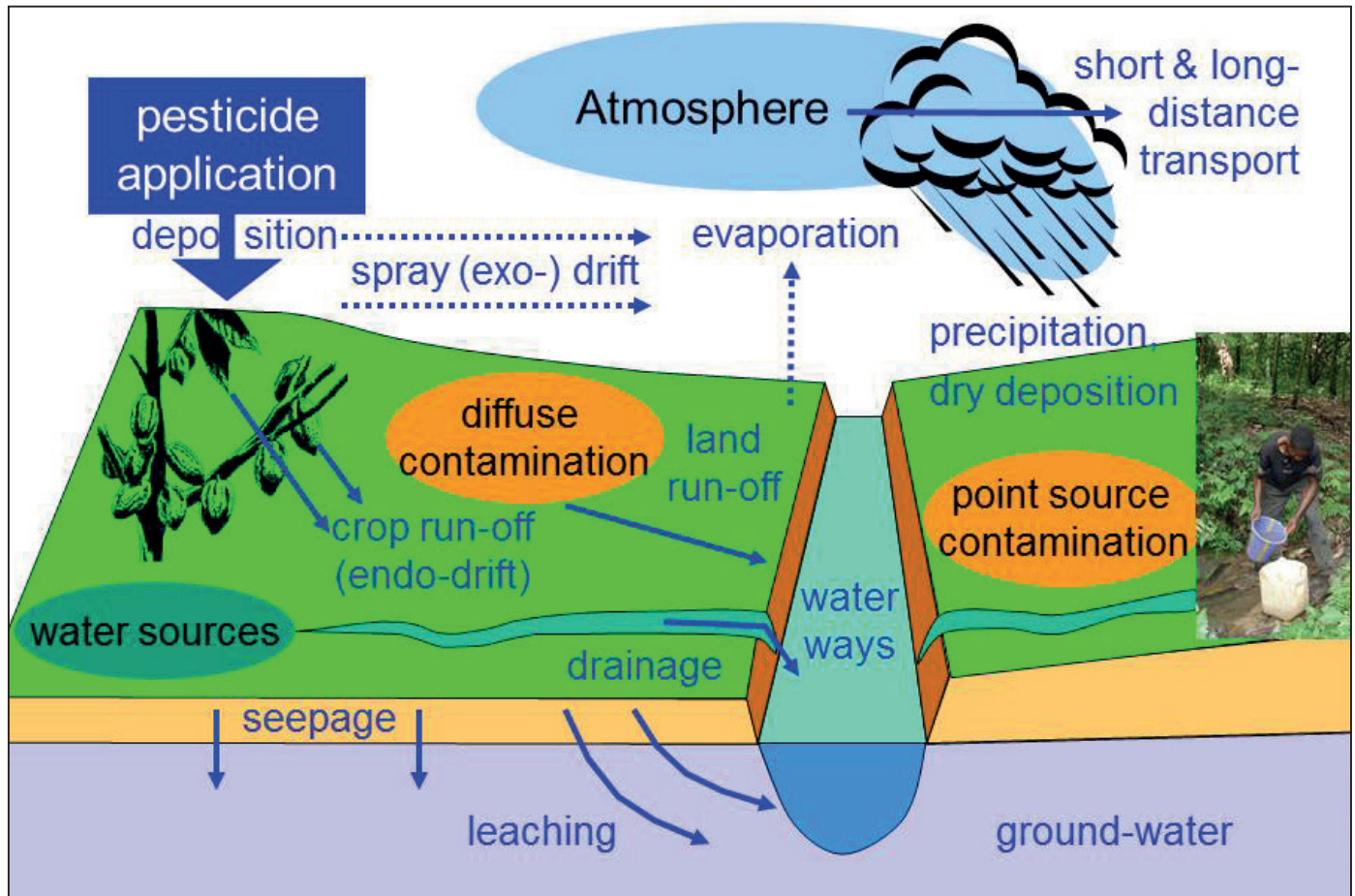
Des techniques d'application améliorées (et non simplement satisfaisantes) représentent un moyen particulièrement prometteur de diminuer les taux de résidus et d'atténuer leur impact sur l'environnement, mais les recherches dans ce domaine ont malheureusement été très limitées. À un taux d'application donné sur la culture, le transfert de dose visée⁴¹ peut augmenter la mortalité des nuisibles tout en maintenant un niveau de contrôle antiparasitaire équivalent⁷.



Courbes de dégradation (comme ci-dessus) juxtaposées aux courbes de la réponse en fonction des doses appliquées en rotation contre un parasite cible par des méthodes de référence conventionnelles ou améliorées. Les taux typiquement recommandés sur les étiquettes compensent l'inefficacité de méthodes d'application sous-optimales. Une amélioration de la technique de pulvérisation pourrait aller de pair avec une réduction de la charge en résidus dans l'environnement et des économies pour l'exploitant.

5.5 Aspects environnementaux

Ce sujet vaste et complexe peut être résumé par le diagramme suivant :



Les sociétés agrochimiques sont maintenant dans l'obligation d'allouer des ressources importantes à l'évaluation du **devenir dans l'environnement** des composés (et de leurs métabolites). Même après l'homologation, des problèmes environnementaux peuvent se poser et menacer l'avenir de composés qui fonctionnent bien (p. ex., les néonicotinoïdes). Le devenir dans l'environnement d'un traitement donné dépend de ses propriétés chimiques, de la façon dont le pesticide a été répandu et des caractéristiques du sol, du ruissellement, des cours d'eau, etc.

La sélection de nouveaux composés exige d'évaluer le risque de contamination des eaux souterraines et en surface au moyen d'essais exhaustifs et d'une modélisation par ordinateur. Plusieurs tests standard sont menés sur des organismes non-cibles, y compris des oiseaux (comme le canard colvert), des poissons (comme la truite arc-en-ciel), des algues, des puces d'eau (*Daphnia* sp.), des abeilles et d'autres espèces utiles.

Une application inappropriée peut conduire à l'exposition d'espèces non ciblées due à une **dérive des aérosols de pesticides** et à un « **ruissellement** » à partir des plantes causant une contamination du sol. Plusieurs études ont conclu que la **contamination ponctuelle** (la pénétration de pesticides dans les cours d'eau/les eaux souterraines après le déversement accidentel d'un concentré ou après un lavage de l'appareillage) cause souvent les dommages les plus importants – notamment dans les cours d'eau.

Durant les sessions de formation, il convient de réserver du temps à l'examen des activités de protection des cultures en relation avec la position des cours d'eau et des puits. Par exemple, Il est particulièrement important que les exploitants prennent en compte la protection des sources d'eau lors de l'élimination des eaux usées produites par le lavage des pulvérisateurs. Un autre aspect important réside dans, ainsi que la gestion des récipients de pesticides vides. Ceux-ci sont non seulement inesthétiques mais une mauvaise pratique peut surtout avoir des effets nocifs pour les enfants, les sources d'eau, les animaux domestiques, la biodiversité, etc.

L'élimination des récipients vides de pesticides reste problématique mais la question est maintenant traitée par des initiatives conjointes de la FAO/OMS/Fonds pour l'environnement mondial* et CropLife International**, notamment :

(a) les récipients réutilisables et consignés et
(b) les récipients jetables à usage unique fabriqués à l'aide de matériaux recyclables.

Il n'est pas acceptable de laisser les récipients dans les champs ou de les brûler. Cette photo illustre un problème particulièrement grave car les récipients jetés indiquent qu'un mélange a été fait près d'une source d'eau importante.

Les récipients doivent être rincés trois fois et le liquide qui en résulte doit être versé dans le pulvérisateur. En cas de risque de réutilisation inappropriée, les récipients doivent être rompus.

Il est conseillé aux communautés cacaoyères d'élaborer des méthodes d'élimination appropriées et sûres. L'idéal est de prévoir des systèmes de restitution des récipients aux fournisseurs de pesticides.



5.6 Élimination des anciens stocks

Le retrait de pesticides recommandés pose des problèmes au niveau des pouvoirs publics, des distributeurs et des exploitants quant à la façon d'éliminer les stocks de produits existants. Cet aspect doit être considéré principalement sous l'angle administratif, c'est-à-dire que **la situation doit avant tout être évitée**. Des politiques et des mesures administratives pertinentes, reposant sur des fondements scientifiques solides (voir les recommandations) peuvent permettre de prévoir les tendances futures en matière de méthodes de lutte phytosanitaire, et donc d'éviter l'utilisation de substances qui sont remises en cause.

Les stocks de composés les plus anciens devraient donc être épuisés et retirés du marché longtemps avant d'être interdits. À petite échelle, l'application d'anciens stocks de produits chimiques sur les récoltes est généralement considérée comme la manière la plus pratique de les épuiser, à condition qu'ils soient assez sûrs et encore homologués dans le pays concerné. **L'élimination sécurisée de produits chimiques obsolètes est très coûteuse** et ne peut se faire que dans un nombre limité d'installations prévues à cet effet.

Ces observations ne sont valables que lorsqu'il existe un délai suffisant avant le retrait d'un produit donné. Dans le contexte de nouvelles réglementations sur les résidus dans les importations, les lecteurs doivent être conscients du temps considérable (souvent supérieur à un an) qui s'écoule entre l'exploitation cacaoyère et le port d'entrée, de sorte que les pesticides (ou toute autre pratique) susceptibles de poser des problèmes ne devraient pas être utilisés durant la dernière campagne (et de préférence les deux dernières) avant la date butoir.

* Code de conduite (mai 2008 – consulté le 10/8/2014)

** Voir : <https://croplife.org/crop-protection/stewardship/container-management/> (consulté le 2/2/2022)

● 5.7 Les LMR fixées pour la production cacaoyère : quelles seront les évaluations effectuées en pratique ?

Dans l'UE et aux États-Unis, l'analyse des résidus est effectuée sur des échantillons de fèves de cacao au préalable décortiquées, le tégument du grain de cacao étant retiré avant l'analyse. Au Japon, les fèves entières (« fèves » sans « cabosses ») étaient analysées, ce qui risquait plus probablement d'entraîner des violations des taux de résidus, mais au moment de la rédaction de ce guide, les protocoles de test au Japon ont été modifiés et stipulent le retrait de la coque. Cependant, cette réforme s'applique à chaque substance de façon individuelle et il reste important de considérer chaque IA.

Le règlement communautaire 396/2005/CE du Parlement européen et du Conseil proposait des limites maximales de résidus de pesticides dans les produits alimentaires à compter du 1^{er} septembre 2008. Il a été modifié par le règlement CE 149/2008 introduisant les annexes II, III et IV qui établissent les limites maximales de résidus de pesticides pour les produits antérieurement couverts par l'annexe I.

L'annexe III comprend des LMR dites provisoires pour le cacao (dont bon nombre seront soumises à révision dans 4 ans) et est divisée en deux parties comme suit :

➤➤ **Annexe III, Partie A :** LMR provisoires appliquées à des substances dont l'utilisation dans l'UE est en cours d'approbation ou dont l'utilisation n'est plus approuvée dans l'UE.

➤➤ **Annexe III, Partie B :** TLMR provisoires appliquées à toute nouvelle substance active utilisée sur des produits de base (y compris le cacao) et introduite conformément au règlement 396/2005/CE. Ces LMR sont basées sur les LMR nationales quand une évaluation du risque a été effectuée par l'Autorité européenne de sécurité des aliments (EFSA).

L'Annexe IV répertorie les produits phytopharmaceutiques déjà évalués à l'échelon de la CE et pour lesquels il n'est pas nécessaire de fixer des LMR (en raison de leur faible risque).

La documentation de l'UE est difficile à lire, mais un accès plus facile (avec une option de téléchargement), sous « cacao (fèves fermentées) » et « Thé, café, infusions et cacao » est disponible sur : www.ec.europa.eu/food/plant/pesticides/max_residue_levels/index.en.htm.

Une description des réglementations aux États-Unis et au Japon a été donnée au chapitre 3. Les LMR appliquées aux importations de cacao au Japon sont fournies sur le site suivant : www.m5.ws001.squarestart.ne.jp/foundation/fooddtl.php?f_inq=13400 et les informations de l'EPA aux États-Unis sont disponibles sur : www.epa.gov/pesticides/food/viewtols.htm. Une base de données mondiale sur les LMR (payante) est accessible à www.globalmrl.com/home.

● 5.8 Que peut-on faire pour atténuer les problèmes posés par les résidus ?

Les principales mesures qui peuvent être prises à l'échelon de l'exploitant et de l'opérateur sont les suivantes :

- appliquer la ou les substances appropriées,
- de la manière adéquate,
- au moment opportun.

En conséquence, on peut proposer quatre moyens pratiques importants pour éviter toute infraction en matière de résidus :

1. Déterminer si l'application d'un pesticide est la manière la plus appropriée de résoudre le problème :

Le rapport coût-efficacité sera-t-il valable ?

Existe-t-il des alternatives viables ?

Un pesticide proposé a-t-il été retiré ?

➤➤ si oui, ne pas l'utiliser.

Le pesticide sera-t-il probablement retiré bientôt (annexe 3) ?

➤➤ si oui, voir la section 5.6.



2. Si cette stratégie est appropriée, sélectionner le pesticide adapté au problème en se posant les questions suivantes :
Est-ce que j'utilise un produit convenant à la cacaoculture ?
Figure-t-il sur la liste des produits recommandés pour résoudre le problème ?
Est-ce que je m'expose à un risque en l'utilisant ?
Comment devrais-je l'utiliser ?

3. Appliquer des pesticides de la manière appropriée pour un contrôle antiparasitaire efficace. Une bonne application exige un contrôle de la quantité de produit administrée sur la culture. Ceci passe par la sélection d'une buse appropriée, un étalonnage adéquat et une bonne technique d'application (voir le chapitre 6). Une idée fautive fréquemment rencontrée prétend que « l'addition d'un petit excédent garantira une bonne efficacité ».

4. Appliquer les pesticides au moment opportun – avant le délai avant la récolte (DAR), qui est le nombre minimal de jours autorisé entre la dernière pulvérisation et la récolte. Cela peut être l'une des principales précautions pour éviter que les produits ne contiennent des résidus nocifs.

Par exemple, le produit illustré* est un fongicide efficace largement utilisé dans la lutte contre la pourriture noire. L'étiquette (« Recommandations d'utilisation ») indique que le DAR recommandé est d'un mois, mais les exploitants agricoles ne respecteront pas toujours ce délai en cas d'affection au pic de la saison. Les formateurs doivent mettre l'accent sur ce point avec des messages clairs tels que « ne pas pulvériser dans les 4 semaines précédant la récolte ».



* L'inclusion de composés ou de produits n'est fournie qu'à titre indicatif et n'implique pas de recommandation ou autre.

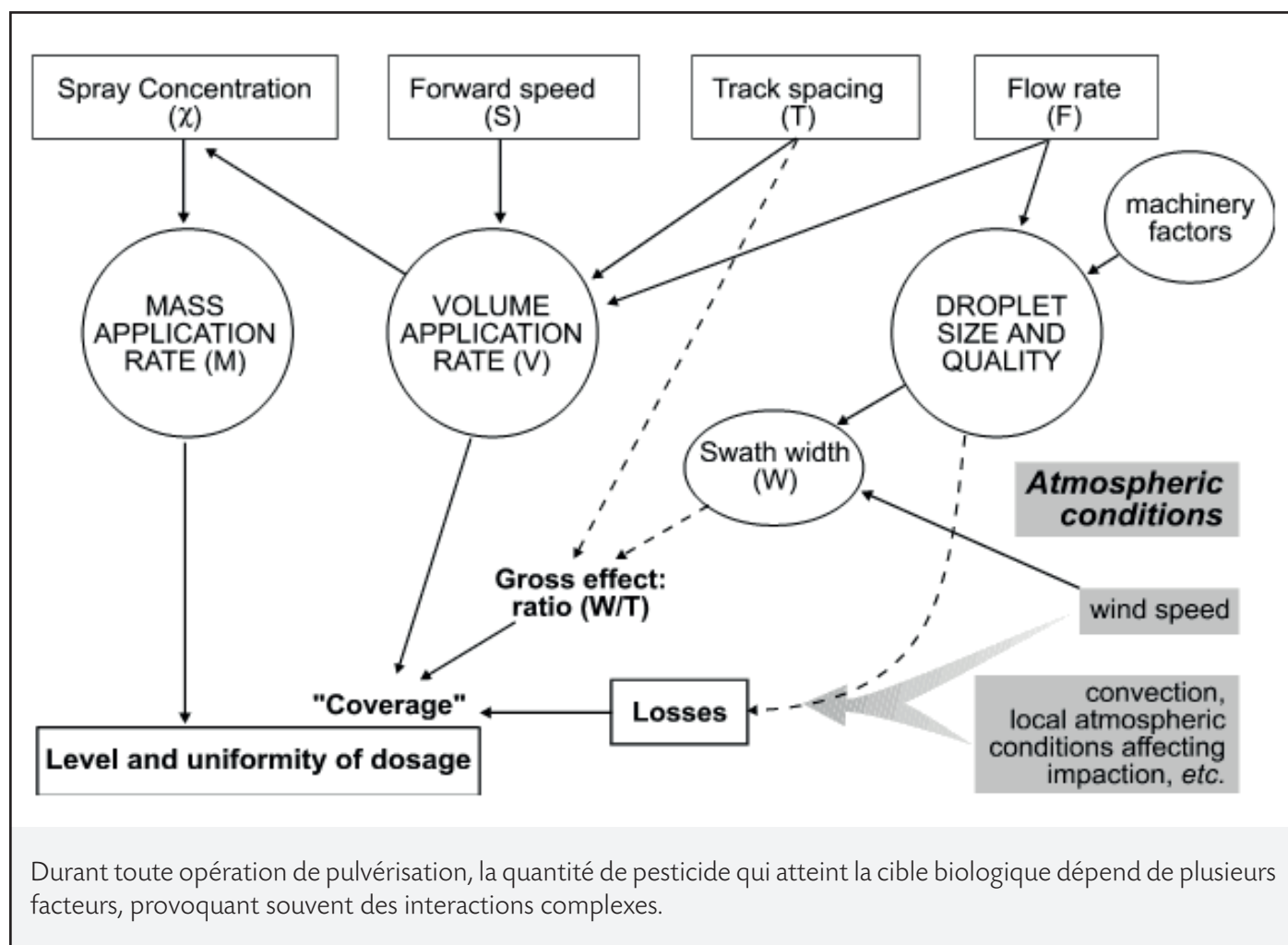
Méthodes d'application sur le cacao

La procédure d'application continue d'être l'un des aspects les plus négligés et constitue souvent le « maillon faible » de l'utilisation de pesticides. Il n'est pas exagéré d'affirmer que de nombreux petits cacaoculteurs utilisent aujourd'hui des techniques du XIXe siècle pour appliquer des produits phytosanitaires du XXIe siècle. Les tentatives d'introduction de BPA efficaces seront vouées à l'échec tant que les exploitants seront équipés de pulvérisateurs impossibles à étalonner convenablement.

6.1 Taux d'application (théoriques et recommandés)

Une efficacité accrue de l'application peut améliorer le contrôle phytosanitaire et réduire à la fois les coûts des pesticides pour l'exploitant et les répercussions sur l'environnement. Il s'agit de pulvériser moins de produit pour obtenir au moins un résultat équivalent, tout en réduisant les résidus. Cependant, seules les opérations de pulvérisation les plus sophistiquées sont accompagnées de certaines tentatives de contrôle des divers facteurs qui affectent le dépôt du produit sur la culture.

Dans la pratique, le petit cacaoculteur peut au mieux estimer le nombre d'arbres traités par réservoir plein (voir les sections sur l'étalonnage ci-dessous). On réalise rarement à quel point les pratiques habituelles d'application sont inefficaces sur les cultures. Les travaux de Winteringham⁴² ont souligné l'inefficacité du transfert de dose sur la cible biologique ; durant l'application de lindane sur des mirides du cacaoyer, seulement 0,02 % de la quantité totale sortant du réservoir atteint la cible biologique. Dans des cas exceptionnels, l'efficacité peut atteindre 30 % pour des herbicides pulvérisés sur les mauvaises herbes ; même dans les meilleures conditions, environ 70 % du mélange pesticide est gaspillé !



Durant toute opération de pulvérisation, la quantité de pesticide qui atteint la cible biologique dépend de plusieurs facteurs, provoquant souvent des interactions complexes.

En règle générale, l'expérience montre que pour la plupart des opérations de pulvérisation, l'étalonnage le plus efficace est axé sur le **taux du volume d'application (TVA)**. En mélangeant une quantité connue de la formulation pesticide, une **posologie** précise est appliquée sur la zone cible (un groupe d'arbres, un champ, etc.). Il est important de faire la distinction entre posologie et dose : la dose est la quantité exacte de substance administrée à un organisme individuel (p. ex., au cours d'un biodosage). Le TVA en lui-même a un effet limité sur la qualité du dépôt, qui dépend des divers facteurs d'interaction indiqués ci-dessous. Il en découle qu'un taux de dilution approprié de la formulation pourrait être calculé de façon à obtenir avec précision une posologie donnée par arbre ou à l'hectare.

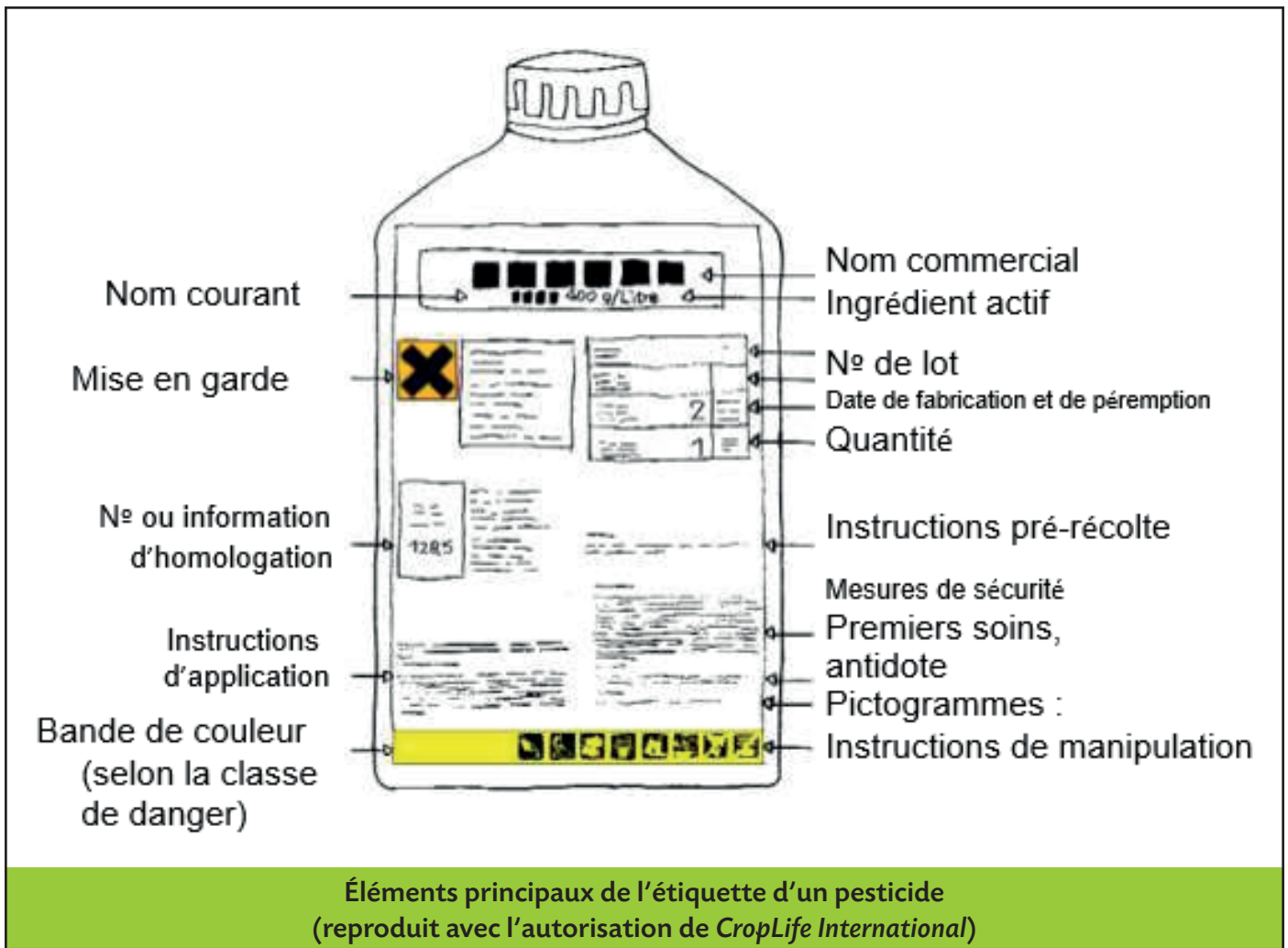
Dans la pratique, les opérateurs font rarement de tels calculs. La lecture de l'étiquette des produits est loin d'être courante, mais l'étiquetage demeure la source d'information la plus utile pour les exploitants et les opérateurs d'application. Toutefois, même les taux d'application indiqués sur l'étiquette peuvent être imparfaits si plusieurs types de pulvérisateur sont utilisés sur une parcelle, car il est généralement présumé qu'un TVA donné (souvent très élevé) sera utilisé. Pour la culture d'arbres tels que le cacaoyer, l'étiquette du pesticide donnera un taux d'application sous la forme d'une concentration recommandée du mélange en cuve ; un étiquetage plus judicieux peut également fournir des conseils d'application utiles.

Voici un exemple (malheureusement rare) d'étiquette qui fournit des instructions d'application claires.

Mais cette étiquette déplorable figure sur le flacon d'un insecticide dangereux (de classe I) qui a maintenant été supprimé. Bien que les pictogrammes (en bas de l'étiquette) indiquent qu'il est nécessaire de porter des vêtements de protection, l'opérateur dessiné juste au-dessus de ces symboles utilise un pulvérisateur pneumatique à dos mais ne porte ni un masque facial, ni un serre-tête antibruit (voir la section 6.5).



L'étiquette du produit constitue le moyen de communication entre le producteur, l'organisme de réglementation et l'exploitant (ou celui/celle qui le conseille). En tant que tels, ces étiquettes sont essentielles et doivent donc faire partie intégrante de l'examen réglementaire. Les organismes nationaux de réglementation ont des politiques d'étiquetage et les étiquettes doivent toujours être écrites dans la ou les langues locales appropriées, mais des recommandations internationales sont disponibles sur l'harmonisation des formats d'étiquetage, similaires à ceux des pesticides standards. Un exemple est donné ci-dessous. Il incombe aux organismes de réglementation de déterminer si les informations figurant sur l'étiquette sont compatibles avec les BPA et si un mécanisme est en place pour vérifier la qualité du contenu.



Éléments principaux de l'étiquette d'un pesticide
(reproduit avec l'autorisation de CropLife International)

6.1.1 Protection du consommateur, sécurité de l'opérateur et BPA

Avant de terminer la description des étiquettes de pesticides, il est important de souligner combien il est nécessaire de soumettre les produits approuvés à des procédures d'homologation et d'approbation de l'étiquetage rigoureuses. Des consignes nationales sur les pesticides axées sur des produits phytosanitaires recommandés localement sont de plus en plus fréquemment publiées et représentent une source précieuse d'information sur les noms commerciaux, les taux d'applications conseillés pour différentes cultures, etc. Quand cette source d'information n'est pas disponible (ou difficile à obtenir pour les exploitants), un rôle important des gouvernements et ONG de vulgarisation est de fournir de telles consignes dans un format facile à consulter.

6.2 Équipement de pulvérisation contre les parasites sur le terrain

La méthode d'application est cruciale, mais c'est pourtant souvent l'un des aspects les plus négligés par les utilisateurs de pesticides. Appliquer moins de produit mais de façon plus efficace devrait être la devise essentielle en matière de LAI, mais les pratiques n'ont pas progressé ces dernières décennies dans de nombreux pays, et elles ont même régressé dans certains d'entre eux.

Outre le délai avant la récolte (DAR) et le nombre de pulvérisations, une application minutieuse, en déterminant la posologie administrée sur la culture, est l'une des manières de contrôler les taux de résidus. Que l'on applique un pesticide chimique, biologique ou « bio-rationnel », les performances d'un agent de contrôle efficace seront nettement réduites si l'on emploie des systèmes de mise en œuvre déficients*, l'application étant donc un facteur clé pour maximiser l'efficacité.

* « système de mise en œuvre » désigne ici la sélection soignée des formulations et des équipements d'application appropriés

COMMENT NE PAS PULVÉRISER !

Dans la pratique, il existe une série de considérations importantes pour l'application du pesticide :

- L'évaluation de la cible et la sélection de l'équipement
- La santé et la sécurité
- La sélection et le réglage de la buse
- L'étalonnage
- La technique d'application
- L'entretien et la réparation de l'équipement



(reproduit avec l'autorisation de H. Dobson & J. Cooper, 2005 - calendrier *Vegetable production and pest management*).

De plus amples informations sont disponibles dans *Pesticide Application Methods*⁴³, avec des notes consultables en ligne sur www.dropdata.org/DD.

Deux types principaux d'équipement sont utilisés couramment pour pulvériser les cacaoyers ; les pulvérisateurs pneumatiques (ou atomiseurs) à dos motorisés et les pulvérisateurs manuels (hydrauliques).

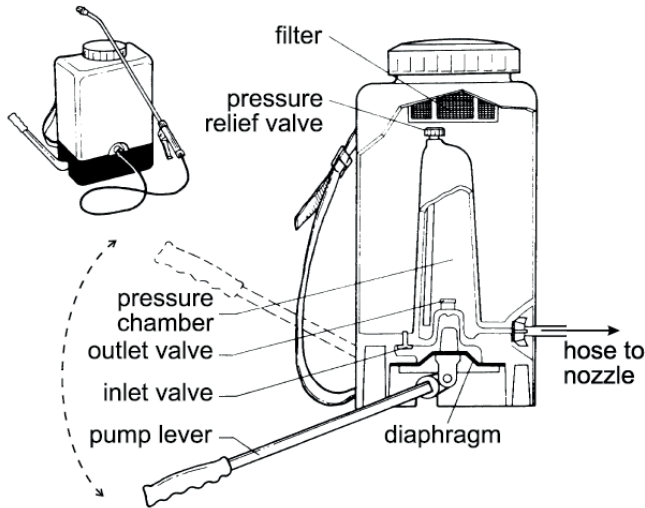
- La plupart des petits exploitants utilisent des pulvérisateurs manuels (hydrauliques), qui sont la principale méthode d'application de pesticides (et surtout de fongicides) dans la cacaoculture mondiale.
- Les pulvérisateurs motorisés ont désormais de multiples applications, mais ils ont été conçus initialement pour assurer une bonne couverture des gouttelettes pulvérisées sur les hauts cacaoyers en Afrique de l'Ouest.

La lutte chimique contre les mirides en Afrique et le foreur de cabosse en Asie du Sud-Est était initialement autorisée avec des insecticides comme le lindane et l'endosulfan, dont la volatilité contribuait à compenser les déficiences en matière d'application. Cependant, il était estimé que moins de 0,02 % d'ingrédient actif atteignait la cible biologique lors de l'application de mesures de contrôle au cacao à l'aide de pulvérisateurs pneumatiques motorisés⁴⁴. Les nouveaux produits chimiques peuvent être nettement plus chers que les composés génériques plus courants utilisés jusqu'à présent et la volatilité n'est plus une propriété acceptable pour les insecticides, l'amélioration de la qualité de l'application étant donc devenue essentielle. La FAO fournit des *Directives sur les exigences minimales relatives au matériel agricole d'application des pesticides*⁴⁵, mais il est malheureusement difficile de trouver des pulvérisateurs conformes à ces directives lorsque l'on se rend dans des magasins d'outillage ou dans les exploitations des régions cacaoyères. Pour les équipements portables (employés par la plupart des agriculteurs, notamment les petits exploitants), des spécifications sont données pour les cuves des pulvérisateurs, les pompes, etc. et sont accompagnés de directives spéciales sur les buses (voir ci-dessous). La FAO a préconisé que les pays membres intègrent les normes de qualité des pulvérisateurs dans les lois sur les pesticides, mais il est regrettable de constater que peu de pays l'ont fait. Cependant, le Cameroun a modifié en 2008 un arrêté pour y inclure l'interdiction d'importation de pulvérisateurs non conformes aux exigences minimales de la FAO.

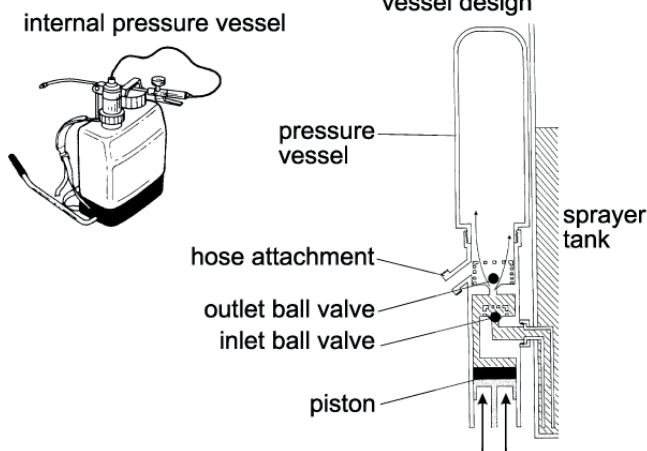
● 6.3 Pulvérisateurs hydrauliques (manuels) et buses

Les buses hydrauliques restent le moyen le plus largement utilisé de pulvériser des pesticides chimiques. Elles sont adaptées à un large éventail de systèmes de pulvérisation, comprenant les pulvérisateurs portables « à trombone » élémentaires, les pulvérisateurs à dos à levier latéral et les pulvérisateurs à pression préalable (initialement conçus pour le contrôle des vecteurs mais utilisés par certains cacaoculteurs) comme indiqué ci-dessous :

a. diaphragm pump type

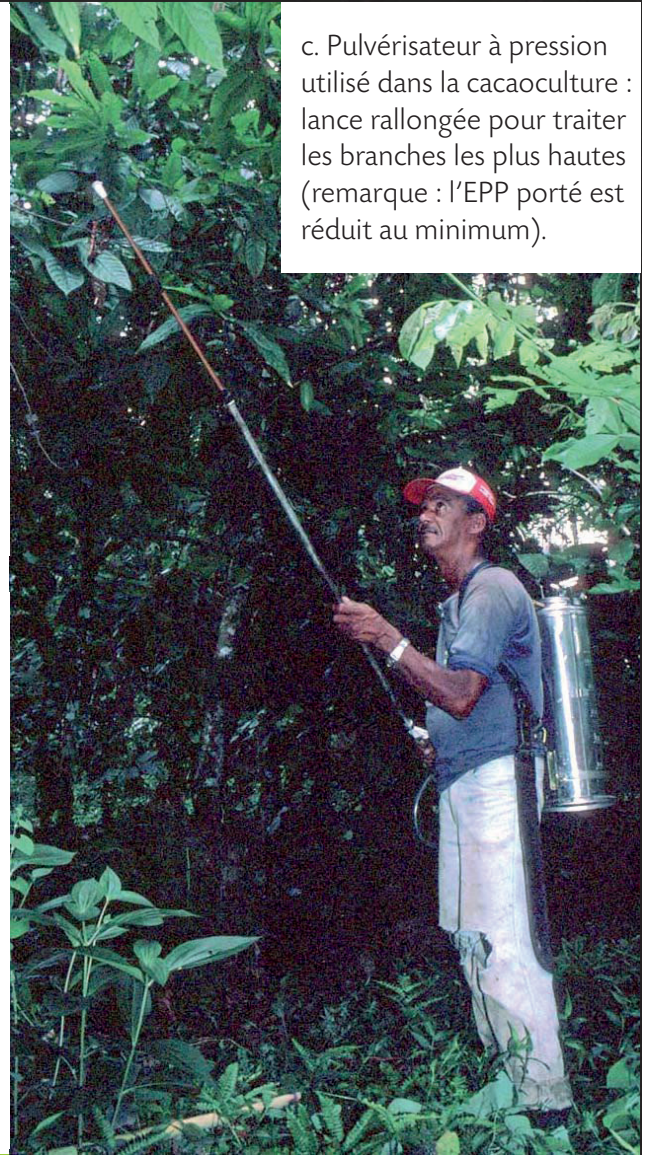


b. piston pump designs



from: BCPC (1989) "Hand operated sprayers handbook" and J.A. Sutherland (1979) "Non-motorised hydraulic energy sprayers"

c. Pulvérisateur à pression utilisé dans la cacaoculture : lance rallongée pour traiter les branches les plus hautes (remarque : l'EPP porté est réduit au minimum).



Trois types de pulvérisateurs hydrauliques et manuels utilisés dans la cacaoculture

Les deux types habituels de pulvérisateur à dos manuel à levier latéral sont illustrés, dans lesquels le mélange du réservoir est pompé à l'aide (i) d'une membrane ou (ii) d'un mécanisme à piston ; tous deux nécessitent deux vannes. Les « pulsations » (variations de pression lors du pompage) sont minimisées grâce à une chambre de pression montée soit à l'intérieur (souvent dans le mécanisme de pompage) soit à l'extérieur de la cuve principale, et certains pulvérisateurs sont dotés d'un mécanisme de contrôle de pression monté soit sur la cuve, soit sur la lance de pulvérisation. Les filtres situés sous le couvercle de la cuve sont généralement assez grossiers, les exploitants devant donc veiller à utiliser de l'eau propre pour éviter de boucher les filtres plus fins situés avant les embouts des buses.

Les pulvérisateurs à pression préalable sont remplis presque entièrement d'eau à laquelle on ajoute le pesticide, puis pompés – jusqu'à 600 kPa ou plus – avant de les mettre dans le dos et de commencer à pulvériser. Cela a l'avantage d'avoir les deux mains libres pour utiliser la lance ; cependant, sauf si un dispositif de régulation de pression est installé, la pression et le débit de la buse diminuent progressivement jusqu'à ce que l'on pompe à nouveau.

Par ailleurs, notamment en Asie, les pulvérisateurs hydrauliques motorisés sont de plus en plus courants. L'énergie n'est plus fournie par un levier latéral mais par une pompe électrique ou même un moteur à deux temps. Il est important de ne pas confondre ces **pulvérisateurs hydrauliques motorisés** avec les **pulvérisateurs pneumatiques motorisés** (ci-dessous). Tandis que ces derniers permettent de réduire le volume par hectare, les pulvérisateurs hydrauliques motorisés sont souvent équipés de buses à très haut débit ou multiples, qui posent un risque d'augmentation du TVA par rapport à la pulvérisation manuelle. Lorsque l'on achète ce type d'équipement de pulvérisation, il est important de vérifier la plage de débits et de le valider avec l'étalonnage.

La répartition du produit pulvérisé à l'aide d'une lance dépend dans une large mesure de l'habileté de l'opérateur à assurer un pompage régulier et une vitesse de déplacement constante tout en dirigeant la buse sur les zones cibles (cabosses, feuillage, branches, etc. en fonction du parasite).

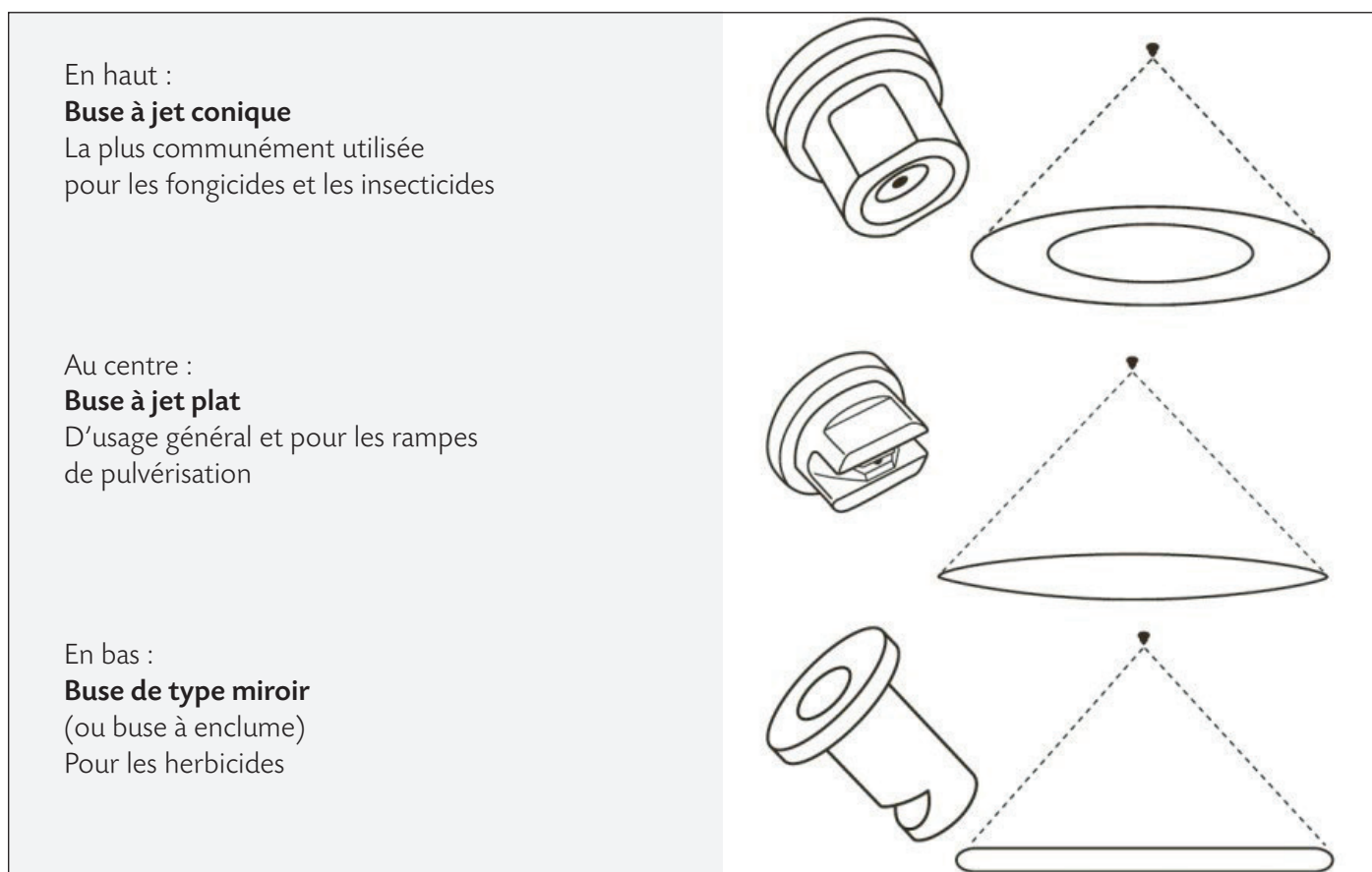
La FAO a publié des directives sur les exigences minimales du matériel⁴⁶ de pulvérisation manuelle comprenant plusieurs aspects relatifs au poids, à la durabilité, à l'écoulement, à la facilité de nettoyage et d'entretien, aux modes d'emploi, etc. Ces directives soulignent spécifiquement la responsabilité du fabricant du pulvérisateur d'assurer la conformité pour les atomiseurs fournis, y compris :

- » « Les buses fournies avec un pulvérisateur, ou recommandées, doivent être fabriquées selon les normes internationales (ISO)*. »
- » « Les fabricants des pulvérisateurs doivent inclure dans le manuel d'utilisation des informations sur : les débits des buses et les caractéristiques relatives aux formes et aux angles du jet ... »

6.3.1 Buses à pression liquide

Le volume d'eau utilisé par hectare (taux de volume d'application) conditionne directement la quantité de pesticide appliquée et dépend de la buse employée ainsi que de la pression de fonctionnement. Cette dernière détermine également l'angle et la qualité du jet, qui influent à leur tour sur l'efficacité de la pulvérisation (efficacité du transfert de dose au parasite cible).

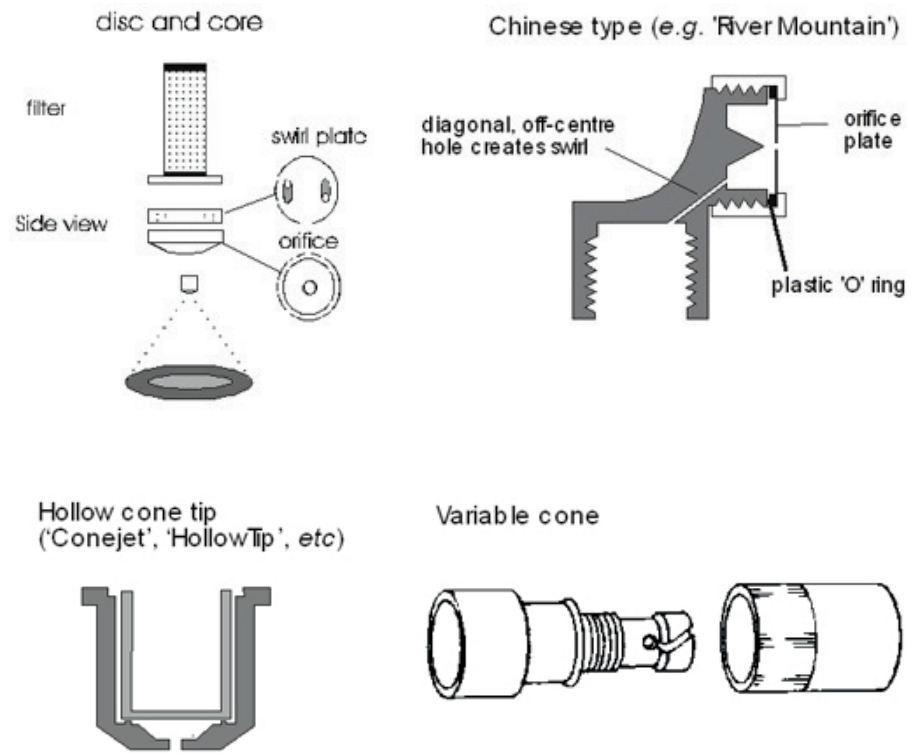
Les types les plus courants de buse hydraulique et le patron d'épandage produit sont les suivants :



* La norme ISO 10625:2005 prescrit le code de couleur pour l'identification des types de buses standard pour pulvérisation hydraulique (ex: jet plat, miroir et jet conique). Une autre norme définit les dimensions de raccordement des buses (ISO 8169:1984)

Types de buse à jet conique

La combinaison correcte de disque et de buse interne (p. ex., D 1,5-25) peut être fixée au préalable pour maximiser la pulvérisation sur les cabosses et les branches.



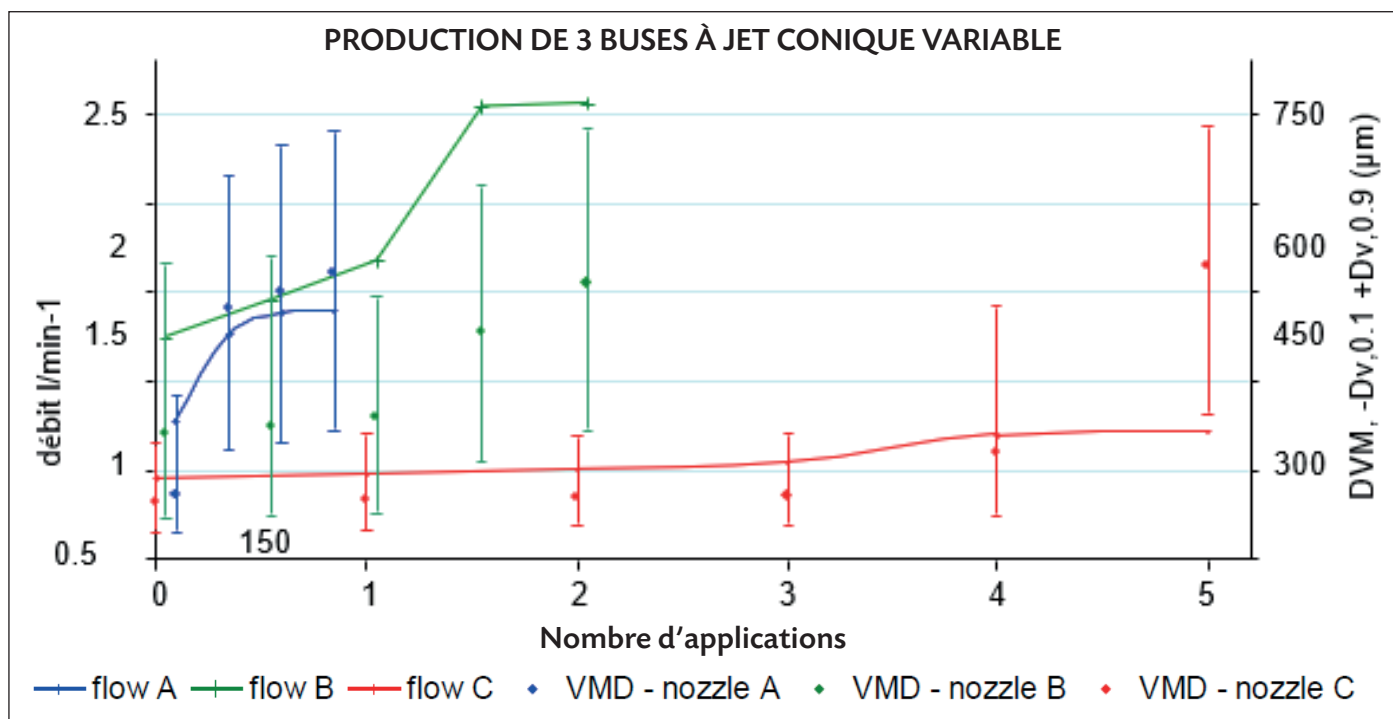
6.3.2 La nécessité de normes sur les buses dans les zones cacaoyères

Malheureusement, un grand nombre de pulvérisateurs manuels utilisés par les petits cacaoculteurs dans le monde sont dotés de **buses à jet conique variable** et peu d'exploitants savent quel réglage utiliser. Lorsqu'elles sont réglées au niveau minimum (c-à-d pour une pulvérisation très fine), elles produisent un jet conique creux, dont la qualité est comparable à celle des buses à jet conique fixes. Cependant, lorsque l'on desserre légèrement la mollette extérieure pour produire un jet plus serré (habituellement pour traiter les branches hautes des cultures arborées), la taille des gouttelettes augmente considérablement⁴⁷.

La qualité du jet est importante : un nombre relativement faible de grosses gouttelettes peut représenter une grande proportion du volume pulvérisé (qui pourrait être remplacé par un plus grand nombre de fines gouttelettes plus efficaces). Ces gouttelettes plus grosses risquent davantage de couler sur les feuilles et de retomber sur le sol (ruissellement) et donc d'être gaspillées. Ce facteur contribue à une efficacité réduite ou fluctuante.

La figure ci-dessous illustre l'énorme variabilité des buses à jet conique variable avec un échantillon de trois buses pris dans des zones cacaoyères. Les mesures ont été effectuées à une pression relativement élevée (500 kPa) afin d'imiter les pratiques des exploitants lorsqu'ils souhaitent obtenir une pulvérisation très fine ou une longue portée sous forme de jet. On observe non seulement une multiplication par 2 à 5 du diamètre volumique médian (DVM)*, mais aussi une variation de 60-80 % du débit.

* Le DVM ou $D[v,0.5]$ est la mesure la plus courante de la taille « type » de gouttelette dans un nuage de pulvérisation, en μm . 50 % du volume pulvérisé total se compose de gouttelettes de diamètre supérieur et 50 % de diamètre inférieur.



Débit (l/min^{-1}) et caractéristiques du jet de trois buses à jet conique variable utilisées dans différentes zones cacaoyères avec de l'eau additionnée de tensioactif à 500 kPa. (Remarque : nombre de rotations différent requis pour passer du cône le plus large [minimum] au jet le plus serré). La qualité de la pulvérisation est mesurée par le DVM avec les percentiles 10 % et 90 % en volume ($D_{[v,0.1]}$ et $D_{[v,0.9]}$ en bars).

En conséquence, **l'étalonnage précis est impossible** avec les buses à jet conique variable. De toute évidence, on ne peut donc recommander un dosage efficace avec ce type de matériel.

Des millions de dollars ont été dépensés dans le monde entier depuis 30 ans pour améliorer la conception des buses et il existe une série de normes internationales sur les buses à pression liquide, notamment pour définir leurs dimensions de raccordement (ISO 8169:1984). Des recherches ont été effectuées pour mettre au point une « buse cacao » à géométrie fixe en évaluant les réglages appropriés de la buse pour maximiser le dépôt de produit sur les cabosses ou sur d'autres cibles relativement étroites comme les branches⁴⁸. Un cône étroit produisant une pulvérisation fine peut être obtenu au moyen de combinaisons de disque et de buse interne dans lesquelles un disque relativement petit est « surchargé » au moyen d'une hélice surdimensionnée (par rapport à l'hélice de 80 normalement fournie par le fabricant). Dans les tests contrôlés, les combinaisons telles que D1.5-25 (ou D3-45 s'il peut y avoir un problème d'obstruction) devraient améliorer nettement l'efficacité du transfert de dose pour les fongicides de contact utilisés contre des maladies du cacaoyer telles que *Phytophthora spp* et *Monilophthora roreri*. Les tests de validation ont été variables, avec de bons résultats obtenus par les exploitants (qui souhaitent sans doute économiser sur les coûts des fongicides) mais des difficultés avec les opérateurs « formés à la pulvérisation par ruissellement » : avec cette idée en tête, la technique consiste simplement à ralentir leur travail pour attendre le ruissellement du produit !

Cette technologie n'est guère utile si elle n'est pas accompagnée d'une formation appropriée, mettant l'accent sur l'efficacité du transfert de dose et sur l'économie des frais de pesticides. Malheureusement, dans de nombreuses régions cacaoyères, il peut également être difficile de trouver du matériel conforme aux exigences de base des équipements de pulvérisation tel que les raccords de buse conformes à la norme ISO 8169, les exploitants ne pouvant donc pas bénéficier des initiatives de R&D décrites ci-dessus.

6.3.3 Une procédure d'étalonnage simple

Il existe plusieurs méthodes et appareils d'étalonnage des pulvérisateurs manuels. Une méthode simple pour les petits exploitants de cultures arborées est la suivante :

1. Verser un faible volume d'eau propre dans la cuve du pulvérisateur et faire fonctionner la pompe pour vérifier qu'il n'y a pas de fuites et que la buse fonctionne correctement.
2. Vider le pulvérisateur et verser un volume déterminé – par exemple 5 litres dans une cuve de 15 litres.

3. Pulvériser une partie des cultures et mesurer le nombre d'arbres traités.
4. En multipliant ce chiffre par trois, on obtiendra le nombre d'arbres traités avec une cuve entière.
5. À partir de là, on pourra estimer le nombre de cuves nécessaire pour couvrir l'ensemble de l'exploitation. S'il faut 12 cuves par hectare, le dosage du pesticide par hectare divisé par 12 est égal à la quantité à verser dans chaque cuve pleine.

6.3.4 Entretien et réparation

Les pulvérisateurs à dos manuels sont généralement entretenus par les exploitants eux-mêmes, bien qu'il y ait eu des initiatives de soutien des pouvoirs publics ou des coopératives. Il peut être difficile de convaincre les petits exploitants qu'il est généralement rentable à long terme de **choisir un pulvérisateur robuste de bonne qualité**, car ils vont toujours demander s'il sera possible de **trouver des pièces de rechange**. Voici quelques messages de base à transmettre par les services de vulgarisation :

Avant la pulvérisation, l'exploitant doit procéder aux vérifications suivantes :

- Le pulvérisateur fonctionne-t-il correctement ? Avant chaque opération de pulvérisation, vérifier le fonctionnement de l'appareil en utilisant seulement de l'eau propre
- Y a-t-il des défauts ou colmatages ? Vérifier la pompe, les valves, les filtres et la buse.
- Y a-t-il des fuites ?

Si des pièces de rechange ne sont pas disponibles, les joints peuvent être réparés avec du ruban de plomberie blanc (à base de PTFE) ou de joints en caoutchouc (obtenus par exemple à partir de chambres à air usées). Remplacer les tuyaux usés et perforés.

Un pulvérisateur qui fuit peut poser problème en raison :

- d'une exposition de l'opérateur au mélange contenu dans le réservoir
- de taux d'application incorrects*
- du risque accru de pollution du sol

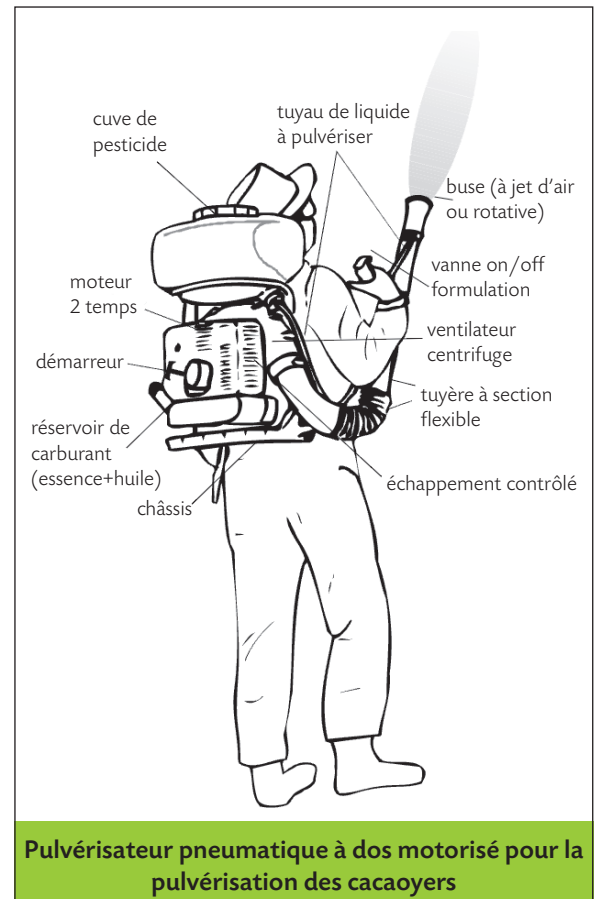
* Le coût des pesticides est nettement supérieur à celui du matériel de pulvérisation et l'investissement dans du matériel et des pièces détachées de qualité est donc rentable, même à court terme.



6.4 Pulvérisateurs pneumatiques motorisés

Le cacao a été l'une des premières cultures arborées tropicales pour lesquelles on a utilisé des pulvérisateurs pneumatiques à dos motorisés pour lutter contre les parasites, faisant appel à un ventilateur qui projette le jet sur les cacaoyers. Il n'est pas inhabituel de trouver des arbres de plus de 14 mètres mais il est vivement recommandé de contrôler la hauteur des arbres pour optimiser la LAI. Ces appareils sont conçus pour produire une pulvérisation fine ou « brumisation » et appliquent des volumes inférieurs aux pulvérisateurs à dos conventionnels (p. ex, de l'ordre de 20-100 l/ha au lieu de 200-1 000 l/ha), et de nombreux appareils peuvent également être adaptés à l'application de granulés et de poudres, mais ceux-ci ne conviennent pas au cacao.

Les pulvérisateurs pneumatiques sont la méthode préférée d'application d'insecticide pour la lutte à grande échelle contre les mirides (capsides) et sont employés par le CODAPEC* pour les opérations de pulvérisation dans les zones les plus infestées du Ghana. Leur usage est également courant dans les grandes exploitations (>4 ha) et plantations, où le coût d'investissement initial dans les équipements est compensé par un rythme de travail supérieur et donc des coûts de main d'œuvre inférieurs⁴⁹. Depuis leur mise au point dans les années 1950, des douzaines de fabricants ont commercialisé une large gamme de modèles, chacun ayant des caractéristiques différentes et une série de réglages pour le débit et d'autres fonctions.



Pulvérisateur pneumatique à dos motorisé pour la pulvérisation des cacaoyers

* Programme national de lutte phytosanitaire cacaoyère du Ghana Cocoa Board ou « programme de pulvérisation massive »

6.4.1 Construction

Les pulvérisateurs pneumatiques types consistent en un moteur deux temps de 35 - 70 cm³ qui actionne un ventilateur centrifuge. Les moteurs les plus puissants permettent d'actionner des ventilateurs produisant un volume d'air élevé. Ces pulvérisateurs lourds servent à pulvériser les arbres les plus élevés, le volume d'air supérieur produit permettant de projeter les gouttelettes plus haut qu'avec les petits pulvérisateurs. Le jet peut rarement atteindre plus de 10 m de hauteur, même avec les pulvérisateurs à dos les plus puissants.

Le bloc moteur-ventilateur est relié par des fixations anti-vibration à un châssis à dos permettant au pulvérisateur de se maintenir droit lorsqu'il est posé sur le sol. Le châssis, muni de bretelles, accueille également la cuve à pesticide, le tuyau de liquide à pulvériser, le réservoir d'essence et la tuyère. Une buse est montée à l'extrémité de la tuyère. Le volume de liquide de pulvérisation émis est contrôlé par un limiteur de débit réglable ou fixe et une vanne on/off est également installée sur la tuyère. La cuve a généralement une capacité de 10-12 litres. Certains modèles possèdent une cuve plus grande, mais son poids supérieur, ajouté à celui du ventilateur et du moteur, est jugé non acceptable. La cuve possède une large ouverture pour faciliter le versement du liquide. Le fond de la cuve doit également être incliné jusqu'au point de sortie inférieur. Le ventilateur envoie de l'air dans la cuve de pulvérisation, qui est généralement conduit à la base du filtre situé à l'ouverture de remplissage pour créer une faible pression (25 kPa) afin d'envoyer le liquide de pulvérisation vers la buse. La pression d'air est essentielle si la tuyère standard est dirigée vers le haut, lorsque la buse peut être au-dessus du niveau du liquide dans la cuve. Le bouchon large fermant la cuve doit donc être parfaitement hermétique. Sur certains modèles, ce système de pression d'air est remplacé par une pompe séparée, généralement montée directement sur l'arbre d'entraînement du ventilateur. Les pulvérisateurs équipés de pompe à liquide produisent généralement un débit beaucoup plus fiable (en particulier à faible pression) et plus facile à étalonner, mais l'ajout d'une pompe est coûteux (généralement plus de 100 €/€).

Les pulvérisateurs pneumatiques les plus simples ont un seul tuyau qui envoie le liquide de pulvérisation dans le flux d'air à haute vitesse. Cependant, plusieurs fabricants ont mis au point des méthodes alternatives de pulvérisation du liquide dans le flux d'air. Certains modèles sont dotés de buses rotatives qui peuvent accroître l'uniformité de la taille des gouttelettes, mais la qualité et le prix de ces dispositifs varient considérablement. Le débit et la vitesse d'air ont un effet crucial sur la taille des gouttelettes et les pulvérisateurs doivent toujours fonctionner à plein régime.

Le débit n'est pas déterminé par la buse mais par un limiteur monté sur celle-ci. Sur de nombreux pulvérisateurs, il existe un limiteur réglable souvent doté de plusieurs positions. L'utilisateur aura tendance à régler ce limiteur sur la position maximale afin de vider la cuve le plus rapidement possible. Cela peut nuire à la qualité de l'atomisation et il est donc conseillé d'utiliser un pulvérisateur à limiteurs fixes. Lorsque le limiteur approprié est installé, il ne peut pas (et ne doit pas) être modifié par les opérateurs sur le terrain.

6.4.2 Entretien et réparation

Ces moteurs ont besoin d'un entretien spécialisé et leur emploi à grande échelle doit donc être réservé aux zones où il existe des techniciens qualifiés capables de s'occuper de ce matériel. Pour les petites exploitations disséminées dans de vastes régions, des ateliers mobiles sont une bonne façon d'aider les utilisateurs qui auraient autrement des difficultés à transporter leur matériel à un magasin central. L'un des problèmes les plus courants concerne les tuyaux de liquide et leurs joints. Certaines formulations chimiques provoquent la détente des tuyaux et donc des fuites. Il est conseillé aux opérateurs (et aux distributeurs locaux) de conserver des pièces détachées de ces éléments ainsi que des colliers de serrage.

6.4.3 Fonctionnement et étalonnage

Avec les pulvérisateurs pneumatiques motorisés, il est pratiquement impossible de recueillir le jet dans un flux d'air ; la simple mesure du flux de liquide dans le tuyau de formulation à la sortie du limiteur donnera toujours une sous-estimation substantielle (souvent supérieure à 30 %) du flux opérationnel parce qu'il n'y a pas de pression ou « d'effet de succion » dans la buse à double fluide. Le débit peut également varier considérablement selon l'angle d'orientation de la lance (p. ex., pulvérisation vers le haut des arbres ou horizontalement sur les cultures). La pressurisation de la cuve peut donc être inappropriée pour un flux constant de liquide et nous conseillons donc le choix de pulvérisateurs équipés d'une pompe indépendante. L'étalonnage correct s'effectue comme suit :

1. Placer le pulvérisateur sur une surface horizontale ferme et noter (ou marquer) un niveau dans la moitié supérieure de la cuve de pesticide ;
2. S'assurer que la vanne de liquide est fermée ; remplir la cuve d'eau propre (ou de formulation témoin) jusqu'au niveau de référence ;

3. Démarrer le moteur et faire fonctionner à vitesse normale (plein régime) ;
4. Pulvériser normalement, en dirigeant la buse à la hauteur et selon l'angle habituels (sur les cultures elles-mêmes si possible), pendant une durée déterminée (habituellement 2 minutes) ;
5. Éteindre le moteur et placer le pulvérisateur sur la même surface horizontale qu'à l'étape 1 ;
6. À l'aide d'un récipient gradué, mesurer soigneusement la quantité d'eau requise pour remplir la cuve jusqu'au niveau de référence ;
7. Calculer le débit $D = \text{volume} / \text{temps}$ (p. ex., 700 ml en 2 minutes = 350 ml/min).

Le volume de la canopée des arbres et des arbustes peut varier considérablement entre des exploitations cacaoyères se trouvant à divers stades de développement. En conséquence, un chiffre unique de volume d'application et de quantité de pesticide n'est pas pertinent (les proportions de mélange recommandées sont donc indiquées généralement sous forme de concentration ou de ratio plutôt que par hectare). La pulvérisation peut se limiter à une seule rangée et le volume par arbre sera donc calculé selon le temps nécessaire pour pulvériser l'arbre de tous les côtés. La durée de la pulvérisation doit être suffisante pour que le volume d'air de l'arbre soit entièrement remplacé par l'air portant les gouttelettes en suspension.

Une étude a été réalisée pour déterminer la manière d'améliorer le processus de transfert de dose avec les pulvérisateurs pneumatiques motorisés en évaluant l'efficacité de la pulvérisation sur la cible⁵⁰. Deux techniques de pulvérisation, sur chaque rangée et sur des rangées alternées, ont été examinées à plusieurs TVA. Le dépôt comparé sur les principales cibles biologiques telles que les cabosses de cacao a été mesuré à l'aide d'une technique spectrophotométrique avec deux colorants alimentaires commerciaux selon les différents modes d'application. D'après cette étude, la pulvérisation la plus efficace se produit lorsque les opérateurs sont formés de façon à réduire les débits et à se déplacer le long de chaque rangée pour améliorer l'uniformité de la couverture. En termes pratiques, la réduction du TVA en utilisant des débits inférieurs à 0,5x mais en pulvérisant chaque rangée représente une réduction d'une cuve par hectare. La diminution du coût des produits chimiques et le gain de temps pour remplir la cuve peuvent compenser la perte de temps évidente résultant du fait de parcourir chaque rangée. Cependant, le principal avantage réside dans l'efficacité accrue de la pulvérisation et dans la plus grande uniformité du dépôt. Cela signifie que la probabilité de contrôler efficacement les populations de parasites est supérieure, ce qui permet donc d'obtenir des gains de productivité et de qualité.

6.5 Équipement de protection personnelle (EPP)

Depuis plusieurs décennies, l'emploi d'EPP (masque, lunettes de protection, gants, etc.) est conseillé aux petits cacaoculteurs afin de se protéger contre les effets des pesticides. L'EPP doit toujours être utilisé quand il est disponible mais les visites effectuées dans de nombreuses zones cacaoyères rurales montrent qu'il n'est pas employé ni disponible. De plus, l'EPP n'est utile que s'il est correctement entretenu et utilisé.

Il peut en outre faire trop chaud pour porter des vêtements de protection lourds. C'est pourquoi il serait rationnel de recommander :

- » de sélectionner des produits moins toxiques
- » de respecter des exigences minimales en matière de protection personnelle (souvent inexistantes)
- » d'utiliser des techniques de pulvérisation appropriées pour éviter l'exposition,
- » de respecter les précautions d'hygiène et de propreté après l'application (voir les bonnes pratiques agricoles et de stockage, chapitres 7 et 8) *take part in spray operations: pesticide application must always be treated as potentially hazardous and children are especially sensitive to pesticides (see section 2.1.2).*

Il convient de rappeler ici que les programmes de vulgarisation et de sensibilisation doivent mettre l'accent sur le fait que **les enfants ne doivent jamais participer aux opérations de pulvérisation** : l'application d'un pesticide doit toujours être considérée comme un danger potentiel et **les enfants sont particulièrement sensibles aux pesticides** (voir la section 2.1.2).

EXIGENCES MINIMALES EN MATIÈRE DE PROTECTION PERSONNELLE

- ✓ **Portez un chapeau** pour vous protéger contre la retombée de gouttelettes
- ✓ Portez des vêtements confortables qui protègent autant que possible le corps et les membres.
- ✗ Ne portez jamais des combinaisons ou autres vêtements précédemment souillés
- ✓ Un masque est particulièrement important si vous utilisez des pesticides irritants ou nocifs (voir l'encadré ci-dessous).
- ✓ Portez votre pantalon à l'extérieur des bottes
Les exploitants doivent savoir qu'**il vaut mieux ne pas mettre de gants que de porter des gants troués.**



Si vous employez un **pulvérisateur pneumatique à dos**, il est essentiel de porter des protège-oreilles anti-bruits.



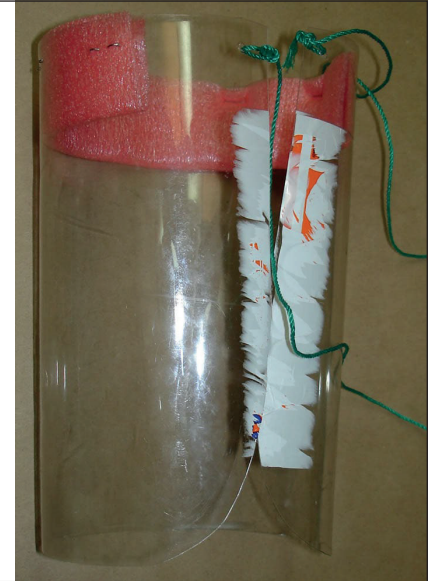
Une équipe d'opérateurs de pulvérisation dans une plantation de cacao commerciale. Leur EPP est raisonnable, mais y aurait-il des améliorations à suggérer ?

6.5.1 Protection du visage et prévention de l'inhalation de gouttelettes

L'utilisation de « masques » pour empêcher l'inhalation de gouttelettes et protéger le nez et la bouche de l'opérateur est généralement une mesure de protection acceptée. Il est admis depuis longtemps que les masques chirurgicaux et en tissu ordinaire assurent une protection incomplète, mais la pandémie de COVID-19 a mis l'accent sur la conception, le développement et la diffusion des masques vendus dans le commerce, ainsi que sur la quantification de leur efficacité*.

À défaut d'utiliser des masques respiratoires conçus à cet effet, des masques bon marché, confortables et bien ajustés peuvent assurer une filtration de 99 %. Des normes ont été établies à ce sujet. En Europe, la norme FFP2 est recommandée pour le grand public, ce qui équivaut approximativement au NIOSH N95 aux États-Unis et au KF94 en Corée du Sud ; la " norme " KN95 en Chine ne fait pas l'objet d'une réglementation gouvernementale stricte et peut donner des résultats insuffisants⁵¹.

Les visières faciales protègent le visage contre les sprays irritants ou toxiques, mais l'équipement commercial est coûteux (le prix pouvant atteindre plus de 20 € / \$). La visière faciale de l'INIAP, en Équateur (comme illustré ici) a été développée comme une alternative très peu coûteuse. Elle peut être fabriquée à partir d'une bouteille de boisson gazeuse en plastique de 2 L et attachée avec des ficelles.



6.6 Pulvérisation de masse et prestataires de services

Au Ghana, les campagnes de pulvérisation de masse coordonnées par le gouvernement (CODAPEC) depuis les années 1950, qui comprenaient la fourniture de matériel et la formation des opérateurs de pulvérisation, ont longtemps été considérées comme le meilleur moyen d'application sûre et efficace d'insecticides contre les mirides du cacao. Cependant, cette approche a suscité des préoccupations techniques et il a été suggéré que la pulvérisation de masse n'a pas contribué à améliorer les revenus des cacaoculteurs⁵². Les priorités opérationnelles ont encouragé les pulvérisations saisonnières (généralement d'août à décembre en Afrique de l'Ouest) plutôt que l'utilisation de « seuils d'intervention » pour les populations de mirides, compatibles avec la LAI (voir le chapitre 7). On s'inquiète depuis longtemps du fait que les « recommandations de 1950 sur le calendrier d'application des insecticides doivent être révisées »⁵³.

En lieu et place de ces campagnes à grande échelle, d'une part, et des efforts des exploitants individuels d'autre part, le concept des prestataires de services de pulvérisation (SSP, pour *Spray Service Providers*) consiste à fournir une plus grande expertise via la formation et la coopération, par exemple au niveau du district. Ce projet lancé et financé par la Fondation mondiale du cacao et *CropLife International* s'adresse aux cacaoculteurs en Côte d'Ivoire, au Ghana, au Nigéria et au Cameroun. Un SSP est généralement un exploitant qui a reçu une formation spéciale pour appliquer des pesticides et qui loue ses services à d'autres exploitants pour traiter leurs cultures. *CropLife* explique que « l'objectif du réseau SSP est de s'assurer que les pesticides ne sont manipulés que par des personnes formées ; de réduire les risques pour la santé humaine et l'environnement ; de s'assurer que les bons pesticides sont utilisés selon une posologie adéquate pour un contrôle efficace des parasites et une augmentation des rendements ; de planifier l'achat de pesticides et d'éviter l'accumulation de stocks obsolètes ; et d'éliminer en toute sécurité les récipients usagés »⁵⁴.

* [www.wikipedia.org/wiki/Mechanical_filter_\(respirator\)#Filtration_standards](http://www.wikipedia.org/wiki/Mechanical_filter_(respirator)#Filtration_standards)

Cette section établit des orientations générales pour la formation, avec des suggestions de « messages clés » et les raisons pour lesquelles ils devraient être prioritaires. Chaque sous-section peut constituer une séance de formation séparée. **Remarque** : le terme BPA va au-delà de la lutte antiparasitaire et s'applique également au désherbage, à l'application d'engrais et à d'autres pratiques.

Référence : DROPDATA - le contenu de cette section a été résumé dans la brochure intitulée « Pulvérisation du cacaoyer : 10 points essentiels », dont des versions sont maintenant disponibles en bahasa, anglais, français, espagnol, tok pisin et vietnamien. Elle peut être téléchargée sur le site suivant : www.dropdata.org/cocoa/training.htm.

Le but de ce guide **n'est pas** d'encourager l'utilisation de pesticides et il convient de souligner que la pertinence de toute modalité de lutte contre les nuisibles sera limitée ou nulle si la nature de l'attaque parasitaire n'est pas établie ou la culture mal gérée. L'utilisation rationnelle des pesticides comprend au moins quatre volets :

- (i) Un diagnostic précis des problèmes et une prise de décision pertinente ;
- (ii) Si leur emploi est nécessaire, l'utilisation rationnelle de pesticides ou de techniques de lutte alternatives ;
- (iii) Le choix des produits appropriés, homologués pour le contrôle de ces problèmes, et la rotation des produits pour éviter l'apparition d'une résistance ;
- (iv) Une application efficiente afin de maximiser l'efficacité et de minimiser les coûts et les effets sur les organismes non-cibles.

7.1 Architecture de la culture

Une stratégie de lutte antiparasitaire intégrée signifie généralement que les exploitants doivent inspecter leurs cultures régulièrement, ce qui peut impliquer une **récolte sanitaire** pour éliminer les cabosses infestées. Il est pratiquement impossible d'effectuer cette opération d'une manière satisfaisante dans des cacaoyères très hautes. De même, une bonne pulvérisation permettant de maximiser l'exposition de la cible biologique requiert des arbres bien gérés.

Le premier message pour les cacaoculteurs ...

Les grands arbres sont difficiles à :

- surveiller
- pulvériser
- récolter

(Dessin humoristique reproduit avec l'autorisation de J. Cooper, NRI)



Tailler les arbres régulièrement : réduire la hauteur des grands arbres (à 3-4 mètres) facilitera la pulvérisation, mais vous devrez vous préparer à perdre un cycle de production ! Ceci est probablement la condition préalable la **plus importante** à la mise en œuvre de BPA, et diverses méthodes peuvent être employées pour réhabiliter de très grands cacaoyers, comme illustré ci-dessous.

Une mesure radicale mais nécessaire : la réhabilitation du cacaoyer



À gauche et au centre : simple réduction de la taille de l'arbre ; la coupe est effectuée à 1,5 – 2 mètres environ du sol et l'arbre est ensuite traité avec un fongicide à base de cuivre. Pour maintenir un certain niveau de production, cette opération doit être effectuée par étapes sur une période de 4-5 ans (en d'autres termes, sur 1/4 de l'exploitation chaque année). **À droite** : réhabilitation après greffage sur gourmand.

Ci-dessous : greffage latéral



7.2 Identification des parasites sur le terrain, dégâts et LAI

Cette section présente une synthèse non exhaustive des problèmes couramment rencontrés dans les cacaoyères. Elle est axée sur les principaux problèmes qui donnent régulièrement lieu à des pulvérisations. L'application de pesticides est une opération coûteuse et risquée et les exploitants devraient donc toujours se poser au préalable la question suivante : « Quel est le parasite que j'essaie de contrôler et la dépense en vaut-elle la peine ? » La sélection du produit et la façon de l'appliquer dépendront de la réponse à cette question.

Certains problèmes courants qui peuvent être traités par des pesticides sont notamment :

Sur les jeunes cacaoyers

- Mauvaises herbes
- Termites
- Insectes défoliants (sauterelles, coléoptères, etc.)

Pendant le cycle de production principal

- Pourriture noire (*Phytophthora* sp. - notamment *P. megakarya* en Afrique de l'Ouest)
- Maladies dues à *Moniliophthora*
- Mirides (ou capsides)
 - o *Sahlbergella singularis* et *Distantiella theobromae* en Afrique
 - o *Helopeltis* spp. En Asie
 - o *Monalonion* spp. in Amérique latine
- Foreur de cabosse, *Conopomorpha cramerella* en Asie du Sud-Est
- Virus de l'œdème des pousses du cacaoyer (CSSVD)

Davantage d'informations sur chaque insecte nuisible, les maladies, les pesticides pour les combattre, etc. sont disponibles sur www.dropdata.org/cocoa.

Un guide utile pour l'identification des principaux insectes parasites et maladies du cacaoyer peut être téléchargé sur Plantwise Knowledge Bank en bahasa, anglais, français et espagnol, afin de l'utiliser sur un téléphone mobile ou sur papier.



7.2.1 La pratique et l'avenir de la LAI dans la cacaoculture

Avec la pression générale en faveur de la réduction ou de la limitation de l'utilisation des pesticides les plus dangereux dans l'agriculture (c.-à-d. le pacte vert de l'UE, abordé au chapitre 1), l'accent est mis davantage sur la lutte antiparasitaire intégrée. L'UE et la FAO définissent la LAI comme « la prise en considération attentive de toutes les méthodes de protection des plantes disponibles et par conséquent, l'intégration des mesures appropriées qui découragent le développement des populations d'organismes nuisibles et maintiennent le recours aux produits phytopharmaceutiques et à d'autres types d'interventions à des niveaux justifiés d'un point de vue économique et environnemental, et réduisent ou limitent au maximum les risques pour la santé humaine et l'environnement. La lutte intégrée contre les ravageurs privilégie la croissance de cultures saines en veillant à perturber le moins possible les agro-écosystèmes et encourage les mécanismes naturels de lutte contre les ravageurs ». Les principes de la lutte intégrée, dans sa forme la plus simple, reposent sur la prévention, la surveillance et la sélection des interventions les moins nuisibles.

Depuis l'annonce du pacte vert et de stratégie « De la ferme à la table », l'application des biopesticides a suscité un intérêt considérable. Les biopesticides comprennent une gamme de substances allant des organismes vivants (bactéries, champignons, virus, nématodes) aux substances naturelles (minéraux, extraits de plantes, acides gras), en passant par les produits sémi-chimiques (c.-à-d. les phéromones) et les nouvelles technologies comme l'ARNi. Malheureusement pour les cacaoculteurs, il n'existe actuellement qu'une poignée de biopesticides homologués pour la gestion des ravageurs et des maladies du cacao (voir l'annexe 3). Parmi les produits actuellement homologués pour le cacao, on sait peu de choses sur leur disponibilité locale et leur rapport coût/efficacité en comparaison avec les pesticides chimiques. Par conséquent, à ce stade, il peut sembler un peu hâtif de réduire le nombre d'IA « éprouvés » disponibles pour la gestion des ravageurs du cacao. Il y a un peu de lumière au bout du tunnel car dans le cadre du pacte vert, l'UE a déclaré qu'elle allait réviser la législation pour faciliter l'utilisation des biopesticides. Actuellement, dans de nombreux pays, les biopesticides doivent passer par le même processus d'homologation que les pesticides chimiques. Une révision pourrait donc permettre une mise sur le marché plus rapide des biopesticides commerciaux.

La disponibilité d'une gamme plus diversifiée de biopesticides ne sera pas en soi une solution miracle. D'autres aspects de la LAI doivent être abordés et améliorés pour assurer la réussite de cette approche. La surveillance est une partie

essentielle de la LAI, qui nécessite l'identification du parasite cible afin de prendre les mesures correctives appropriées. Le terme largement utilisé de « seuil économique » est essentiellement un concept théorique, de sorte que de nombreux praticiens préfèrent les « seuils d'intervention » qui indiquent quand intervenir pour éviter que les niveaux de parasites atteignent des niveaux économiquement préjudiciables. Il ne semble pas exister de seuils d'intervention communément admis actuellement pour de nombreux parasites du cacao et la gestion repose encore sur des recommandations générales. Un rapport récent du Ghana⁵⁵ souligne qu'une grande partie des exploitants sont encore capables de reconnaître les principaux parasites et maladies du cacao dans leurs exploitations. Dans tous les cas, les techniques de surveillance et les seuils d'intervention peuvent être spécifiques à un pays ou à une zone, et font encore l'objet de débats scientifiques.

Trois problèmes phytosanitaires majeurs pour le cacao en Afrique sont les suivants :



Mirides (dégâts)

Pourriture noire

CSSVD

Il convient de souligner, bien que les deux auteurs souscrivent à l'approche du « minimum de pesticides » pour la gestion des ravageurs et des maladies du cacao, que les pesticides restent une partie très importante de la « boîte à outils » de la lutte antiparasitaire intégrée et ne doivent pas être exclus prématurément, en particulier lorsqu'aucun substitut efficace n'a été identifié. Si l'on considère les principaux problèmes rencontrés sur le terrain en Afrique de l'Ouest (ci-dessus), la plupart des praticiens de la LAI seraient d'accord pour dire que les méthodes de contrôle cultural, en particulier l'assainissement des cultures (p. ex., l'élimination des cabosses malades et des gourmands) constituent le fondement de la lutte contre les parasites ; dans le cas du CSSVD, la replantation après l'élimination complète des vieux arbres peut être la solution à long terme la plus réaliste. Cependant, nous mettons au défi ceux qui préconisent de ne pas utiliser de pesticides (y compris les composés de cuivre) de faire réellement l'expérience des dilemmes des petits exploitants, par exemple lorsqu'ils sont confrontés à une forte pression de pourriture noire.

7.2.2 Maladies

» Pourriture noire

Lors de nombreuses campagnes agricoles, l'**agent pathogène de la pourriture noire** *Phytophthora megakarya* est à l'origine des pertes de rendement les plus marquées en Afrique de l'Ouest, la plus importante région cacaoyère au monde. Les fongicides alliés aux méthodes de contrôle cultural sont largement employés pour lutter contre cette maladie :

- Les méthodes culturales sont essentielles : une mauvaise aération de la canopée des cacaoyers peut être propice à la maladie, il peut donc être utile d'éclaircir la canopée. Les fongicides ne fonctionneront correctement que s'ils sont associés à une hauteur raisonnable des arbres, et la gestion de la canopée facilite l'inspection des cabosses.
- Un assainissement hebdomadaire consistant à éliminer les cabosses infestées et, idéalement, à les retirer de l'exploitation, réduit le risque qu'elles deviennent une source d'infection secondaire.
- Il est important de remuer la terre autour du tronc des cacaoyers (des tunnels sont souvent construits par les fourmis à la surface du sol près des troncs). Cela permet d'éliminer deux sources de maladie : les spores transportées dans la terre infestée et celles portées par les fourmis elles-mêmes.
- Les fongicides doivent être appliqués selon les méthodes appropriées.
 - o Les composés de cuivre agissent par contact – une bonne couverture est donc essentielle.
 - o Ils peuvent être fournis seuls ou mélangés avec...
 - o Des composés systémiques (tableau 4.2) comprenant : (a) les phénylamides (métalaxyl et bénomyl), qui sont depuis longtemps largement disponibles et dont le rapport coût/efficacité est élevé⁵⁶, et (b) plus récemment les fongicides à base d'AAC (groupe H5) comme le diméthomorphe et le mandipropamide.
- Vérifiez que la pulvérisation d'un pesticide en vaut la peine. Assurez-vous :
 - o que l'infestation dépasse un seuil d'action approprié
 - o qu'il n'est pas trop tard pour pulvériser (c.-à-d. que les dégâts ne sont pas déjà trop importants – comme dans le cas de cette attaque sévère de pourriture noire *P. megakarya*).
 - o Dans le cas d'infestations comme celle-ci, la seule mesure de lutte efficace serait de retirer et de détruire les cabosses infestées et de les enterrer dès que possible, afin de minimiser la libération de spores.
- La santé des sols et la bonne gestion générale des récoltes sont essentielles. Les sols contiennent des nutriments pour les cacaoyers mais peuvent également abriter l'agent pathogène. Les sols ayant beaucoup de matière organique et un bon drainage aident à prévenir l'expansion de l'inoculum dans les flaques d'eau.
- L'hyperparasite *Trichoderma asperellum* semble être l'agent de contrôle le plus prometteur trouvé jusqu'à présent. Il était autrefois disponible dans le commerce en Afrique de l'Ouest, mais il ne semble plus être commercialisé.
- Des chancres peuvent se développer sur les branches et le tronc principal lorsque l'infection se produit à travers les tiges des cabosses ou à partir du sol à la base du tronc. Les tissus malades doivent être raclés et traités avec un fongicide avant que l'infection ne tue la branche ou le tronc.
- En Asie du Sud-Est, les chancres du tronc dus à *Phytophthora* spp ont été traités avec succès par l'injection dans les troncs de phosphonate de potassium.



➤➤ **Maladie de l'œdème des pousses du cacaoyer (CSSVD)**

La CSSVD est une maladie endémique en Afrique de l'Ouest qui a été identifiée assez récemment sur le cacao. Plusieurs souches différentes du virus existent, les plus sévères provoquant d'énormes pertes de rendement et la mort des arbres sensibles dans un délai de 5 ans. Suite à une enquête menée dans tout le pays au Ghana dans les années 1940, une campagne a été mise en œuvre pour tenter d'éradiquer le virus en abattant ou en détruisant 50 millions d'arbres infectés. La campagne n'a finalement pas abouti et le CSSVD est aujourd'hui largement répandu au Ghana et en Côte d'Ivoire. En raison de l'absence de méthodes de contrôle efficaces pour cette maladie, un programme d'éradication similaire est à nouveau mené en Afrique de l'Ouest pour tenter d'arrêter la propagation du virus.

Le virus est transmis par plusieurs espèces différentes de cochenilles (Pseudococcidae) qui sont entretenues et redistribuées sur les plantes par les fourmis noires. Comme il n'existe actuellement aucune méthode directe de lutte contre le virus lui-même (sauf par la sélection de plantes résistantes), les stratégies de gestion se sont concentrées sur le contrôle des cochenilles vectrices.

Des insecticides organophosphorés systémiques (qui ne sont plus autorisés par la réglementation de l'UE) ont été testés pour lutter contre les cochenilles, mais ils étaient dangereux et avaient peu d'effet. Bien que des insecticides modernes soient en cours de test, il est trop tôt pour les recommander comme technique de contrôle efficace, et les recherches actuelles sur la gestion de ce virus se concentrent sur la sélection de variétés résistantes.



Le biocontrôle à l'aide de prédateurs, de parasitoïdes et de champignons entomopathogènes a été envisagé, mais sans succès. Le biocontrôle classique de la cochenille de la papaye a été un succès au Ghana à l'aide de parasitoïdes provenant d'Amérique centrale, la zone d'origine du ravageur, mais la situation est plus complexe avec le CSSVD car le vecteur principal est une cochenille autochtone. Des cultures barrières (non-hôtes) ont été utilisées pour essayer de limiter le mouvement des cochenilles juvéniles⁵⁸, mais cela est coûteux, nécessitant des terres et une planification à long terme. Sans mesures de contrôle adéquates, l'éradication étant la meilleure option actuelle et en l'absence de matériel de plantation de cacao résistant/tolérant pour remplacer les plantes sensibles, ce n'est peut-être qu'une question de temps avant que les zones défrichées et replantées ne soient à nouveau infectées.

➤➤ Balai de sorcière (BM)

L'agent causal *Moniliophthora perniciosa* est présent en Amérique du Sud et dans les Caraïbes et infecte les tiges, les branches, les coussinets floraux et les cabosses du cacao, provoquant de multiples symptômes dont les plus reconnaissables sont les balais sur les branches et les basidiocarpes roses sur les balais secs. Les pertes peuvent aller de 50 à 90 % dans les zones les plus gravement infectées. L'introduction délibérée de la maladie à Bahia, au Brésil, en 1989, a entraîné une chute de plus de 50 % de la production de cacao en l'espace de 10 ans, avec des conséquences économiques et sociales dévastatrices pour la région.

- La maladie se propage par les spores produites dans la canopée à partir des fructifications qui se développent sur les balais secs. Les spores peuvent se déplacer sur de longues distances, mais la propagation a été associée aux mouvements de parties de plantes infectées, par exemple des greffons. Contrairement à la moniliose, il a également été signalé que la maladie est transmise par les graines.
- La gestion la plus efficace consiste à combiner les mesures phytosanitaires et la plantation de matériel résistant/tolérant. La taille des balais secs infectés est effectuée pendant la saison sèche, le matériel taillé devant être retiré de l'exploitation et détruit pour empêcher le développement d'organes de fructification et la réinfection.
- Les « balais cachés » sont difficiles à enlever. Il faut donc maintenir les arbres bien taillés, à une hauteur gérable pour faciliter la taille phytosanitaire.
- Les fongicides ne sont normalement pas recommandés pour la gestion du balai de sorcière, en raison de la difficulté de cibler les multiples sites d'infection. *Trichoderma stromaticum* est une option de biocontrôle développée et commercialisée par CEPLAC, à pulvériser sur les balais secs taillés pour réduire la production d'organes de fructification sur le terrain.



Branche de cacaoyer en Équateur : cabosse infestée de moniliose (*M. roreri* : **gauche**) et branches et rameaux séchés par le balai de sorcière (*M. pernicioso*). Celle-ci peut prendre plusieurs formes, dont des cécidies à bourrelet (**ci-dessous**).



➤➤ Moniliose

La maladie fongique due à *Moniliophthora roreri*, apparentée à *M. pernicioso*, a réduit les rendements de façon spectaculaire en Amérique latine. Ce n'était pas initialement la maladie la plus importante sur le plan économique dans les pays d'Amérique latine où elle est apparue, mais elle a rapidement dépassé la pourriture noire et le balai de sorcière pour devenir la maladie la plus grave, avec des pertes de rendement pouvant atteindre 90 % dans les climats les plus propices. Confinée à l'Équateur et à la Colombie, la maladie est apparue au Costa Rica dans les années 1970 et de là, elle s'est progressivement propagée vers le nord en Amérique centrale et vers le sud au Panama et en Amazonie. Toujours en phase invasive, la moniliose a été détectée en Jamaïque, dans les Caraïbes (2016), et dans l'État d'Acre au Brésil en 2021.

Contrairement au balai de sorcière, cette maladie ne touche que les cabosses de cacao, qu'elle peut infecter à n'importe quel stade de développement. Les symptômes peuvent mettre plusieurs semaines à apparaître et certaines cabosses, surtout celles infectées à un stade plus avancé, peuvent ne présenter aucun symptôme externe. Dans les jeunes cabosses seulement, de légers gonflements peuvent apparaître et les cabosses âgées de 1 à 3 mois présentent les lésions sombres classiques suivies d'un épais tapis de spores de couleur crème. À tous les stades d'infection, les fèves contenues dans les cabosses finissent par pourrir et être inutilisables.

- Au Costa Rica⁵⁹, un fongicide à base d'oxathiine, le flutolanil, qui s'était révélé efficace contre le balai de sorcière à Trinité⁶⁰, et les fongicides à base de cuivre ont été les produits chimiques les plus efficaces contre la moniliose, mais le rapport bénéfice/coût était limité (environ 1,7 après 8-10 pulvérisations aux prix de 2003). Une étude sur l'efficacité des fongicides contre les maladies dues à *Moniliophthora* en Équateur⁶¹ suggère que l'asoxystrobine donne au moins d'aussi bons résultats que le standard chimique (chlorothalonil plus oxyde de cuivre).
- Le biocontrôle classique à l'aide de divers champignons endophytes a également été étudié. Au Costa Rica, *Trichoderma ovalisporum* (formulation à base d'huile) s'est avéré, lors d'essais sur le terrain, aussi efficace que les fongicides à base de flutolanil et d'hydroxyde de cuivre pour lutter contre la moniliose⁶².
- Pour gérer efficacement la moniliose, les pratiques culturales restent la meilleure solution. Il s'agit de réhabiliter les cacaoyères en limitant la hauteur des arbres pour rendre la taille phytosanitaire plus efficace et de pratiquer une taille d'entretien pour réduire l'humidité dans la canopée.
- Taille phytosanitaire hebdomadaire pour éliminer les cabosses infestées, de préférence avant qu'elles ne commencent à sporuler – il est essentiel d'apprendre aux exploitants à reconnaître les premiers symptômes. Les cabosses coupées doivent être recouvertes de feuilles mortes ou empilées et saupoudrées de chaux ou bien pulvérisées avec 15 % d'urée et recouvertes de feuilles de plantain.
- De nombreux producteurs ne gèrent pas efficacement la moniliose à l'aide de méthodes culturales car la main-d'œuvre est trop coûteuse.

➤➤ Trachéomyose (VSD, pour Vascular streak die-back)

Ceratobasidium theobromae est une maladie fongique importante dans la région de l'Asie du Sud-Est et du Pacifique, qui provoque le dépérissement des branches. La maladie est particulièrement dangereuse pour les jeunes plants mais elle est également capable de tuer les arbres matures des variétés sensibles. Il s'agit d'une autre maladie récemment découverte sur le cacao, provenant d'un hôte endémique de la région qui n'a pas encore été identifié.



Symptômes de la VSD : coloration dans le tissu de la cicatrice pétiolaire – trois points bruns (**à gauche**) et croissance fongique blanche sur les nervures et le pédoncule de la feuille (**à droite**).

Reproduit avec l'autorisation de Phil Keane

En plus de la chlorose foliaire, de la coloration interne et du dépérissement, de nouveaux symptômes ont récemment été observés en Indonésie, notamment la nécrose foliaire et la production de spores sur les nervures et les tiges des feuilles, ce qui suggère qu'il pourrait s'agir d'une souche plus grave de la maladie.

- La gestion de la VSD a été axée sur la plantation de matériaux résistants/tolérants, la surveillance et la taille phytosanitaire pour éliminer les branches affectées.
- Des fongicides appropriés sont encore à l'étude pour protéger principalement les jeunes plants dans les exploitations et les plantules dans les pépinières lorsque la pression de la maladie est la plus forte – l'application de fongicides sur les arbres matures n'est pas efficace ou rentable pour le moment.
- Le biocontrôle ne semble pas être une solution pour la gestion sur le terrain, mais il existe un produit à base de *Trichoderma* disponible dans le commerce en Indonésie pour l'application au sol qui nécessite une étude plus approfondie.

7.2.3 Insectes

➤➤ Mirides

Dès le début du XX^e siècle, les mirides du cacaoyer (*Sahlbergella singularis* et *Distantiella theobromae*, également appelées capsides) ont été signalées en Afrique de l'Ouest⁶³. Ces insectes sont devenus les ravageurs les plus dévastateurs dans la région, avec des pertes annuelles de rendement estimées à plus de 200 000 tonnes. Ils offrent un exemple d'exposition à des parasites « étrangers » – les cacaoyers, qui provenaient de la région amazonienne de l'Amérique du Sud et ont été introduits en Afrique de l'Ouest au XIX^e siècle, ont été infestés par des insectes locaux qui s'étaient adaptés à cette nouvelle source de nourriture. De même, un complexe d'insectes réellement nuisibles (appelés **Hemiptera**) s'est adapté au cacaoyer en Asie du Sud-Est, notamment plusieurs espèces de mirides du genre *Helopeltis*.

Les nymphes et les adultes de *S. singularis* et de *D. theobromae* causent des dommages économiques dans les cacaoyères du fait qu'ils se nourrissent des pousses et des cabosses immatures en perçant et en suçant la sève avec leurs organes buccaux en forme d'aiguille. L'alimentation des mirides entraîne des lésions sur les tiges, les branches et les cabosses immatures qui peuvent conduire à des infections fongiques secondaires et à des chancres. Les cabosses matures ne subissent pas de dommages internes importants, mais les lésions circulaires foncées classiques sont généralement les premiers symptômes visibles. Les cabosses plus jeunes (moins de trois mois) ont moins de chances de survivre à ces dégâts :



De **gauche à droite** :
Sahlbergella singularis
(immature), *Distantiella*
theobromae, *Helopeltis*
theivora

L'ouvrage d'Entwistle⁵⁴ reste la meilleure vue d'ensemble du développement originel de mesures de lutte contre les mirides. Les techniques d'application d'un insecticide dans les cacaoyères demeurent essentiellement fondées sur des expériences menées dans les années 60, durant lesquelles le composé organochloré gamma-HCH (également désigné sous les noms de BHC ou de lindane) était l'IA préconisé. Deux propriétés de cette substance, la persistance et l'action par fumigation (pv = 4,4 mPa), ont contribué à surmonter les insuffisances associées aux techniques d'application et son utilisation est demeurée répandue jusqu'aux années 90. Comme pour d'autres parasites, la résistance (voir la section 4.6) des mirides du cacao à ce composé organochloré qui a été détectée dans les années 1950 a imposé le développement d'une stratégie de **gestion raisonnée de la résistance aux insecticides (IRM)**, pour Insecticide Resistance Management). Une approche fructueuse a consisté à alterner le composé avec d'autres insecticides à MdA différent dans le but de réduire la pression de sélection qui serait favorisée par un effet sur une voie biochimique unique. Les premiers criblages de produits chimiques effectués des années 60 au début des années 90 ont été axés sur les **carbamates** (groupe 1A de l'IRAC) et sur les composés **organophosphorés (OP)**, groupe 1B). Parmi les IA dont l'utilisation est répandue, citons les carbamates propoxur (pv = 1,3 mPa) et promécarbe (pv = 1,4 mPa) ; le chlorpyrifos (disponible sous forme de composés de méthyle et d'éthyle), le diazinon, et le pirimiphos-méthyl en ce qui concerne les OP ; et l'endosulfan (pv = 0,83 mPa) pour les composés organochlorés (groupe 2 de l'IRAC). La plupart de ces composés ont **désormais été retirés** et leur action fumigène est considérée inacceptable dans le développement de nouveaux pesticides.

- La lutte actuelle fait souvent appel aux insecticides pyréthroïdes (groupe 3) et néonicotinoïdes (groupe 4A) comme l'imidaclopride et le thiaméthoxame. Ces derniers sont intéressants du fait de leur action systémique et de leur toxicité relativement faible pour les mammifères, mais des inquiétudes ont été émises à propos de l'impact possible des néonicotinoïdes nitro-substitués (tableau 4.1) sur les abeilles et d'autres insectes pollinisateurs. La pulvérisation devrait être fondée sur un suivi mensuel des dégâts provoqués par les mirides mais elle est probablement effectuée à intervalle saisonnier.
- Lorsque les foyers se limitent à des zones limitées, une pulvérisation localisée peut être recommandée pour réduire la quantité d'insecticides utilisée.
- Les pratiques culturales conseillées consistent à éliminer régulièrement les gourmands, qui constituent des points supplémentaires de ponte et d'alimentation, et à maintenir une canopée continue. Lorsque la canopée est interrompue, les nouvelles pousses facilitent l'alimentation des mirides – il est possible de planter du plantain pour combler rapidement les vides dans la canopée.
- Les recherches sur des méthodes de lutte alternatives continuent, les deux lignes de recherche actuelles étant (i) la manipulation de phéromones pour mirides (attractifs sexuels pour améliorer le suivi mais pas pour la lutte⁶⁴) et (ii) l'utilisation de biopesticides (extrait de plantes/huiles et mycoïsecticides). Des épidémies de ravageurs sont souvent observées quand les populations ne sont plus contrôlées par leurs prédateurs naturels (qui, dans le cas des insectes hémiptères, englobent des champignons pathogènes spécifiques des insectes). Les mycoïsecticides sont souvent des spores issues de ces champignons, qui peuvent être appliqués comme le seraient des produits chimiques.
- Une publication de 2015 du CRIG, au Ghana⁶⁵, propose une approche plus intégrée/ciblée de lutte contre les mirides basée sur le suivi régulier, la prévision et des recommandations spécifiques à chaque exploitation selon l'ampleur des dégâts provoqués par les mirides, afin de réduire les applications d'insecticides tout au long de l'année.

Autres hétéroptères : punaise verte/diabolique du cacao

À noter que *Sahlbergella* et *Distantiella* (i) englobent différentes espèces, (ii) font partie d'une série de genres étroitement apparentés (dans la tribu Dicyphini, sous-tribu Odoniellina, provenant toutes d'Afrique) et (iii) semblent avoir eu une importance variable selon l'époque et la zone cacaoyère. *Helopeltis* et *Monalonion* appartiennent également à une sous-tribu différente (Monaloniina) et il est encore possible que de nouvelles espèces d'insectes suceurs nuisibles soient identifiées.

Une autre punaise nuisible, qui semble gagner en importance, est la grande punaise verte (environ 22 mm) *Bathycoelia thalassina*, qui se nourrit de cabosses de cacao en développement, les adultes provoquant en particulier des dégâts sur les fèves. L'importance de cette espèce, observée pour la première fois dans les années 1960⁶⁶, peut être due à une résurgence (section 4.6) résultant de la pulvérisation d'insecticides.



➤➤ Foreur de cabosses

Le foreur de cabosses (CPB, pour *cocoa pod borer*) *Conopomorpha cramerella* (Snellen) est considéré comme l'un des principaux ravageurs du cacao en Asie du Sud-Est et dans le Pacifique, provoquant non seulement des pertes de récolte mais réduisant aussi nettement la qualité du cacao. La propagation de cette espèce nuisible apparemment invasive a eu des conséquences très graves sur la production de cacao en Malaisie⁶⁷. Bien qu'il ait été argué que la situation de ce nuisible résultait de plusieurs nouvelles expositions du cacao à cet insecte, qui est endémique chez le ramboutan et d'autres espèces, des études récentes de l'USDA montrent que le CPB en Asie du Sud-Est est très uniforme sur le plan génétique.

Les insecticides chimiques ont été largement adoptés comme méthode de lutte contre le CPB dans les exploitations jusque dans les années 1990. Puis, lorsque la plupart de la production en Asie du Sud-Est s'est concentrée dans le Sulawesi, ils ont continué à être utilisés par les petits cacaoculteurs. Des travaux considérables ont été menés pendant la « crise du CPB » en Malaisie dans les années 1980, mais la recherche et le développement de pesticides sont pratiquement à l'arrêt depuis plus de dix ans. Depuis, des fabricants de produits agrochimiques ont lancé une série de nouvelles molécules, ayant de nouveaux modes d'action (Mda) contre ce lépidoptère, mais le cacao ne fait pas partie des cultures prioritaires pour leur développement. Les infestations de CPB étaient initialement traitées au gamma-HCH (BHC), puis à l'endosulfan. Comme pour les mirides du cacao, l'efficacité de ces composés était due en partie à l'activité par fumigation, qui compensait les déficiences d'application.

Photos en haut à droite : dégâts provoqués sur les fèves ; **au centre** : cabosse modérément infestée ; **en bas** : une mite adulte.

- Techniques actuelles d'application d'insecticides : (i) basées sur la saison de fructification, l'application étant donc évitée pendant la période de récolte principale, (ii) en fonction d'une surveillance, l'application étant donc subordonnée à un seuil de dégâts du CPB (iii) application bimensuelle pendant toute l'année (24 applications par an), une stratégie qui semble répandue mais qui accroît considérablement le risque si la gestion de la résistance n'est pas envisagée⁶⁸.
- Les composés actuellement homologués en Indonésie (de loin le plus grand utilisateur d'insecticides contre le CPB) comprennent des pyréthroïdes (alpha-cyperméthrine, bêta-cyfluthrine, deltaméthrine, lambda-cyhalothrine, etc.), le chlorpyrifos et plus récemment, le fipronil. De nombreux exploitants du Sulawesi, la principale région cacaoyère, appliquent généralement des insecticides entre 3 et 5 fois par an⁶⁹.
- La cible biologique a été globalement définie⁷⁰ et la pulvérisation ciblée des cabosses et du dessous des branches quasi-horizontales est la méthode d'application préférée par les petits exploitants.
- Dans l'idéal, la gestion de cet insecte devrait être focalisée sur l'entretien des cultures et la récolte complète régulière des cabosses (Rampasan), mais le niveau de main d'œuvre et de supervision exigé empêche une mise en œuvre efficace dans de nombreuses zones.
- D'autres techniques efficaces font appel à des films plastiques pour protéger les cabosses. Cela requiert également beaucoup de main d'œuvre et peut poser de sérieux problèmes de déchets si le plastique n'est pas biodégradable ou s'il n'y a pas de systèmes de recyclage.
- Plusieurs approches biologiques ont été étudiées pour la lutte contre le CPB – prédateurs, attractifs (phéromones), parasitoïdes et divers champignons entomopathogéniques – mais elles se trouvent toutes à un stade expérimental, bien que de nombreux producteurs facilitent la présence dans l'exploitation de plusieurs espèces de fourmis prédatrices qui s'alimentent des nymphes de CPB et altèrent le comportement des mites adultes.



➤➤ Chenilles défoliatrices

Le Ghana a récemment signalé un foyer de *Lepidoptera* spp. attaquant les cabosses de cacao⁷¹. Des études ultérieures ont permis d'identifier l'espèce *Anomis leona*. Bien qu'il ne s'agisse pas d'un nouveau ravageur du cacao ni d'un nuisible majeur au Ghana, il est connu pour se nourrir des nouvelles pousses qui apparaissent au début de la saison des pluies. Le plus préoccupant dans le rapport du Ghana est la gravité de l'infestation (96 % des arbres dans certaines communautés) et le fait qu'il y ait une alimentation importante sur les cabosses, ce qui les expose à une infection fongique secondaire, alors que les dégâts directs sur les jeunes cabosses peuvent stopper leur développement. Une défoliation sévère peut réduire la photosynthèse et les rendements. *A. leona* a également été signalé en 2020 comme un ravageur émergent du cacao au Nigéria. Les raisons de l'augmentation du nombre de ravageurs dans la région ne sont pas connues, mais une surveillance a été conseillée dans les deux pays. Au Ghana, le foyer a été géré avec succès en utilisant de la bifenthrine, un pyréthroïde.

➤➤ Foreur des fruits du cacao (« *carmenta negra* »)

Carmenta foraseminis et *C. theobromae* sont des foreurs de cabosses présents en Amérique latine et dans les Caraïbes, à ne pas confondre avec le CPB (*Conopomorpha cramerella*) que l'on trouve en Asie et dans le Pacifique. Les symptômes de *C. foraseminis* sont très similaires à ceux du CPB, mais *C. theobromae* cause moins de dégâts. *C. foraseminis* a été signalé au Brésil, en Colombie, au Panama, au Pérou et au Venezuela. Les larves perforent la paroi de la cabosse et se nourrissent des fèves et du mucilage à l'intérieur, provoquant des dégâts très similaires à ceux du CPB.

Larve de *C. foraseminis* et dégâts internes dans la fève (à gauche).
Mite adulte (à droite).

Reproduit avec l'autorisation de CNCH, Colombie.



Un aspect préoccupant de *C. foraseminis* est que, contrairement au CPB, son cycle de vie se termine à l'intérieur de la cabosse, avec l'apparition de l'adulte, ce qui rend plus difficile le ciblage du stade larvaire comme mesure de contrôle⁷². Des observations faites au Pérou⁷³ et en Colombie⁷⁴ montrent que les pertes de rendement moyennes atteignent entre 35 et 50 % (respectivement) si les niveaux d'infestation sont élevés. Des recherches menées en Colombie ont montré que les lâchers de parasitoïdes (*Trichogramma* sp.) et de BT (*Bacillus thuringiensis*) n'ont pas permis de lutter contre ce foreur. On a toutefois observé sur le terrain que certains clones étaient moins sensibles aux attaques. L'application d'un insecticide pyréthroïde toutes les 2 semaines pendant 4 mois a permis de réduire significativement les pertes.

● 7.3 Sélection du pesticide

Choisissez et utilisez uniquement le pesticide adéquat :
Pensez d'abord à la sécurité... et demandez-vous : « le produit sera-t-il efficace ? »...

Les listes fournies à l'annexe 3 peuvent aider les exploitants et leurs conseillers à prendre une décision, mais seulement après avoir identifié les IA.

Lisez l'étiquette ou informez-vous :

- le produit est-il adéquat pour l'opération ?
- permettra-t-il réellement de contrôler le problème ? (le moins cher n'est pas nécessairement le meilleur !)
- Quelle quantité dois-je appliquer ?
- Quel est le délai avant la récolte (DAR) ?



Il est important de comprendre les symboles de danger (pictogrammes) sur les étiquettes. Pour les produits entrant et sortant de l'UE, les nouvelles réglementations « CPL » 1 ont modifié les pictogrammes de danger requis pour les produits chimiques. Les anciens et les nouveaux symboles sont les suivants :

ANCIENS



NOUVEAUX



Très toxique

Nocif/irritant

Danger pour
l'environnement

Inflammable

Corrosif

Si vous n'avez pas d'équipement de protection personnel adéquat (EPP – voir la section 6.5)

... **N'UTILISEZ PAS de produits dangereux.**

● 7.4 Application et évaluation ultérieure

7.4.1 Prise en compte des aspects analysés au chapitre 5, notamment pour l'élimination des anciens stocks

Le retrait de pesticides autorisés soulève fréquemment des questions à l'échelon des gouvernements et des divers acteurs (des distributeurs aux exploitants) quant à la manière d'éliminer les stocks de produits existants. Il faut avant tout considérer qu'il s'agit d'un problème administratif : en d'autres termes, **la situation devrait être évitée dès le départ**. Dans un cadre politique et administratif solide renforcé par un support scientifique approprié (voir les recommandations), il n'est pas difficile de prévoir les tendances en matière de lutte antiparasitaire et il est possible d'éviter d'utiliser des substances pour lesquelles il existe des préoccupations.

Il convient donc d'utiliser les stocks de composés plus anciens qui vont être retirés du marché bien avant qu'ils ne soient interdits. À petite échelle, l'application de stocks de produits chimiques plus anciens sur les cultures est généralement considérée comme le moyen le plus pratique de les utiliser, à condition qu'ils soient relativement sûrs et encore homologués. L'élimination en toute sécurité de produits chimiques obsolètes est très coûteuse et seul un petit nombre d'installations spécialisées peuvent l'effectuer.

Ces observations ne sont valables que lorsqu'il existe un délai suffisant avant le retrait d'un produit donné. Dans le contexte de nouvelles réglementations sur les résidus dans les importations, les lecteurs doivent être conscients du temps considérable (souvent supérieur à un an) qui s'écoule entre l'exploitation cacaoyère et le port d'entrée, de sorte que les pesticides (ou toute autre pratique) susceptibles de poser des problèmes ne devraient pas être utilisés durant la dernière campagne (et de préférence les deux dernières) avant la date butoir.

* Une nouvelle méthode de classification et d'étiquetage des produits chimiques dangereux : Le règlement 1272/2008/CE : classification, étiquetage et emballage des substances et des mélanges (règlement CLP), est entré en vigueur en décembre 2010.

7.4.2 Examen des méthodes d'application, des EPP, de l'étalonnage et de la pulvérisation

Les sections précédentes décrivent les divers aspects de la sélection, de l'étalonnage et de la maintenance du matériel d'application. Une fois le bon fonctionnement du pulvérisateur vérifié, une application sécurisée et efficace revêt plusieurs aspects :

- >>> l'évaluation de la cible
- >>> la sélection et réglage de la buse
- >>> la sélection et l'utilisation d'un équipement de protection personnelle (EPP) approprié
- >>> l'étalonnage
- >>> la technique d'application : Comment traiter la cible ? Où doit-on orienter le jet...
 - o cabosses et troncs ?
 - o jeunes pousses ?
 - o arbre entier ou canopée ?

Sélectionnez tout d'abord la buse appropriée : si votre pulvérisateur est doté d'une buse à jet conique variable en cône creux, quels sont les réglages à utiliser ? Souvenez-vous qu'une application excessive provoquera des **résidus élevés** et un impact plus marqué sur l'environnement ... ainsi qu'un **gaspillage d'argent**.

Réglage des buses à jet conique variable

Une pulvérisation sous forme de jet comme illustré ci-dessus est généralement inefficace. Souvenez-vous que des débits élevés signifient :

- o des gouttelettes de plus grande taille
- o un risque plus élevé de ruissellement
- o **un gaspillage d'argent !**



Une buse à jet conique large est efficace pour le traitement général de la canopée, mais peut être peu rentable sur les cabosses et les branches fines



Pour les cibles étroites comme les cabosses et les branches, il est nécessaire d'utiliser un angle de pulvérisation resserré (ci-contre).



Il est rentable d'étalonner

Utilisez les bonnes proportions quand vous mélangez l'eau (taux du volume d'application) au pesticide.
Posez-vous les questions suivantes :

- quelle est la capacité du réservoir de mon pulvérisateur ?
- combien d'arbres puis-je traiter avec un réservoir plein ?
- combien de pleins de pulvérisateurs sont-ils nécessaires pour traiter l'ensemble de la cacaoyère ?

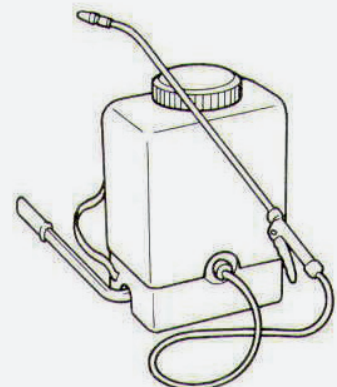
Un exemple d'étiquette de produit insecticide utilisé dans un grand pays producteur de cacao est donné ci-dessous.



L'étiquette indique que (i) la posologie recommandée est de 0,5 l par ha, (ii) 125 ml doivent être utilisés par réservoir de pulvérisateur pour 0,25 ha, et (iii) deux applications par an sont recommandées. Aucune référence n'est faite au taux du volume d'application (TVA) ou à une quelconque capacité de réservoir standard, mais on peut supposer qu'il s'agit d'atomiseurs à dos motorisés. Les exploitants peuvent en fait traiter 0,25 ha avec un seul plein, mais pour le faire correctement, il faut encore savoir combien de réservoirs permettent de pulvériser une surface connue (en général, peut-être, l'ensemble de l'exploitation). Étant donné que les atomiseurs ont généralement une capacité de 10 à 12 litres (voir la section 6.4.1.), le TVA devrait être de 40 à 50 l/ha. Certains diront que c'est trop compliqué pour les exploitants, mais les écarts entraîneront un surdosage ou un sous-dosage proportionnel du produit. Les conséquences potentielles sont des résidus élevés et une lutte inappropriée contre les ravageurs. Les formateurs, les SSP et le personnel de certification DOIVENT donc voir si ce problème est courant dans leur région.

Après la pulvérisation, posez-vous les questions suivantes :

- Avez-vous utilisé le nombre prévu de réservoirs pleins ?
Dans la négative, pourquoi ?
- Avez-vous eu des difficultés à atteindre les cabosses et branches élevées ? Dans l'affirmative, commencez à tailler vos arbres
- L'opération de pulvérisation s'est-elle bien déroulée ? ...
Continuez à surveiller les nuisibles dans votre plantation ...
... sinon, utilisez un pesticide différent, modifiez la période de traitement ou améliorez votre technique d'application



Technique d'application

Préparez uniquement la quantité de mélange pesticide dont vous avez besoin pour la journée

Soyez méthodique : pulvérisiez uniformément et veillez à ce que toutes les zones cibles soient couvertes ...

...ou faites deux passages !

Tous les parasites cibles sont-ils pulvérisés efficacement ?

Un ruissellement important se produit-il sur des zones non visées ?

Plus spécifiquement...

... y a-t-il un ruissellement à partir des cabosses ou des feuilles ?

... dans l'affirmative, la quantité pulvérisée est trop élevée – réduisez le taux du volume d'application.



7.5 Récipients des pesticides et hygiène

Si vous employez des sachets, éliminez-les comme il se doit après usage

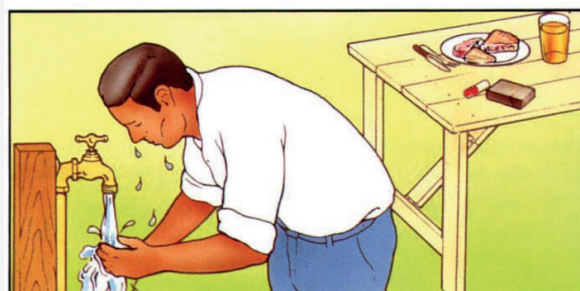
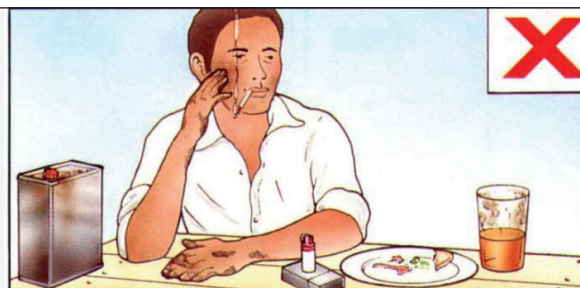
Si vous devez recycler les flacons de pesticides : rincez-les au préalable 3 fois. Si possible, utilisez l'eau de rinçage pour préparer le prochain mélange à pulvériser

✗ N'utilisez jamais votre bouche pour nettoyer les buses ... ou pour amorcer votre pulvérisateur

✗ Vous ne devez pas manger, boire ni fumer pendant la pulvérisation

Après la pulvérisation : nettoyez d'abord le pulvérisateur puis lavez-vous et lavez vos vêtements, mais...

✗ N'éliminez jamais les eaux de lavage à proximité de sources d'eau (débarrassez-vous en dans un terrain vague ou sous les cacaoyers à l'écart des enfants et des animaux)



Les bonnes pratiques d'entreposage

8.1 Normes de qualité du cacao

La FAO fournit des recommandations utiles sur la gestion des parasites dans les stocks⁷⁵, mais une mise à jour des agents de lutte spécifiques peut être nécessaire à la lumière des nouvelles réglementations. La *Federation of Cocoa Commerce Ltd.* (FCC) a publié et mis à jour une Déclaration concernant les meilleures pratiques de gestion des infestations et de fumigation (*Statement of Best Practice for Managing Infestation and Fumigation*⁷⁶). Ce document, de même que le Code de pratique FCC pour les superviseurs (*Superintendents Scheme Code of Practice*), fournit des informations sur les techniques et les procédures visant à améliorer la qualité du cacao.

8.2 Parasites importants des stocks

Les parasites des stocks⁷⁷ susceptibles d'infester les fèves de cacao sont les suivants* :

Mites du cacao (lépidoptères), notamment :		
Teigne du cacao (= teigne des aliments secs)	<i>Ephestia elutella</i> (Pyralidae)	**
Pyrale du raisin sec (= pyrale des amandes)	<i>E. cautella</i>	**
Pyrale des fruits secs	<i>Corcyra cephalonica</i> (Pyralidae)	
Scarabées (coléoptères), p. ex. :		
Lasioderme du tabac (sp. après long stockage)	<i>Lasioderma serricone</i> (Anobiidae)	**
Carpophile des grains ou nitidule du maïs	<i>Carpophilus dimidiatus</i> (Nitidulidae)	
Cucujide roux	<i>Cryptolestes ferrugineus</i> (Cucujidae)	**
Anthrabe fasciculé (sp. avec une humidité élevée)	<i>Araecerus fasciculatus</i> (Anthribidae)	
Tribolium rouge de la farine	<i>Triboleum castaneum</i> (Tenebrionidae)	**
Petit perceur des céréales	<i>Rhizopertha dominica</i> (Bostrichidae)	
Rongeurs	<i>Rattus</i> spp.	

Ci.-contre : fèves infestées par des larves de la teigne du cacao
Photo : RBP



À gauche – Cucujide roux
Cryptolestes ferrugineus

À droite – Teigne du cacao
Ephestia elutella



Photos reproduites avec l'autorisation de The Food and Environment Research Agency (FERA), York.
© Crown Copyright.

* : Règles d'échantillonnage et de qualité FCC (*FCC Sampling Rules, FCC Quality Rules*) applicables aux contrats conclus après mars 2008.

** : particulièrement fréquent dans le cacao.

8.3 Le rôle de plus en plus important de la lutte non chimique

Les pratiques établies ainsi que les activités récentes de recherche et de développement⁷⁸ permettent de dégager les précautions suivantes pour gérer les infestations des stocks :

Salubrité générale : comme pour la plupart des modalités de lutte antiparasitaire, des mesures élémentaires s'imposent pour empêcher la propagation des infestations, via le nettoyage et l'élimination des débris susceptibles d'héberger des nuisibles.

Maintien d'un faible niveau d'humidité : dans la plupart des stocks, une réduction de l'humidité à moins de 8 % est associée à une quasi-cessation de toute activité métabolique des organismes susceptibles d'être présents. Le séchage représente donc un traitement classique avant le stockage, mais il peut être nécessaire d'utiliser une énergie externe et de brasser l'air pour produire une évaporation de l'humidité et éliminer la vapeur d'eau qui en résulte. L'énergie peut provenir du brûlage de combustibles fossiles ou de bois (mais il convient de **s'assurer que les fèves de cacao n'entrent pas en contact avec la fumée**, ce qui provoquerait une perte de qualité et des problèmes de sûreté alimentaire) ou bien du soleil (séchage solaire). Les procédés de séchage sont bien documentés et leurs résultats peuvent être prédits de manière fiable.

Autres méthodes : p. ex., l'utilisation d'atmosphères modifiées (AM), où la disponibilité en oxygène est réduite et la température étroitement contrôlée (l'activité des insectes augmente avec l'élévation de la température jusqu'à 42 °C). Ces méthodes étaient rarement utilisées en cacaoculture avant que le **bromure de méthyle**, un important fumigène, ne soit retiré (dans le cadre du protocole de Montréal pour lutter contre la diminution de la couche d'ozone). Les traitements faisant appel à des AM tels que le dioxyde de carbone ont été étudiés en détail et sont maintenant considérés comme une des solutions de remplacement acceptables et viables.

8.4 Application de traitements contre les insectes parasites des stocks

Les insecticides, y compris les traitements appliqués en fumigation, sont des méthodes chimiques de lutte contre les insectes parasites des stocks. Les méthodes d'application les plus courantes sont les suivantes :

Mélange d'insecticides sous forme de poudres avec le produit avant son conditionnement en sacs. Le mélange est effectué de diverses manières, p. ex. à la pelle sur une bâche ou pour les opérations à plus large échelle, dans des tambours rotatifs ou sur des bandes transporteuses. Toutefois, ces techniques sont susceptibles d'entraîner des dangers pour la santé et elles **ne sont désormais plus recommandées** (sauf pour le traitement de semences, où elles peuvent s'avérer très efficaces).

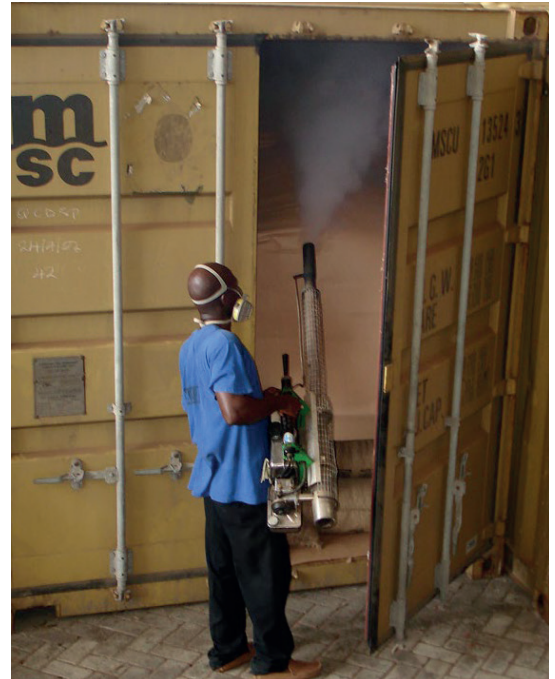
Application d'un insecticide liquide en pulvérisation ou en poudre sur des couches successives de sacs à mesure qu'ils sont empilés. La pulvérisation ou le saupoudrage des insecticides sur des couches successives de sacs était jugés moins susceptibles de produire une accumulation de résidus, mais cette technique n'est pas toujours efficace et n'est plus recommandée.

Inclusion d'un fumigant avec les sacs sous une bâche étanche aux gaz. C'est généralement la méthode de lutte contre les insectes la plus efficace et, utilisée correctement, elle est sûre et risque moins de causer des problèmes de résidus. La **phosphine (phostoxine)** est un gaz toxique produit par des sachets contenant des phosphures métalliques. Elle est lentement libérée parmi les sacs recouverts d'une bâche étanche aux gaz maintenue en place par des sacs de sable ou d'autres poids similaires. Quand on utilise la phosphine, on laisse généralement la pile recouverte pendant 5 à 16 jours avant de retirer la bâche pour que les gaz s'échappent. La durée du traitement dépend de la température et d'aspects pratiques, mais elle n'est jamais inférieure à 96 heures (alors que le bromure de méthyle était apprécié car il agissait en moins de 3 jours). La déclaration concernant les meilleures pratiques de gestion des infestations et de fumigation (*Statement of Best Practice for Managing Infestation and Fumigation*) publiée par la FCC fournit plus de détails sur ces procédures.

Brumisation d'insecticides dans des espaces clos tels que des conteneurs. L'application d'insecticides (p. ex., de pyréthroïdes synergisés) avec des brumisateurs thermiques est surtout destinée à la destruction d'insectes volants comme les teignes du cacao, qui risquent de s'introduire ou de pondre dans les conteneurs.

Un problème qui semble avoir été négligé est le **traitement des palettes en bois sur lesquelles les sacs de cacao sont entreposés** – notamment en ce qui concerne le contrôle des termites. Par nécessité, les insecticides de détermitage sont souvent des produits persistants et toxiques à base de composés chimiques comme le chlorpyrifos et le fipronil,

combinés avec d'autres composés organochlorés désormais obsolètes. Il est aujourd'hui supposé que des taux de résidus d'insecticides élevés ont été provoqués dans certains cas par un traitement systématique des palettes, une plus grande prudence s'imposant donc à l'avenir.



a. Sacs maintenus sous bâche et traités par fumigation avec des sachets générateurs de phosphine (phosphure d'aluminium)

b. Traitement d'un conteneur par une formulation liquide pour application à très bas volume (ULV) à base de pyréthroides : utilisation d'un brumisateur thermique avant la fermeture du conteneur

8.5 Sélection du pesticide

Dans l'UE, les fumigants, rodenticides et autres produits de lutte contre les parasites utilisés dans les entrepôts sont également soumis au règlement sur les biocides UE/528/2012, entré en vigueur le 1^{er} septembre 2013 (remplaçant la directive sur les produits biocides 98/8/CE). Cette législation environnementale* concerne un large éventail de produits et « vise à assurer un haut niveau de protection des humains, des animaux et de l'environnement » tout en harmonisant le marché européen des produits biocides et de leurs substances actives.

L'utilisation récente des pesticides suivants dans les entrepôts de cacao est documentée :

Fumigants du groupe 24 de l'IRAC : Inhibiteurs de transports d'électrons mitochondriaux du complexe IV (p. ex., métabolisme énergétique des insectes).

Précurseurs du gaz fumigène phosphine (PH₃ point d'ébullition -87.4°C, p.v. 3465 kPa @ 20°C): phosphore d'aluminium et phosphore de magnésium émettent lentement du PH₃ en réagissant avec l'humidité.

Fumigants du groupe 8 de l'IRAC : Divers inhibiteurs non spécifiques (multi-site) comprenant les composés halogénés.

Bromure de méthyle (PE 3.6°C, p.v. 190 kPa) : n'est plus permis dans l'UE mais reste en phase de suppression progressive en Amérique du Nord et Asie du SE.
Fluorure de sulfuryle (PE -55°C, p.v. 1700 kPa) : alternative proposée, désormais autorisée (directive 2009/84/CE).

Traitements de surface : Doivent être utilisés avec une extrême prudence pour éviter des taux de résidus élevés. Note : les autorisations de certains produits (dont le piriméthos-méthyle) pour les traitements structurels sont en cours d'annulation dans l'UE.

Pyréthroides (groupe 3 de l'IRAC) : pyrèthre naturel, cyperméthrine, deltaméthrine.

Suite au retrait du bromure de méthyle dans l'UE et aux préoccupations liées aux résidus d'insecticides non fumigènes (p. ex., adjuvants et traitements de sacs décrits ci-dessus), de sérieuses inquiétudes ont été suscitées par l'utilisation accrue de la phosphine, entraînant des craintes quant à l'émergence d'une résistance. Le fluorure de sulfuryle⁷⁹, substance figurant également dans le groupe 8 de l'IRAC et maintenant approuvée dans l'UE, est un fumigant alternatif actuellement disponible. Cependant, il est hautement recommandé de maintenir de multiples Mda et méthodes, y compris le recours aux atmosphères modifiées lorsque cela est possible.

Les responsables de la lutte phytosanitaire doivent également tenir compte de facteurs comme le temps de pénétration dans les sacs de cacao – et donc le temps requis pour la fumigation. Bien que la phosphine ait une p.v. plus élevée que les fumigants du groupe 8, elle est lentement libérée par les sachets de phosphore (qui sont une méthode beaucoup plus sûre de production de gaz PH₃ toxique et inflammable) et elle est donc mieux adaptée à une utilisation préventive qu'à la désinfestation. Elle a été étudiée par Chaudry⁸⁰, qui recommande que la fumigation de phosphine soit effectuée uniquement par un personnel formé pour garantir :

- un niveau d'étanchéité aux gaz acceptable dans la zone soumise à la fumigation
- l'application de doses optimales au moment opportun et le maintien de la durée de l'exposition au minimum requis,
- une surveillance régulière des concentrations en gaz pour maintenir des taux assurément efficaces
- une évaluation de l'efficacité du traitement après chaque fumigation,
- l'intégration avec d'autres méthodes (p. ex., des traitements de surface par des insecticides à effet résiduel approuvés ou la mise en place d'une barrière physique) pour réduire le risque de réinfestation durant un stockage ultérieur.

8.6 Inspection, échantillonnage, documentation et traçabilité

La mise en place d'une surveillance des résidus ajoutera clairement un nouvel élément majeur à l'application de normes de qualité du cacao. Un résumé des complexités de la chaîne d'approvisionnement est fourni sur le site Internet <http://www.icco.org/about/shipping.aspx>. Les procédures d'inspection et de surveillance améliorées sont surtout une source d'inquiétude pour les négociants en cacao et leurs associations (comme la FCC et la CMAA). Il est fait référence ici aux consignes d'échantillonnage et aux normes de qualité définies par la FCC (www.cocoafederation.com).

Pour tester la qualité des fèves fermentées, on évalue en premier lieu le nombre de fèves de cacao pour un poids donné et la teneur en matière étrangère. On effectue ensuite un « test à la coupe » des fèves en les sectionnant dans le sens de la longueur pour déterminer la proportion de celles qui sont moisies, ardoisées (un signe de fermentation insuffisante), violacées (surfermentées), mitées, germées ou plates. Il existe en outre des normes pour le taux d'humidité [généralement inférieur à 7,5-8 %, tel que déterminé par la méthode N° 43 de l'*International Confectionary Association* (ICA)], pour les acides gras libres (AAL : méthode analytique N° 42 de l'ICA) et les « saveurs indésirables » (méthode analytique N° 44 de l'ICA).

Nettoyage préalable d'échantillons de fèves de cacao (à gauche) et mesure du taux d'humidité (à droite) dans un laboratoire d'analyse en Côte d'Ivoire.

Photos reproduites avec l'autorisation de Marc Joncheere, Cargill.



* Voir : www.ec.europa.eu/environment/chemicals/biocides/index_en.htm (consulté en juillet 2015)

À l'heure actuelle, le terme « **contamination** » fait référence à un « cacao qui a un goût de fumée ou de jambon ou une autre saveur ou odeur indésirable, ou qui contient une substance non naturelle du cacao ». L'accent était donc autrefois mis sur les contaminants associés au séchage artificiel du cacao, mais on tient compte désormais d'autres sources susceptibles d'être introduites à tout stade le long de la chaîne d'approvisionnement. Outre les résidus de pesticides, la surveillance peut se rapporter à d'autres contaminants, dont les suivants :

- mycotoxines, y compris l'ochratoxine-A (OTA) – produites par des champignons (qui sont d'ordinaire plusieurs fois plus toxiques que ne le sont les pesticides et peuvent donc être dues en partie à des défaillances dans la lutte antiparasitaire),
- hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) – qui peuvent résulter d'un contact direct entre les fèves de cacao et la fumée, par exemple durant un séchage artificiel au moyen de séchoirs de conception défectueuse ou mal entretenus,
- métaux lourds (habituellement associés au cacao cultivé sur des sols volcaniques ou à l'utilisation d'engrais de mauvaise qualité).

Les initiatives mises en œuvre pour accroître la **traçabilité** ont été décrites dans la Section 1 : Certification. La structure et la longueur de la chaîne d'approvisionnement du cacao diffèrent selon les régions au sein d'un même pays producteur ainsi que d'un pays producteur à un autre. Les méthodes d'entreposage et d'expédition varient également, ce qui influence inévitablement les temps et niveaux d'échantillonnage. Il n'est évidemment pas possible d'examiner tous les pesticides possibles dans toutes les cargaisons. Un échantillonnage sera effectué à différents niveaux selon différents critères et considérations pratiques (voir p. ex. la section 5.7), mais il sera incontestablement nécessaire d'améliorer la traçabilité des expéditions de cacao.

Par exemple, des rapports isolés suggèrent que la nécessité de contrôler les insectes a encouragé des négociants et des revendeurs « peu disposés à prendre des risques » à appliquer des pesticides inutilement avant que la cargaison n'atteigne des points de vente intermédiaires, ce qui augmente donc la possibilité de détection de résidus. En conséquence, une analyse des procédures mises en place le long de la chaîne d'approvisionnement sera requise dans les pays producteurs de cacao afin d'éviter les conséquences d'un résultat « positif » aux tests de dépistage des résidus.

9.1 Conclusions générales

L'objectif de ce guide est la sensibilisation aux problèmes généraux et spécifiques ainsi qu'aux aspects pratiques liés à l'utilisation de pesticides dans la cacaoculture. Certains problèmes peuvent être spécifiques à un pays donné et d'autres peuvent également impliquer des informations sensibles d'un point de vue commercial, mais il est communément admis que beaucoup reste à faire pour améliorer les connaissances générales sur la science des pesticides et les pratiques actuelles de gestion des parasites.

En particulier, on n'insistera jamais assez sur la **précision requise** (p. ex., l'utilisation de normes internationales axées sur les IA et non sur les noms de marque, l'étalonnage à l'échelle de l'exploitation, etc.). Il existe de nombreuses possibilités de collaboration et d'échanges de connaissances en matière de pratiques de lutte antiparasitaires dans les régions cacaoyères. Les choix peuvent parfois sembler déconcertants, mais des pays voisins partagent souvent les problèmes causés par des nuisibles. Tout au long de ce guide, nous avons souligné la nécessité d'améliorer :

- le choix des produits phytosanitaires
- les méthodes et le calendrier d'application des traitements
- la communication sur ces aspects

De toute évidence, l'établissement de BPA ne permet pas simplement de garantir une utilisation correcte de pesticides et le retrait des composés obsolètes et problématiques. Les méthodes agricoles existantes ont généralement leurs raisons (qu'elles soient pertinentes ou non) et il est très important de savoir par qui et pourquoi elles sont utilisées et par qui elles sont influencées. Le choix des pesticides est toutefois crucial et les listes de composés répertoriés à l'annexe 3 font l'objet de révisions trimestrielles.

Notes sur les listes d'IA de l'annexe 3

1. Les noms commerciaux ne sont pas utilisés (ils varient souvent selon les pays) mais plusieurs produits contiennent des mélanges d'IA.
2. L'apparition de résidus pouvant se produire à n'importe quel point de la filière, un IA peut uniquement figurer dans UNE des catégories A, B, C ou D (section 9.2).
3. Les composés continuent d'être étudiés à des fins de classement et des précautions particulières doivent être prises pour tous les produits mentionnés sur la liste « en attente » (P). Les composés étiquetés 'M' sont sujets au moratoire de 2013 dans l'UE en raison du risque de toxicité pour les abeilles.
4. Pour des raisons historiques, un certain nombre de composés ont été signalés comme utilisés en cacaoculture mais ont des valeurs de LMR supérieures à la valeur par défaut, sans toutefois figurer sur la liste des substances de l'annexe 1 de la CE. Il est important de savoir que l'autorisation d'un pesticide sur le marché de l'UE et la législation harmonisée sur les résidus de pesticides (396/2005/EC, comprenant les LMR pour le cacao importé) sont essentiellement deux questions juridiques distinctes.
5. En principe, les agences d'approvisionnement et les cacaoculteurs sont encouragés à faire preuve de prudence pour tous les produits contenant un IA figurant à l'annexe 3B, qui ne devraient pas être développés sur de nouveaux marchés. Cependant, cette liste est un « panaché » de composés comprenant :
 - Ceux qui font l'objet de tolérances à l'importation sur certains marchés mais pas sur d'autres
 - Ceux pour lesquels aucun fabricant n'a jugé utile de préparer et de présenter un dossier adéquat pour leur inscription à l'annexe 1 dans l'UE.
 - Les IA liés à des problèmes connus mais pour lesquels des LMRp ont été fixées dans l'intérêt de la production de cacao et de la concurrence sur le marché, lorsque des demandes ont été soumises pour des composés largement employés dans au moins une juridiction.

9.2 « Pesticides stratégiques » pour la cacaoculture : critères

La nécessité de fournir des orientations spécifiques aux exploitants et aux entreposeurs ne doit pas être sous-estimée et la méthode de communication de ces messages est importante. L'utilisation de listes semble inévitable, l'approche suggérée ici consistant donc à identifier une liste positive et **basée sur les preuves** de « **pesticides stratégiques pour la cacaoculture** » (annexe 4A) qui peuvent être recommandés pour des **nuisibles importants et des stades spécifiques** de la chaîne d'approvisionnement. Une attention particulière doit être accordée aux pesticides utilisés contre les parasites des stocks dans les entrepôts et durant le transport du cacao, pour les raisons décrites dans la section Sélection du pesticide (section 8.5).

Les critères de sélection des pesticides, figurant à l'annexe 4, ont été développés depuis la première édition de ce manuel : il s'est avéré trop simpliste de distinguer uniquement les pesticides adaptés et non adaptés au cacao. À mesure que les substances actives sont (et continuent d'être) éliminées, il est essentiel : (i) d'émettre des avertissements sur les IA pouvant connaître des problèmes réglementaires et (ii) d'aider à identifier des solutions de remplacement efficaces de lutte contre les parasites. Les éditions précédentes contenaient des listes d'agents de contrôle prometteurs mais expérimentaux, soumis à des tolérances à l'importation pertinentes dans le Codex, l'UE, le Japon et/ou les États-Unis ou susceptibles d'être homologués. Certains de ces composés figurent désormais sur les listes A ou B, alors que des produits expérimentaux sont encore soumis à examen, comme indiqué au chapitre 7.

Nous divisons désormais les IA connus pour être utilisés sur le cacao en trois catégories, tout en soulignant qu'elles sont données à titre indicatif et qu'elles n'ont pas de statut légal : toute proposition d'utilisation d'une substance de la liste C doit être examinée avec la plus grande attention. Au sein d'un pays producteur de cacao, diverses organisations peuvent publier des listes de pesticides autorisés, même si la responsabilité incombe à une autre institution (p. ex., le CocoBod au Ghana ou le Conseil du Café-Cacao en Côte d'Ivoire). Les acheteurs de cacao filtreront probablement aussi ces listes par rapport à celles des organismes de certification coopérants (p. ex., Rainforest Alliance). Les trois catégories sont les suivantes :

A. Listes des pesticides stratégiques/ dont l'utilisation en cacaoculture est approuvée :

Ces produits :

- Font l'objet de limites pour l'importation dans l'UE/Japon/USA/Codex ; certaines LMR de l'UE (mg.kg^{-1}) restent des LMRp et leur situation devrait être révisée régulièrement ; la liste ci-dessous se rapporte à la catégorie « Cacao (fèves fermentées) » du règlement (CE) 396/2005.
- Affichent des niveaux acceptables de toxicité pour les mammifères et d'impact environnemental et *n'appartiennent pas* à la classe I de haute toxicité OMS/EPA (hormis les rodenticides et fumigants fournis comme produits à usage professionnel).
- Ont prouvé leur efficacité contre d'importantes espèces de nuisibles du cacao, avec des homologations dans au moins deux pays producteurs de cacao de la région et la publication de résultats d'essais dans la littérature scientifique (référéncée si possible).

B. Composés à utiliser avec une extrême PRUDENCE (durée de vie limitée, marchés restreints, etc.).

Ces substances actives :

- Sont encore homologuées dans au moins un pays de l'OCDE (UE, USA, Canada, Australie, Japon...)
- Ont des LMR acceptées sur certains marchés, mais pas sur d'autres, et/ou ...
- Seront probablement remplacées à l'avenir dans l'UE, mais ...
- Ont prouvé leur efficacité dans au moins un pays producteur de cacao de la région
- Leurs IA n'appartiennent pas à la classe I de haute toxicité OMS/EPA (et doivent être des formulations de classe II ou mieux) : sauf les rodenticides et fumigants fournis comme produits à usage professionnel.

C. Pesticides À NE PAS UTILISER EN CACAOCULTURE

Substances dont l'utilisation en cacaoculture a été signalée (p. ex., par le projet ECA/CABI/CAOBISCO) mais qui ont été rejetées par les principaux pays importateurs (généralement pour des motifs d'ordre toxicologique/écotoxicologique) et/ou ne font pas l'objet de tolérances en matière de résidus sur les principaux marchés.

● 9.3 Le principe de précaution

Les pays producteurs et consommateurs de cacao devraient bénéficier du « principe de précaution » en tant qu'approche de la sécurité publique et de la durabilité des cultures. Des slogans tels que « le pacte vert » et « de la ferme à la table » sont utilisés pour sensibiliser le public à des questions importantes qui vont de la sécurité des enfants en milieu rural aux menaces du changement climatique. Nous estimons que les défis et les divergences découlent essentiellement de mesures pratiques qui devraient être résolues, sous réserve : (i) d'une prise de conscience des véritables problèmes techniques (un objectif de ce guide) et des alternatives disponibles, (ii) d'une bonne gouvernance, et (iii) d'un mécanisme de retour d'information efficace permettant aux producteurs et aux consommateurs de connaître leurs besoins et leurs attentes respectives. Par exemple, un véritable « pacte vert » ne deviendra réalité que si les mesures alternatives de lutte contre les ravageurs fonctionnent bien pour les exploitants qui doivent les appliquer. Les produits chimiques restent un élément important de la LAI, tout simplement parce que la cacaoculture n'est pas prête pour une stratégie de biocontrôle à 100 % et que le biocontrôle ne reste qu'un élément de la LAI. En outre, le fait de considérer tous les produits chimiques comme étant probablement dangereux par nature reflète assurément une politique de l'autruche. L'incapacité à faire face aux attentes des consommateurs, réellement préoccupés par la présence de résidus dans leurs aliments, aux besoins des agriculteurs potentiellement confrontés à des pertes de récolte de plus de 50 % et aux risques encourus par les enfants et les passants dans les communautés agricoles rurales n'est en aucun cas être acceptable.

● 9.4 La nécessité d'assurer une meilleure application des pesticides

Le concept de « pesticides stratégiques pour la cacaoculture » aborde uniquement l'aspect qualitatif de la sélection des IA, mais les taux de résidus exigent d'accorder davantage d'attention aux méthodes et aux calendriers d'application. Les techniques d'application et la sélection des pesticides ont fait l'objet d'un intérêt particulier et de recherches approfondies durant les années 70 et 80, mais ces aspects ont ensuite été négligés. Il est désormais communément admis que les problèmes d'approvisionnement en produits agricoles de base en général (et non seulement en cacao) sont en partie dus à un manque de recherches depuis près de deux décennies⁸¹. Le chapitre 4 peut apporter une aide à l'élaboration de matériel de formation et à l'identification de domaines de recherche pratique (notamment en termes d'adaptation) si nécessaire. Les autorités nationales de réglementation sont vivement encouragées à adapter la législation pour interdire expressément l'importation et la fabrication de pulvérisateurs non conformes aux exigences minimales de la FAO relatives à la qualité des équipements d'application. Il convient de prévoir des moyens d'examiner les pulvérisateurs pour déterminer s'ils sont conformes à ces normes sur la base des exigences minimales de la FAO*. Le Cameroun a adopté les normes de la FAO pour le matériel d'application et les pesticides.

● 9.5 Une meilleure communication

Les pesticides ont disparu de « l'ordre du jour » non seulement de la recherche, mais aussi de celui de nombreuses initiatives de formation des exploitants. L'utilisation rationnelle et scientifique des pesticides doit être réintroduite dans ces programmes. Bien qu'il soit tout à fait compréhensible que les pesticides ne sont plus au cœur des programmes financés par le secteur public, la **disparition du savoir-faire en matière d'utilisation de pesticides** à l'échelle de l'exploitation et des services de vulgarisation est alarmante. Des guides tels que celui-ci et des programmes de formation des exploitants peuvent uniquement fournir des orientations, qui ne sont réellement efficaces que dans le cadre d'une structure politique de mise en œuvre proactive dans les pays producteurs de cacao.

● 9.6 Une action nationale et régionale

Il est clairement nécessaire de renforcer les procédures et les recommandations en collaboration avec les autorités réglementaires des pays producteurs. Des consignes spécifiques sur la distribution et l'utilisation de pesticides sont aisément disponibles auprès d'organisations comme la FAO⁸². Les pays producteurs de cacao ont besoin de **scientifiques experts en pesticides bénéficiant d'une formation actualisée**, capables d'anticiper les problèmes avant qu'ils ne surviennent. Dans le cadre du projet sur le « Renforcement des capacités SPS en Afrique » coordonné par l'ICCO, les responsabilités organisationnelles et les initiatives en matière de qualité du cacao ont été identifiées dans un certain nombre de pays africains et figurent à l'annexe 2. Une version plus exhaustive de ce tableau est disponible sur le site web de l'ICCO.

* Directives sur les exigences minimales relatives au matériel agricole d'application des pesticides de la FAO, Vol. 1 (2001)

9.7 Rôles et responsabilités

Les organisations nationales compétentes en matière d'homologation des pesticides sont les suivantes :

Brésil	Ministério da Agricultura, Brasília
Cameroun	Ministère de l'Agriculture et du Développement rural (MINADER) (Département de réglementation et de contrôle de qualité des intrants et des produits agricoles)
Côte d'Ivoire	Direction de la Protection des Végétaux, du Contrôle et de la Qualité, Ministère de l'Agriculture (DPVCQ/MINAGRI), Abidjan
République dominicaine	Production essentiellement biologique
Equateur	Agencia de Regulacion y Control Fito y Zoosanitario (AGROCALIDAD)
Ghana	Environmental Protection Agency (Ministry of Food and Agriculture), Accra
Indonésie	Direktorat Jenderal Perlindungan Tanaman Pangan, Departemen Pertanian, Jakarta
Nigéria	National Agency for Food and Drug Administration and Control (NAFDAC) Siège : Abuja; secteur cacao : bureau de Lagos
Pérou	Servicio Nacional de Sanidad Agraria (SENASA)

Nous attirons votre attention sur les observations figurant dans la section 5.6 concernant le devenir des stocks de pesticides obsolètes. Il est rappelé aux décideurs des pays producteurs de cacao que pour le cacao importé dans l'UE et ailleurs, **aucun pesticide non approuvé ne devrait désormais être utilisé.**







ANNEXE I

Abréviations techniques

Le tableau suivant répertorie certains termes techniques et abréviations utilisés dans la science des pesticides. Une liste plus complète est fournie à la section « Comprendre les acronymes » du menu déroulant du site DROPPDATA.

<	inférieur à
<=	inférieur ou égal à
>	supérieur à
>=	supérieur ou égal à
°C	degré Celsius (centigrade)
AJMT	apport journalier maximum théorique (ou TMDI, pour « <i>theoretical maximum daily intake</i> »)
BPA	Bonnes pratiques agricoles
BPE	Bonnes pratiques d'entreposage
BPF	Bonnes pratiques de fabrication
BPL	Bonnes pratiques de laboratoire
BPS	Bonnes pratiques de stockage
c	centi-($\times 10^{-2}$) – comme dans centimètre (cm). Remarque : ce <u>n'est pas</u> une unité du SI.
CCM	chromatographie sur couche mince
CDA	pour « <i>controlled droplet application</i> », application par contrôle de la taille des gouttelettes
CGL	chromatographie gaz-liquide
CL ₅₀	concentration létale médiane
CLHP	chromatographie liquide à haute performance (parfois haute pression)
CMEO	concentration minimale avec effet observé (ou LOEC, pour « <i>lowest observable effect concentration</i> »)
CPCC	consentement préalable en connaissance de cause
CMR	substances cancérogènes, mutagènes ou toxiques pour la reproduction
CSENO	concentration sans effet nocif observé (ou NOAEC, pour « <i>no observed adverse effect concentration</i> »)
CXL	limite maximale Codex pour les résidus de pesticides (LMR Codex)
DAR	délai avant la récolte (ou PHI, pour « <i>pre-harvest interval</i> »)
DJA	dose journalière admissible
DL ₅₀	dose létale médiane (<i>dosis letalis media</i>)
DLM	dose létale minimale
DRfA	dose de référence aiguë
DSEO	dose sans effet observé (ou NOED, pour « <i>no observed effect dose</i> »)
DT ₅₀	durée nécessaire à la dissipation de 50 % de la quantité initiale (méthode d'instance d'estimation)
DVM	diamètre volumique médian ou D[v,0.5], mesuré en μm
EPA	pour « <i>Environmental Protection Agency</i> », agence de protection de l'environnement (aux États-Unis et ailleurs)
ÉPP	équipement de protection personnelle
FDS	fiche de données de sécurité
g	Gramme
ha	hectare (10^4 m^2)
HR	humidité relative
IA, ia	Ingrédient(s) actif(s). Convention CropLife/FAO : également « substance active »
LAI	lutte antiparasitaire intégrée (LAI) pour « <i>integrated pest management</i> »
IRM	pour « <i>insecticide resistance management</i> », gestion de la résistance aux insecticides
JMPR	pour « <i>Joint FAO/WHO Meeting on Pesticide Residues</i> », réunion conjointe FAO/OMS sur les résidus de pesticides (<i>Codex Alimentarius</i>)
k	kilo (10^3), comme dans kg – kilogramme
K _{oc}	coefficient d'adsorption relatif au taux de carbone organique
K _{OE}	coefficient de partage octanol/eau
K _{OH}	constante de la vitesse de réaction avec les radicaux hydroxyles
K _{om}	coefficient d'adsorption relatif au taux de matière organique
l	Litre
LMR	limite maximale de résidus
LMRp	limite maximale de résidus provisoire
LV	pour « <i>low volume</i> », volume faible (application)
m	mètre, milli- (10^{-3})

ANNEXE I

(Suite)

M	molaire (poids moléculaire en g), méga ⁻ (10 ⁶)
MdA	mode d'action
mg	Milligramme
ml	Millilitre
mm	Millimètre
mM	Milimolaire
mol	mole (habituellement poids moléculaire en g)
nd	non détecté
NEAO	niveau d'exposition acceptable pour l'opérateur (ou AOEL, pour « <i>Acceptable Operator Exposure Level</i> »)
NEDI	pour « <i>national estimated daily intake</i> », estimation de la consommation alimentaire nationale
ng	Nanogramme
ALARA	pour « <i>As Low As Reasonably Achievable</i> », niveau le plus faible qu'il soit raisonnablement possible d'attendre
NMENO	niveau minimal avec effet nocif observé (ou LOAEL, pour « <i>lowest observable adverse effect level</i> »)
NMEO	niveau minimal avec effet observé (ou LOEL, pour « <i>lowest observable effect level</i> »)
NSE	niveau sans effet (ou NEL, pour « <i>no effect level</i> »)
NSENO	niveau sans effet nocif observé (ou NOAEL, pour « <i>no observed adverse effect level</i> »)
NSEO	niveau sans effet observé (ou NOEL, pour « <i>no observed effect level</i> »)
OGM	organisme génétiquement modifié
OP	pesticide organophosphoré
p	pico ⁻ (10 ⁻¹²)
Pa	pascal (1 bar = 100 kPa)
PBT	substance chimique persistante, bioaccumulable et toxique
PE	perturbateur endocrinien (~ion) ; précédemment employé pour la pulvérisation électro-hydro-dynamique
pH	valeur de pH ($\approx -\log_{10}\{[H^+]/[1\text{ M}/l]\}$)
po	par voie orale (<i>per os</i>)
POP	polluants organiques persistants
POW	coefficient de partage octanol/eau
ppb	parties par milliard (10 ⁻⁹) : équivalent à µg /kg
ppm	parties par million (10 ⁻⁶) : équivalent à mg/Kg
PV	pression de vapeur (en mPa)
QPS	pour « <i>quarantine pre-shipment</i> », traitement de quarantaine et avant expédition (fumigation)
RfD	dose de référence
RSAQ	relation structure-activité quantitative (ou QSAR, pour « <i>quantitative structure-activity relationship</i> »)
SAS	Pour « <i>self-assessment system</i> », système d'autoévaluation (EDES)
SdD	seuil de détermination – parfois utilisé pour « seuil de détection » (voir SdQ)
SdQ	seuil de quantification : SdQ est désormais préféré à SdD par la JMPR
SI	Système International – unités internationales de mesure conventionnelles
SNC	système nerveux central
SOP	pour « <i>standard operating procedure</i> », procédure opératoire standardisée
sp	espèce (après un nom générique seulement)
HACCP	pour « <i>Hazard Analysis Critical Control Point</i> », Analyse des Risques et Contrôle des Points Critiques (initialement appliqué à la fabrication d'armement, puis à la sécurité alimentaire, et désormais étendu à toute la filière et à d'autres productions)
TH	taux d'humidité
TLM	temps létal médian
TMRL	pour « <i>temporary maximum residue limit</i> », limite maximale de résidus provisoire
TVA	taux du volume d'application
ULV	pour « <i>ultra low volume</i> », liquide pour application à très bas volume
URP	utilisation rationnelle (ou responsable) des pesticides
UV	Ultraviolet
VH	pour « <i>high volume</i> », volume élevé (application)
vPvB	substance très persistante et très bioaccumulable
µg	microgramme (10 ⁻⁶ g)
µm	micromètre (micron)



ANNEXE 2

Responsabilités organisationnelles pour la qualité du cacao par pays

Fonction	Cameroun	Côte d'Ivoire
Overall responsibility for food safety Responsabilité globale de la sécurité alimentaire Responsabilidad general por la inocuidad de los alimentos	Ministère des Mines, de l'Industrie et du Développement technologique (MINMIDT), Division de la normalisation et de la qualité (DSQ) chargée des normes.	Direction de la Protection des Végétaux, du Contrôle et de la Qualité (DPVCQ/MINAGRI§)
Authority responsible for registration and use of pesticides Autorité chargée de l'enregistrement et l'utilisation de pesticides Autoridad responsable del registro y uso de plaguicidas	Le MINADER§ coordonne 10 autres ministères dans le cadre du CNHPCAT	DPVCQ/MINAGRI
Authority responsible for establishing maximum residue levels (MRLs) Autorité responsable de l'établissement limites maximales de résidus Autoridad responsable de establecer los límites máximos de residuos (LMRs)	MINADER§ (voir ci-dessus), Ministère de la Recherche Scientifique et de l'Innovation ; IRAD ; Ministère du Commerce (MINCOMMERCE)	DPVCQ/MINAGRI Direction de la Production Vivrière et la Sécurité Alimentaire (DPVSA) Comité Codex
Main national/federal laboratory responsible for food control Principal laboratoire national chargé du contrôle des aliments Principal laboratorio nacional/federal responsable del control de alimentos	Laboratoire National d'Analyse et des Diagnostiques (LNAD : du MINADER§)	Laboratoire Central d'AgroÉcotoxicologie du Laboratoire d'Appui au Développement Agricole (LCAE/LANADA)
Other important laboratories responsible for food control D'autres laboratoires importants responsables du contrôle alimentaire Otros laboratorios importantes encargados del control de los alimentos	Centre Pasteur du Cameroun (santé : arbitrage) HYDRAC (privé), LCA/ONCC (Laboratoire Central d'Analyse)	Laboratoire National de Santé Public (LNSP) LANEMA
Main laboratory responsible for development of analytical methods for residues Laboratoire principal responsable du développement de méthodes analytiques pour les résidus Laboratorio principal responsable del desarrollo de métodos analíticos para residuos	Le LNAD du MINADER§ aura bientôt l'accréditation ISO et pourra accréditer d'autres laboratoires. LCA/ONCC	LCAE/LANADA
Main organization responsible for applied research regarding pesticides for cocoa pests Principale organisation responsable de la recherche appliquée sur les pesticides pour les ravageurs du cacao Principal organismo responsable de la investigación aplicada en plaguicidas para plagas del cacao	IRAD et MINADER : Division de la réglementation et du contrôle de qualité des intrants et des produits agricoles	Centre National de Recherche Agronomique (CNRA)

ANNEXE 2

(Suite)

Equateur	Ghana	Indonésie	Nigéria
Ministerio de Salud Pública (MSP), Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAGAP)	Food & Drugs Authority (FDA) (previously Food & Drugs Board)	Badan Pengawas Obat dan Makanan (BPOM)/National Agency for Drug and Food Control (NADFC); Kementerian Pertanian/Ministry of Agriculture (MoA)	National Agency for Food and Drug Administration & Control (NAFDAC)
Agencia de Regulación y Control Fito y Zoonosario (AGROCALIDAD)	Environmental Protection Agency (EPA)	Directorate General of Agricultural Infrastructure and Facilities under the Kementerian Pertanian/Ministry of Agriculture (MoA)	NAFDAC : Siège : Abuja ; Secteur cacao : Lagos
AGROCALIDAD Comité Codex	Ghana Standards Authority (GSA – formerly GSB); Comité Codex	MoA; Kementerian Kesehatan/ Ministry of Health (MoH); regulated by the National Standards Agency (BSN); National Codex Committee	Comité Codex : (adapte les normes internationales) : SON et NAFDAC
Laboratorios de Referencia, Agencia Nacional de Regulación, Control y Vigilancia Sanitaria (ARCSA); Laboratorios de Diagnóstico de los Alimentos y Control de Insumos Agropecuarios (AGOCALIDAD)	FDA et GSA	BPOM	NAFDAC (avec SON)
LASA (privé), LABOLAB (privé), Multianalityca (privé)	Food Research Institute (FRI), CSIR, Accra (accrédité ISO 17025)	Aucun	Aucun
Laboratorios de Diagnóstico de los Alimentos y Control de Insumos Agropecuarios (AGOCALIDAD)	GSA	BSN (tests d'aptitude avec des laboratoires privés accrédités)	NAFDAC
INIAP	Cocoa Research Institute of Ghana (CRIG)	Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia/Indonesian Coffee and Cocoa research Institute (ICCRI)	Cocoa Research Institute of Nigeria (CRIN)

ANNEXE 2

(Suite)

Fonction	Cameroun	Côte d'Ivoire
Institution acting as Codex contact point		
Institution qui agit comme point de contact du Codex	Commission Codex Cameroun – dépend du MINMIDT (Division normalisation et qualité)	Direction des Productions Alimentaires et de la Diversification (DPVSA/MINAGRI)
Institución que actúa como punto de contacto del Codex		
Institution acting as SPS contact point (if different)		
Institution qui agit comme point de contact SPS (si différente)	MINADER	DPVCQ/MINAGRI
Institución que actúa como punto de contacto (SFS) (si es diferente)		
National association of pesticide manufacturers/ distributors		
Association nationale des fabricants de pesticides et les distributeurs	CropLife Cameroun : Douala et Yaoundé	1. CropLife Côte d'Ivoire (également régional) 2. AMEPHCI (Association des Petites et moyennes entreprises de Côte d'Ivoire)
Asociación nacional de fabricantes/distribuidores de plaguicidas		
Responsibility for Hazard Analysis Critical Control Point (HACCP) analysis of the cocoa supply chain		
La responsabilité de l'analyse des risques et maîtrise des points critiques (HACCP) analyse de la chaîne d'approvisionnement du cacao	Conseil Interprofessionnel du Cacao et du Café (CICC) et ONCC (MINADER proposé)	DPVCQ/MINAGRI
Responsabilidad del análisis de peligros y puntos críticos de control (HACCP) de la cadena de suministro del cacao		
Recent legal and regulatory documents concerning SPS		
Récents des documents juridiques et réglementaires concernant SPS	Loi sur la protection phytosanitaire. Réglementations sur les procédures d'homologation des pesticides, la gestion et la quarantaine végétale ; Programme de pesticides interdits pour le cacao	- Décret n°99-272 (6/4/1999) fixant les modalités du conditionnement du cacao à l'exportation; - Décret n°89-02 sur l'homologation et l'utilisation des pesticides *
Documentos legales y reglamentarios recientes sobre SFS		

ANNEXE 2

(Suite)

Equateur	Ghana	Indonésie	Nigéria
Servicio Ecuatoriano de Normalización (INEN)	GSA	Badan Nasional Standardisasi (BSN)/National Standardization Agency of Indonesia	Standards Organisation of Nigeria (SON) : possède maintenant un laboratoire pour l'analyse des résidus
AGROCALIDAD	Plant Protection and Regulatory Services Directorate (PPRSD) du MOFA	Center for Plant Quarantine and Biosafety, Indonesia Agricultural Quarantine Agency, Central Office of Ministry of Agriculture	ditto
CropLife Amérique latine	CropLife Ghana	CropLife Indonesia	CropLife Nigeria
Laboratorios de Referencia, Agencia Nacional de Regulación, Control y Vigilancia Sanitaria (ARCSA)	CRIG, FRI and GSA	BPOM	NAFDAC
Decisión 804 - Modificación de la Decisión 436 (Norma Andina para el registro y control de plaguicidas químicos de uso agrícola)	Act 528, Pesticides Control & Management Act (1996)	Ministry of Agriculture Regulation No. 55/2016 LMR fixées pour les aliments frais et d'origine végétale	TBD

ANNEXE 2

(Suite)

Fonction	Cameroun	Côte d'Ivoire
Organisations primarily responsible for implementing Good Agricultural Practices (GAP) in cocoa Organisations principalement responsables de la mise en œuvre de bonnes pratiques agricoles (BPA) dans le cacao Organizaciones principalmente responsables de implementar Buenas Prácticas Agrícolas (BPA) en cacao	MINADER (cocoa SPS project): IRAD, NCCB; Société de développement du cacao (SODECAO) ; plusieurs coopératives de producteurs. Commission Nationale pour l'Homologation des Pesticides et la Certification des appareils de Traitements (CNHPCAT)	DPVCQ/MINAGRI et ANADER (Agence Nationale d'Appui au Développement Rural) ANADER; Conseil du Café et du Cacao
Organisation(s) responsible for implementation of good storage/ warehousing practices (GWP) for cocoa Organisation (s) responsable de la mise en œuvre de bonnes stockage / entreposage pratiques (GWP) pour le cacao Organización(es) responsable(s) de la implementación de buenas prácticas de almacenamiento/ depósito (GWP) para el cacao	Office National du Cacao et du Café (ONCC = National Cocoa and Coffee Board NCCB) certifie les produits des membres du CICC ; MINADER responsable des traitements	MINAGRI, Conseil du Café et du Cacao ANADER
Available list of pesticides registered for cocoa? Liste disponible sur les pesticides homologués pour le cacao ¿Lista disponible de plaguicidas registrados para cacao?	Oui – 28 mars 2021	Oui – août 2021
Main organisation responsible for providing information on quality standards to cocoa producers Principale organisation responsable de fournir des informations sur les normes de qualité pour les producteurs de cacao Principal organismo responsable de brindar información sobre estándares de calidad a los productores de cacao	ONCC / CICC	DPVCQ/MINAGRI, Conseil de Café et de Cacao
Organisations advising on mitigation of mycotoxins, PAH, FFA, heavy metals, etc. Les organisations de conseiller sur l'atténuation des mycotoxines, HAP, FFA, les métaux lourds, etc. Organizaciones que asesoran en la mitigación de micotoxinas, HAP, AGL, metales pesados, etc.	ONCC / CICC / MINADER : Avec l'aide de scientifiques et chercheurs de l'IRAD)	MINAGRI, CGFCC, ANADER Fonds Interprofessionnel pour la Recherche et le Conseil Agricoles (FIRCA: www.firca.ci)

§ Ministère de l'Agriculture, Ministry of Agriculture ; Ministry of Agriculture and Rural Development (Cameroun : Division de la réglementation et du contrôle de qualité des intrants et des produits agricoles) ; Ministry of Food & Agriculture (Ghana)

* Également : (1) Arrêté interdisant l'utilisation de certaines matières actives en agriculture (2) Note circulaire suspendant l'utilisation de certaines matières actives en cacaoculture

ANNEXE 2

(Suite)

Equateur	Ghana	Indonésie	Nigéria
INIAP	CRIG, CODAPEC CSSVD/CU of Cocobod ; Quality Control Company Ltd. (QCCL: 3 laboratoires)	ICCRI	CRIN : Farmers Field Schools (FFS) : surtout via STCP ; service de vulgarisation officiel
INIAP	QCCL	ICCRI	Federal Produce Inspection Service (FPIS)
Oui – oct. 2021	Oui – Déc. 2021	Oui	(Mai 2012)
AGROCALIDAD	QCCL	BSN	CRIN
AGROCALIDAD Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAGAP)	CRIG/FRI, GSA and FDA selon Codex (enquêtes nationales menées pour cerner l’ampleur des problèmes) QCCL	BPOM BSN	Federal Ministry of Trade and Investment?



ANNEXE 3

Liste indicative d'IA de produits homologués dans certains grands pays producteurs de cacao

Le tableau suivant peut être incomplet mais contient une liste indicative de substances actives homologués pour la cacaoculture dans les principaux pays producteurs de cacao. Les données en ligne exhaustives sur l'Amérique du Sud (homologations en cacaoculture) viennent de l'Équateur, le plus grand producteur : d'autres sources comprennent le Brésil et la Colombie.

	MoA§		C. d'Ivoire	Ghana	Indonésie	Amerique du Sud	Cameroun
"Fongicides"	B1	bénomyle			*		
IA unique	B1	carbendazim †				* († Brésil)	
	C3	azoxystrobine				*	
	C3	pyraclostrobine				*	
	C5	fluazinam		*			
	E3	procymidone				* (Brésil)	
	G1	difenoconazole			*		
	G1	hexaconazole			*		
	G1	propiconazole			*		
	H5	diméthomorphe			*		
	H5	mandipropamide	*		*		
	M1	hydroxide de cuivre	*	*	*	*	*
	M1	oxyde de cuivre	*		*	*	*
	M1	oxychlorure de cuivre	*	*			
	M1	sulphate de cuivre	*		*	*	*
	M2	soufre			*		*
	M3	mancozèbe	*		*		
	M3	métirame			*	*	
	M4	Captan				* (Brésil)	
	M5	chlorothalonil			*	*	
	P7	fosetyl-aluminium				*	
	P7	acide phosphorique			*		
	P7	phosphonate de potassium	*				
	U27	cymoxanil			*		
	§ FRAC – consulté en sept. 2021						

ANNEXE 3

(Suite)

	MoA§		C. d'Ivoire	Ghana	Indonésie	Amerique du Sud	Cameroun
« Fongicides »	A1	bénalaxyl-M	*			*	*
En mélange :	A1	métalaxyl (incl. -M)	*	*	*	*	*
	B1	carbendazim			*		
	B5	fluopicolide			*	*(Brésil)	
	C2	boscalid				*	
	C3	azoxystrobine			*	*	
	C3	fluoxastrobine	*			*	
	C3	krésoxime-méthyle				*(Brésil)	
	C3	pyraclostrobine					*
	C3	trifloxystrobine			*		
	C5	fluaziname		*			
	C8	amétoctradine	*				*
	F4	propamocarbe	*			*(Brésil)	
	G1	cyproconazole				*	
	G1	difenconazole			*	*	
	G1	flutriafol				*	
	G1	propiconazole			*	*	
	G1	myclobutanil				*	
	G1	tebuconazole			*	*	
	G1	triadimefon				*	
	H5	diméthomorphe	*	*			*
	H5	flumorphe	*				
	M1	composés de cuivre divers	*	*		*	*
	M3	mancozèbe	*		*	*	
	M3	propinèbe			*		
	U27	cymoxanil	*		*	*	*

ANNEXE 3

(Suite)

	MoA§		C. d'Ivoire	Ghana	Indonésie	Amerique du Sud	Cameroun
<i>Insecticides</i>							
IA unique	1A	BPMC, fénobucarbe			*		
	1A	carbaryl			*	*	
	1A	carbofuran			*	*(Brésil)	
	1A	carbosulfan			*		
	1A	méthomyl			*	*(Brésil)	
	1A	MIPC, isoprocarb			*		
	1A	propoxur			*		
	1A	thiodicarbe			*		
	1B	acéphate			*	*(Brésil)	
	1B	chlorpyrifos éthyl			*	*	
	1B	diazinon			*		
	1B	fénitrothion			*		
	1B	triazofos			*		
	2B	fipronil	*		*	*	*
	3A	alpha-cyperméthrine		*	*		
	3A	beta-cyfluthrine			*		
	3A	beta-cyperméthrine			*		
	3A	bifenthrine	*	*	*	*	
	3A	cyperméthrine			*		
	3A	deltaméthrine	*		*	*	
	3A	esfenvalérate			*		
	3A	éthophenprox		*	*		
	3A	fenpropathrine			*		
	3A	fenvalérate			*		
	3A	lambda-cyhalothrine			*		
	3A	perméthrine			*		
	3A	pyréthrines, pyrèthre	*	*			*
	4A	imidaclopride	*	*			*
	4A	thiaméthoxame	*	*			*
	4C	sulfoxaflor	*	*			
	6	abamectine	*		*	*	
	6	émamectine	*				
	9B	pymétrozine	*				
	14	thiosultap-sodium, dimehypo			*		
	12C	propargite				*(Brésil)	
	28	chlorantraniliprole (CTPR)			*		

ANNEXE 3

(Suite)

	MoA§		C. d'Ivoire	Ghana	Indonésie	Amerique du Sud	Cameroun
Insecticides							
En mélange :	1B	chlorpyrifos éthyl	*		*		
	1B	profenfos	*				
	3A	beta-cyfluthrine		*			
	3A	bifenthrine	*	*		*(Brésil)	*
	3A	isomères cyperméthrine	*	*	*		*
	3A	deltaméthrine	*	*			*
	3A	fénitrothion		*			
	3A	fenvalérate		*			
	3A	lambda-cyhalothrine	*	*		*	*
	3A	pyréthrines, pyrèthre		*			
	4A	acétamipride	*	*			*
	4A	Dinotéfurane	*				
	4A	Imidaclopride	*	*		*	*
	4A	thiaclopride	*				*
	4A	thiaméthoxame	*	*	*		*
	4C	sulfoxaflor (isoclast)	*				
	4D	flupyradifurone	*				*
Insecticides (std.)	5	spinétoram	*				
	6	émamectine benzoate	*	*			
	7	pyriproxyfène	*				
	15	novaluron	*			*(Brésil)	*
	15	teflubenzuron	*	*			*
	22	indoxacarb	*	*			
	23	spirotétramate	*				
	28	chorantraniliprole					*
Fumigants	24A	phosphure d'aluminium	*	(norme BPE)		*	
	24A	phosphure de magnésium				*	
	UN	azadirachtine	*				
Biologiques et botaniques	11A	<i>B. thuringiensis</i> + <i>Serratia sp.</i>			*		
		<i>Beauveria bassiana</i>			*		
		capsaïcine		*			
		huile essentielle (citrus)	*				
Total produits			256	37	85		68
dont mélanges			206	18	7	-	41
Notes, produits principaux		NNI + pyréthroïdes (187 prods) ; imidaclopride seulement : 28		NNI IA unique et pyréthroïdes (9 mélanges)	Cyperméthrine (20 produits), 44 pyréthroïdes		NNI + pyréthroïdes (37 produits)

ANNEXE 3

(Suite)

	MoA§		C. d'Ivoire	Ghana	Indonésie	Amerique du Sud	Cameroun
Rodenticides							
anti-coagulants :	1 st G	warfarine, coumatétralyl, chlorophacinone, etc.	**		*		
	2 nd G	brodifacoum, bromadiolone, difenacoum, flocoumafen, etc.	* (idem – pas seulement cacao)	Soumis aux BPE	*	*	*
	Inorganique :	phosphure de zinc, etc.			*		
Herbicides							
	Ø	MSMA	*				
IA unique	2	metsulfuron-méthyl	*				
	2	triasulfuron			*		
	4	MCPA				*	
	4	triclopyr butoxyéthyle ester	*				
	5	diuron	*			*	
	9	glyphosate-isopropylammonium	*	*	*	*	*
	9	glyphosate-potassium	*		*		
	10	glufosinate-ammonium	*		*	*	
	14	oxyfluorfen			*		
	22	diquat (dibromure)				*	
	22	paraquat (dichlorure)			*	*	
En mélange	4	2,4-D amines	*		*		
	9	sels de glyphosate	**		*		
	4	triclopyr butoxyéthyle ester			*		
	5	Terbuthylazine	*				
	14	Flumioxazine	*				
Total produits			>180 **	1	36		Aucun hom.
dont mélanges			-	-	6	-	-
Notes, produits principaux		** aucun homologué pour le cacao, mais utilisation pour « Toutes Cultures » ☞ « Plantations » – dominé par le glyphosate			produits à base de glyphosate : 20 ; paraquat : 6	emploi courant de produits au Paraquat	hors cacao : « Cultures diverses »

* Produit de santé publique : non homologué pour le cacao



ANNEXE 4

Listes de pesticides

A Listes des pesticides stratégiques / substances actives homologuées en cacaoculture

Ces IA sont conformes aux critères décrits dans la section 9.2

mis à jour : 29/10/2022

(i) pourritures noires

Ingrédients actifs	Groupe MdA	Statut UE	LMR UE	LMR JP
bénalaxyl M (isomère seulement)	A1	Y *	0,05	(0,01)
métalaxyl (non résolu)	A1	Y μ *	0,1	0,2§
métalaxyl-M (mefenoxam)	A1	Y μ	0,1	0,2§
Strobilurines autorisées, dont :				
azoxystrobine	C3	Y	0,05	(0,01)
pyraclostrobine	C3	Y	0,1	
amétoctradine (Ω)	C8	Y	0,05	
pyriméthanil	D1	Y	0,05	
diméthomorphe (DMM)	F5	Y	0,05	(0,01)
mandipropamide	F5	Y	0,06	0,06

(ii) insectes

Ingrédients actifs	Groupe MdA	Statut UE	LMR UE	LMR JP
En pulvérisation (contre mirides, CPB)				
OP et pyréthroïdes autorisés, dont :				
malathion	1B	Y	0,02	
pirimiphos méthyl	1B	Y **ε	0,05	0,05
cyperméthrine - isomères (non α) β	3	Y *	0,1	
deltaméthrine β	3	Y	0,05	0,05 δ
lambda-cyhalothrine β	3	Y *	0,05	0,01
Modulateurs nAChR autorisés :				
acétamipride			0,1	(0,01)
sulfoxaflor	4C	Y	0,05	0,05
émamectine benzoate	6	Y	0,02	
spirotétramate	23	Y	0,1	
chlorantraniliprole (CTPR)	28	Y	0,1	0,08§

(iii) mauvaises herbes et souches

Ingrédients actifs	Groupe MdA	Statut UE	LMR UE	LMR JP
triclopyr δ	O	Y	0,1	0,03
sels de glyphosate	G	Y	0,1	0,2

ANNEXE 4

(Suite)

(iv) parasites des stocks, etc,

Ingrédients actifs	Groupe MdA	Statut UE	LMR UE	LMR JP
phosphure d'aluminium ***	24	Y	0,05	(0,01)
phosphure de magnésium ***	24	Y	0,05	(PH ₃ : phosphine)
fluorure de sulfuryle	8	Y	0,02	(ion fluoride)
pyréthrines (pyrèthre) pour brumis	3	Y	0,5	(0,01)
pyréthroïdes (traitement sacs, etc.)	3	si Y ci-dessus et homologué		
Rodenticides homologués ***	(anticoagulants – voir liste B et texte)			

● B Composés à utiliser avec PRUDENCE (durée limitée, marchés restreints, etc.)

Les IA suivants :

- ont des LMR autorisées sur certains marchés, mais pas sur d'autres, et/ou ...
- peuvent être homologués dans au moins un grand pays producteur de cacao
- peuvent faire l'objet de LMR **provisoires** (LMRp) et seront probablement retirés dans les années à venir, mais ...
- ont présenté une efficacité démontrée dans au moins un pays producteur de cacao de la région
- n'appartiennent pas à la classe de toxicité I de l'OMS/EPA

(i) diseases

Ingrédients actifs	Groupe MdA	Statut UE	LMR UE	LMR JP
clorothalonil δ	M5	N	0,05	0,05

(ii) insects

Ingrédients actifs	Groupe MdA	Statut UE	LMR UE	LMR JP
fénobucarbe (BPMC)	1A	N * \emptyset	(0,01)	0,02
MIPC, isoprocarbe	1A	N * \emptyset	(0,01)	0,02
diazinon	1B	N	0,02	
diméthoate	1B	N	0,05	0,01
fenitrothion	1B	N *	0,05	
chlorpyrifos (éthyle) β	1B	N	0,01	0,01
bifenthrine	3	N	0,1	0,1 [§]
beta-cyfluthrine β, T	3	N	0,1	0,1
clothianidine χ			0,02	0,02 [§]
Imidaclopride	4A	N	0,05	0,05 [§]
thiaméthoxame	4A	N	0,02	0,02 [§]
thiaclopride			0,05	
novaluron π			(0,01)	(0,01)
pymétrozine	9B	N	0,1	
teflubenzuron π	15	N	0,05	0,02
Particulièrement utile pour la lutte contre les termites				
fipronil γ, β	2	N	0.005 γ	0,01

ANNEXE 4

(Suite)

(iii) mauvaises herbes

Ingrédients actifs	Groupe MdA	Statut UE	LMR UE	LMR JP
2,4-D sel de diméthylamine	O	Y *	0,1	0,01
picloram	O	Y	0,01 (T)	(0,01)
paraquat, diquat δ	D	N	0,05 (T)	0,05

(iv) stored produce etc.

Fumigants ***	Groupe MdA	Statut UE	LMR UE	LMR JP
Bromure de méthyle μ	8A	N	0,01	∅ US:
(ion de bromure inorganique)			70,0	50,0
Rodenticides ***	(anticoagulant – voir texte)			
brodifacoum,	3	N	(0,01)	(0,01)
bromadiolone, difenacoum	8A	N	(0,01)	(0,01)
warfarine (coumaphène)	24	N	(0,01)	(0,01)

Légende

- * Des taux de résidus élevés ont été détectés dans des produits importés dans l'UE et/ou au Japon (** : >10 cas depuis 2008)
- *** Forte toxicité pour les mammifères : usage réservé au personnel qualifié
- § Doit être testé au Japon après retrait de la coque (tégument) ; LMR du Japon entre parenthèses supposées par défaut.
- M Moratoire actuel dans l'UE en raison des soupçons de toxicité pour les abeilles
- α Pas de LMR établies au Japon et cuivre exempt aux Etats-Unis
- μ Le métalaxyl comprend les mélanges de tous les isomères, y compris métalaxyl-M (somme des isomères)
- β Homologué (largement utilisé) pour la lutte contre le foreur de cabosses en Indonésie
- ξ Néonicotinoïde cyano-substitué
- δ Inclut deltaméthrine et tralométhrine (total)
- π Généralement vendu sous forme de mélange (coformulé avec un pyrèthroïde)
- σ Surtout pour le traitement des souches pour l'éradication du CSSVD

- β Le chlorpyrifos est interdit en Europe et sa persistance pose des risques de résidus significatifs. Homologué pour la lutte contre le foreur de cabosses en C. d'Ivoire et en Indonésie.
- T Classe de toxicité 1b de l'IA, mais encore homologué dans certaines juridictions
- Y Fipronil (somme fipronil + métabolites). Cinq sous-produits issus de la dégradation sont connus, en fonction du mode de dégradation : fipronil-sulfone, fipronil- sulfide, fipronil-desulfinyl, fipronil-amide et fipronil-detrifluoromethyl-sulfinyl. L'utilisation de fipronil en pulvérisation n'est pas autorisée dans l'UE ni aux USA et ce produit a généralement été permis uniquement pour des applications ciblées incluant son utilisation en appât, pour les traitements en sillon et sur les semences ; cependant, il a été homologué pour la pulvérisation contre le CPB (ci-dessus) et les mirides dans deux pays africains.
- ε L'emploi de pirimiphos-méthyle dans le cacao n'est plus préconisé par Syngenta. Tolérance zéro (LOD) pour cet IA en Australie.
- δ LMR USA : 0,05
- χ Le clothianidine semble peu utilisé en cacaoculture jusqu'à présent, mais pour l'analyse de résidus, consulter Naeun et al (2003)⁸³
- μ Restreint en vertu du Protocole de Montréal ; sera éliminé par l'EPA (d'ici à 2017)

ANNEXE 4

(Suite)

- π Généralement vendu sous forme de mélange (coformulé avec un pyréthroïde)
- ∅ P Pesticides utilisés en dehors de l'UE, mais pour lesquels des données de toxicologie et des LMR n'ont pas été communiquées pour inclusion dans l'Annexe III 396/2005/CE (ni par des Etats membres, sous forme de tolérances à l'importation, ni par des tiers pays). Ces composés peuvent avoir une application claire hors d'Europe (p. ex., fénobucarbe, largement employé contre les ravageurs hémiptères du riz en Asie et également appliqué au cacao dans certains pays).

C Pesticides À NE PAS UTILISER en cacaoculture

Ingrédients actifs	Groupe MdA	LMR, statut UE ¹ et remarques
<i>En pulvérisation (contre Mirids, CPB)</i>		
acéphate	1B	N
amitraz	19	N \hat{J}
aldrin	2	N Φ Classe 1
azinphos-méthyl	1B	N Classe 1
butocarboxine	1A	N
cabaryl	1A	N
carbofuran	1A	N Classe 1 en pulvérisation
carbosulfan	1A	N
cartap	4C	N
chlordané	2	N Φ
chlorpyrifos (méthyl)	1B	N
cyhalothrine (non résolu)	3	N α
cyhexatine (acaricide)	12B	N \hat{J}
DDT	3	N Φ (contrôle paludisme : avec IRS)
dichlorvos (DDVP)	1B	N Classe 1
dieldrin	2	N Φ Classe 1
dioxacarb	1A	N
endosulfan	2	N Φ (MRL 0.1 mg/kg) ** Classe 1
endrine	2	N Φ Classe 1
fenthion	1B	N
fenvalérate	3	N **
hexachlorocyclohexane (HCH) : tous isomères	2	N * Φ
y compris lindane (alias gamma BHC)		
isoprocarb (MIPC)	1A	N Φ
méthidathion	1B	N
méthyl-parathion (= parathion-méthyl)	1B	N * Classe 1
méthomyl	1A	Y β Classe 1
méthamidophos	1B	N
méthidathion	1B	N
monocrotophos	1B	N Classe 1

ANNEXE 4

(Suite)

Annexe 4c (suite)

nicotine	4B	N Classe 1
perméthrine	3	N
profenfos	1B	N *
promécarbe	1A	N Classe 1
propoxur	1A	N
terbufos	1B	N Classe 1
thiodicarbe	1A	N
triazophos	1B	N
tralométhrine	3	N
trichlorfon	1B	N

Herbicides

amétryne	C1	N
atrazine	C1	N*
chlorprophame	K2	Y*
fomesafène	E	N
MSMA (acide méthyle-arsenic)	Z	N
2,4,5-T	O	N J

Fongicides

bénomyle	B1	N Ø
captafol	M4	N J
hexaconazole	G1	N
pyrifénox	G1	N
triadimefon	G1	N
tridemorph	G2	N
zineb	M3	N

Traitement des fèves

alléthrine (esbiothrine)	3	N
bioresméthrine	3	N
dichlorure d'éthylène, ~ dibromide		N
fénitrothion	1B	N *
isoprocarbe (MIPC)	1A	N Ø
perméthrine	3	N **
resméthrine	3	N
tetraméthrine	3	N

Rodenticides

composés d'arsenic, ex. arsénite de sodium	Inorganique	N
Cyanides : calcium, hydrogène, sodium	Inorganique	N
fluoroacétate de sodium (1080)	inorganique	N Ø

- ¹ Composés non inclus à l'annexe 1 de 91/414/CEE et non jugés essentiels pour la production de cacao. Cependant, il convient de souligner que plusieurs de ces composés ont des LMR supérieures au niveau par défaut.
- * Hauts niveaux de résidus détectés dans des produits importés dans l'UE et au Japon (** : >10 cas depuis 2008).

Il est fortement conseillé aux cacaoculteurs de ne plus utiliser de produits contenant des IA listés ci-dessus. S'ils ont été utilisés dans le passé contre les nuisibles du cacao, il doit y avoir des produits de remplacement efficaces recommandés ; dans le cas contraire, veuillez l'indiquer à l'auteur.

Ils comprennent :

- Φ Tous les pesticides listés dans la Convention de Stockholm (polluants organiques persistants ou POP). De plus, les IA listés ci-dessus comprennent des composés comme : chlordécone (kepone), heptachlor, mirex, toxaphène, etc. (jamais observés en cacaoculture).
- Composés obsolètes et interdits (p. ex., promécarbe).
- α Remarque : le cas non résolu de la cyhalothrine ne figure pas à l'Annexe 1, mais l'isomère lambda-cyhalothrine (utilisé contre les mirides) est autorisé et homologué dans les pays producteurs de cacao. La gamma-cyhalothrine est en attente d'approbation.
- Ĵ Composés spécifiquement classés LOD pour le cacao au Japon.
- Ø Pesticides utilisés en dehors de l'UE, mais pour lesquels des données de toxicologie et des LMR n'ont pas été communiquées pour inclusion dans l'Annexe III 396/2005/CE (ni par des États membres, sous forme de tolérances à l'importation, ni par des tiers pays). Ces composés peuvent avoir une application claire hors d'Europe (p. ex., fénobucarbe, largement employé contre les ravageurs hémiptères du riz en Asie et également appliqué au cacao dans certains pays).
- β Également un produit de dégradation du thiodicarbe, non approuvé dans l'UE.
- δ Produit le composé de dégradation autorisé carbendazim.



ANNEXE 5

Site Internet d'organisations fournissant un complément d'information

CAOBISCO : Association des chocolatiers et biscuitiers européens	https://caobisco.eu/
CABI	http://www.cabi.org
CABI BioProtection Portal	https://www.cabi.org/publishing-products/bioprotection-portal/

Organismes de certification œuvrant en matière de traçabilité et de BPA en cacaoculture

The Fairtrade Foundation	http://www.fairtrade.net
The Rainforest Alliance	https://www.rainforest-alliance.org/
Codex Alimentarius	https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/en/
Normes officielles	https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/codex-texts/list-standards/en/
LMR des pesticides	https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/codex-texts/dbs/pestres/en/
Cocoa Merchants Association of America (CMAA)	http://www.cocoamerchants.com/
COLEACP (projet BPA en horticulture)	http://www.coleacp.org/
CropLife International	http://www.croplife.org/
Association européenne du cacao (ECA)	www.eurococoa.com

Commission européenne (Direction générale du développement et Direction générale de la santé et de la protection des consommateurs [DG SANCO])

Législation relative aux LMR dans l'UE	https://ec.europa.eu/food/plants/pesticides/maximum-residue-levels/eu-legislation-mrls_en
Législation de l'UE sur les produits phytopharmaceutiques (PPP)	https://ec.europa.eu/food/plants/pesticides/legislation-plant-protection-products-ppps_en
Procédures de CQ	https://www.eurl-pesticides.eu/library/docs/allcrl/AqcGuidance_Sanco_2000_3103.pdf
Initiative européenne en faveur du développement durable de l'agriculture (EISA)	https://leaf-eisa.frb.io/
Organisation européenne et méditerranéenne pour la protection des plantes (OEPP)	https://www.eppo.int/
Extension Toxicology Network, profils d'information pesticides	http://extoxnet.orst.edu/pips/ghindex.html
Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO)	http://www.fao.org/
Comprendre le Codex	http://www.fao.org/docrep/w9114e/W9114e04.htm
Forum mondial pour la recherche agricole (GFAR) : (renforcement des capacités nationales à adapter et transférer les connaissances : hébergé par la FAO)	https://www.gfar.net/
JMPR : monographies techniques	http://www.inchem.org/pages/jmpr.html
Federation of Cocoa Commerce (FCC)	http://www.cocoafederation.com/
Health & Safety Executive (Royaume-Uni – ex-PSD)	https://www.hse.gov.uk/pesticides/
Organisation internationale du cacao (ICCO)	http://www.icco.org/
International Union of Pure and Applied Chemistry Pesticide Properties Database, Hatfield, University of Hertfordshire	http://sitem.herts.ac.uk/aeru/iupac/
Centre international de recherche sur l'application des pesticides (IPARC)	http://www.dropdata.org

ANNEXE 5

(Suite)

Directives sur les parasites du cacao et la LAI	http://www.dropdata.org/cocoa/cocoa_prob.htm
Liste des LMR au Japon (mise à jour en 2018)	http://www.m5.ws001.squarestart.ne.jp/foundation/note_en.htm
Fonds commun de recherche sur le cacao (ECA & CAOBISCO)	https://jointcocoaresearchfund.eu/
Production biologique IFOAM	http://www.ifoam.org/
Mars Inc. (équipe chargée de la durabilité)	http://www.cocoasustainability.mars.com
Pesticide Action Network International	http://pan-international.org/
Exemples : analyses de résidus de pesticides (contrat) disponibles auprès de CEMAS, Royaume-Uni :	https://www.cemas.co.uk/services/agrochemical/agrochemical-residues/ http://www.vasci.umass.edu/outreach/umass pesticide laboratory

Comités d'action sur la résistance : liens utiles pour la classification en fonction du MdA et informations sur la résistance

Fongicides	http://www.frac.info
Insecticides	https://irac-online.org/
Herbicides	https://www.hracglobal.com/
Rodenticides	http://www.rrac.info/
USA: Food and Drug Administration (FDA) directives (2005) sur les résidus de pesticides	https://www.fda.gov/food/chemicals-metals-pesticides-food/pesticides
US Environmental Protection Agency (EPA) : Loi sur la protection de la qualité alimentaire (FQPA)	https://www.epa.gov/laws-regulations/summary-food-quality-protection-act
Organisation mondiale de la Santé (WHO)	http://www.who.int
Directives pour l'estimation de l'apport journalier en résidus de pesticides	https://www.who.int/foodsafety/publications/chem/en/pesticide_en.pdf



- ¹ Cornejo, et al. (2018) Population genomic analyses of the chocolate tree, *Theobroma cacao L.*, provide insights into its domestication process. *Nature Communications Biology* vol. 1: 167 <https://www.nature.com/articles/s42003-018-0168-6>
- ² CAOISCO/ECA/FCC Cocoa Beans: Chocolate and Cocoa Industry Quality Requirements. September 2015 (End, M.J. and Dand, R., Editors) https://www.cocoaquality.eu/data/Cocoa%20Beans%20Industry%20Quality%20Requirements%20Apr%202016_En.pdf
- ³ ICCO Quarterly Bulletin of Cocoa Statistics. Volume XLVII No.2, Cocoa Year 2020/21
- ⁴ Evans HC, Prior C (1987) Cocoa pod diseases: causal agents and control. *Outlook on Agriculture* 16: 35-41
- ⁵ Bailey BA, Ali SS, Akrofi AY, Meinhardt LW (2016). 'Phytophthora megakarya, a causal agent of black pod rot in Africa'. In Bailey BA & Meinhardt LW (Eds.) *Cocoa diseases: A history of old enemies and new encounters*. Springer, USA. pp.267-306.
- ⁶ Samuels GJ, Ismaiel A, Rosmana A, Junaid M, Guest D, McMahan P, Keane P, Purwantara A, Lambert S, Rodriguez-Carres M, Cubeta MA (2012) Vascular Streak Dieback of cacao in Southeast Asia and Melanesia: in planta detection of the pathogen and a new taxonomy. *Fungal Biology*, 116(1):11-23.
- ⁷ Hamilton D, Crossly S (Eds. 2004) *Pesticide residues in Food and drinking water: Human exposure and risks*. Wiley & Sons Ltd, Chichester, England, 363 pp.
- ⁸ IPCC (2021) IPCC Sixth Assessment Report. Climate Change 2021: The Physical Science Basis. <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/>
- ⁹ Schroth et al 2016
- ¹⁰ Urquhart G, Chomentowski W, Skole D, Barber C (NASA, 2001) http://earthobservatory.nasa.gov/Features/Deforestation/tropical_deforestation_2001.pdf (accessed 18/7/2014).
- ¹¹ NORC (2020) Assessing Progress in Reducing Child Labour in Cocoa Production in Cocoa Growing Areas of Côte d'Ivoire and Ghana. https://www.norc.org/PDFs/Cocoa%20Report/NORC%202020%20Cocoa%20Report_English.pdf
- ¹² NORC (2020) Assessment of Effectiveness of Cocoa Industry Interventions in Reducing Child Labor in Cocoa Growing Areas of Cote d'Ivoire and Ghana. Final Report: October 2020. https://www.worldcocoafoundation.org/wp-content/uploads/2020/10/WCF-Report_NORC_Final-10_17.pdf
- ¹³ Choudhary V, Bateman R, d'Alessandro S, Mann E (2011) Supply chain risk assessment: cocoa in Ghana. World Bank, Washington, USA. 53 pp. Link (accessed on 3/11/2014): <http://siteresources.worldbank.org/INTCOM-RISMAN/Resources/RapidAgriculturalSupplyChainRiskAssessmentConceptualFramework.pdf>
- ¹⁴ Meter A., Atkinson R.J. and Laliberte B. (2019). Cadmium in Cacao from Latin America and the Caribbean – A Review of Research and Potential Mitigation Solutions. Bioversity International, Rome, October 2019.
- ¹⁵ Anon. (5/7/2008) A balance of risk. *The Economist* 387 pp. 100-101.
- ¹⁶ http://www.pesticides.gov.uk/guidance/industries/pesticides/News/Collected-Updates/Information-Updates-2014/January/Regulation+_EC_No_1107_2009-progress_on_endocrine_disrupters_and_candidates_for+substitution_with_additional_data_in_"Agronomic_and_economic_impact_assessment_for_possible_human_health_and_ecotoxicology_criteria_for_endocrine_disrupting_substances."_The_Food_and_Environment_Research_Agency,_Sand_Hutton,_York_UK._June_2013
- ¹⁷ Health & Safety Executive (2021) Regulating pesticides in the UK after Brexit <https://www.hse.gov.uk/pesticides/brexit.htm> (accessed 2/7/2021)
- ¹⁸ Trewavas A (2001) Urban myths of organic farming. *Nature* 410: 409–410.
- ¹⁹ Beddington J (2010) Food security: contributions from science to a new and greener revolution *Philosophical Transactions of the Royal Society*, London B 365 no. 1537: 61-71
- ²⁰ Lima JS (1994) Copper balances in cocoa agrarian ecosystems: effects of differential use of cupric fungicides. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 48: 19-25.
- ²¹ Norgrove L (2007) Effects of different copper fungicide application rates upon earthworm activity and impacts on cocoa yield over four years. *European Journal of Soil Biology* 43: S303-S310
- ²² CropLife International (2017) Monograph 2: Catalogue of Pesticide Formulation Types (7th Edition) <https://croplife.org/wp-content/uploads/2017/04/Technical-Monograph-2-7th-Edition-Revised-March-2017.pdf> (accessed on 2/2/2022).

Bibliographie

(Suite)

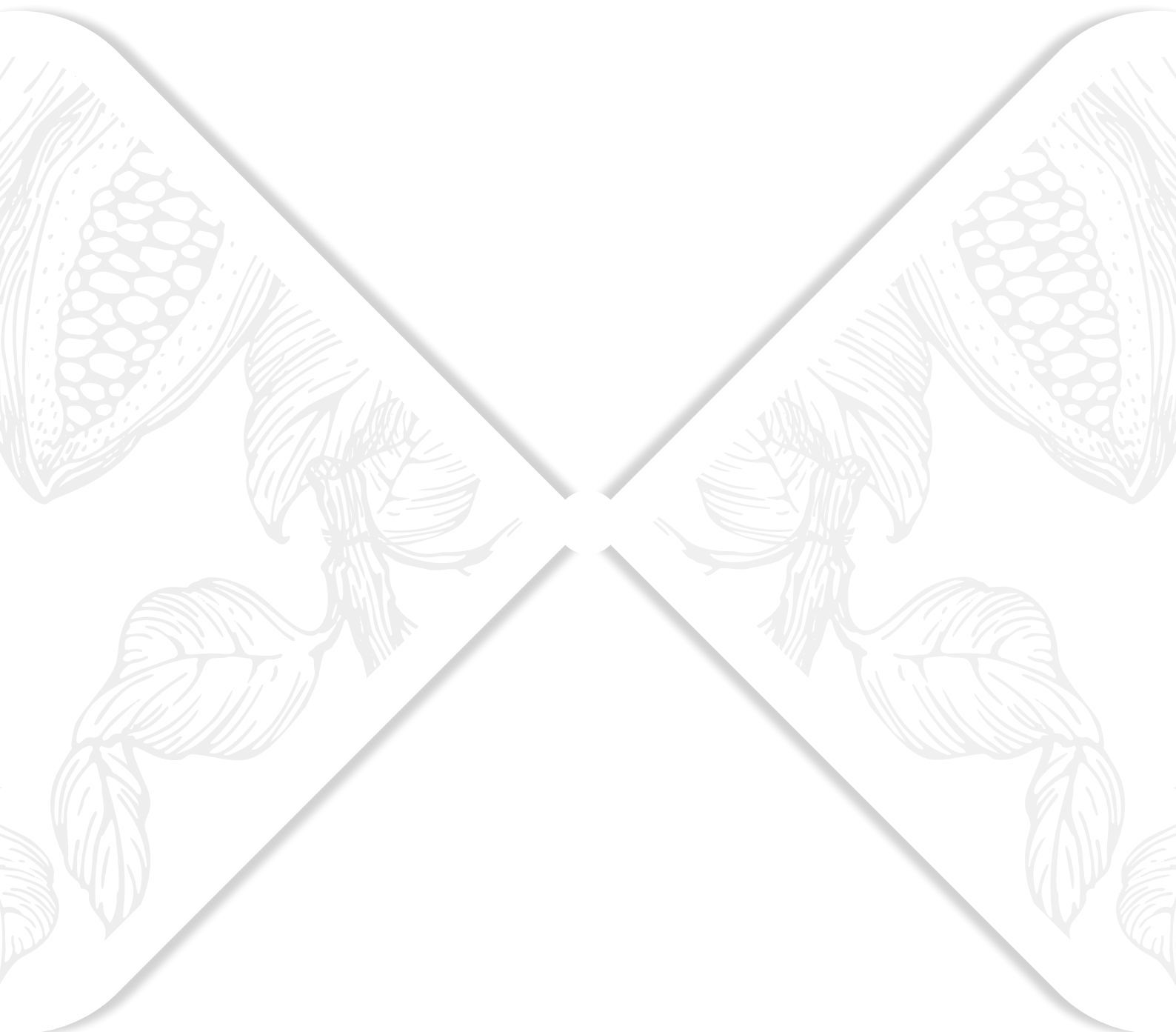
- 23** EC REACH (2006) http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/site/en/oj/2006/l_396/l_39620061230en00010849.pdf (accessed 2/11/2013).
- 24** Turner JA (2021) The Pesticide Manual 19th Ed. BCPC, Alton, UK; online: <https://www.bcpc.org/product/bcpc-online-pesticide-manual-latest-version>
- 25** Mackenzie Ross S, McManus IC, Harrison V, Mason O (2013) Neurobehavioral problems following low-level exposure to organophosphate pesticides: a systematic and meta-analytic review. *Critical Reviews in Toxicology* 43[1]: 21-44
- 26** Tingle CC, Rother JA, Dewhurst CF, Lauer S, King WJ. (2003) Fipronil: environmental fate, ecotoxicology, and human health concerns. *Rev Environ Contam Toxicol.*176:1-66.
- 27** Santoso D, Chaidamsari T, Wiryadiputra S, de Maagd RA (2004) Activity of *Bacillus thuringiensis* toxins against cocoa pod borer larvae. *Pest Management Science* 60 [8]: 735–738.
- 28** Kanissery R, Gairhe B, Kadyampakeni D, Batuman O, Alferez F (2019) Glyphosate: Its Environmental Persistence and Impact on Crop Health and Nutrition. *Plants (Basel)*. 8(11): 499. Published online doi: 10.3390/plants8110499.
- 29** Wood, G.A.R & Lass, R.A. (1987) *Cocoa* (4th edition), Longman, Scientific and Technical, Harlow, UK. 620 pp.
- 30** Blackie HM, JWB MacKay, WJ Allen, DHV Smith, B Barrett, BI Whyte, EC Murphy, J Ross, L Shapiro, S Ogilvie, S Sam, D MacMorran, S Inder, CT Eason (2014) Innovative developments for long-term mammalian pest control. *Pest Management Science* 70(3) 345–516
- 31** Lee CH (1997) Barn owl for field rat control in cocoa. *J. Tropical Agriculture and Food Science* 25[1]: 43–54.
- 32** Newton I, Wyllie I (2002) *Rodenticides in British Barn Owls (Tyto alba)*. Pp. 287-293 in I. Newton, R. Kavenagh, J. Olsen, and I. Taylor (eds.), *Ecology and conservation of owls*. CSIRO Publishing, Collingwood, Victoria, Australia.
- 33** Jäkel T, Khoprasert Y, Endepols S, Archer-Baumann C, Suasa-ard K, Promkerd P, Kliemt D, Boonsong P, Hongnark S. (1999) Biological control of rodents using *Sarcocystis singaporensis*. *International J. Parasitol.* 29(8):1321-30.
- 34** Dunn, JA (1963). Insecticide resistance in the cocoa caspid, *Distantiella theobroma* (Dist.), *Nature, (Lond)*, 199: 1207.
- 35** Entwistle, PF, Johnson, CG, Dunn, E. (1959) *Nature (Lond)* 184: 2040
- 36** Copping, L.G (2004) *The Manual of Biocontrol Agents 3rd Edition* British Crop Protection Council.
- 37** Eilenberg, J, Hajek, A, Lomer, C. (2001) Suggestions for unifying the terminology in biological control. *BioControl*, 46 387-400.
- 38** Medeiros FHV, Pomella AWV, de Souza JT, Niella GR, Valle R, Bateman RP, Fravel D, Vinyard B, Hebbar PK (2010) A novel, integrated method for management of witches' broom disease in Cacao in Bahia, Brazil. *Crop Protection*, 29(7): 704–711.
- 39** Matthews GA. (2006) *Pesticides: Health, Safety and the Environment*. Blackwell Publishing Ltd., Oxford, 235 pp.
- 40** European Commission: Joint Research Centre (2016) Guidance document on the estimation of LOD and LOQ for measurements in the field of contaminants in feed and food. *Luxembourg: Publications Office*. doi:10.2787/8931. ISBN 9789279617683.
- 41** Bateman R (2003) Rational pesticide use: Spatially and temporally targeted application of specific products. In *Optimising Pesticide Use*. Ed. Wilson, M F (2003) Pub. Wiley.
- 42** Described in: Graham Bryce, I (1977) *Philosophical Transactions of the Royal Society, London B*, 281: 163-179.
- 43** Matthews GA, Bateman RP, Miller PCH (2014) *Pesticide Application Methods* (Fourth Edition). Wiley, UK.
- 44** Winteringham' work quoted in: Graham-Bryce IJ (1977). Crop protection: a consideration of the effectiveness and disadvantages of current methods and of the scope for improvement. *Philosophical Transactions of the Royal Society, London B*, 281: 163-179.
- 45** FAO (2001) *Guidelines on minimum requirements for agricultural pesticide application equipment*. Vol. 1: portable (operator-carried) sprayers. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome <http://www.fao.org/docrep/006/y2765e/y2765e00.HTM> (accessed 11/11/2013)
- 46** FAO (2001) *Guidelines on minimum requirements for agricultural pesticide application equipment*. *Ibid*.
- 47** Bateman RP, Dobson H, Matthews GA, Thornhill EW (2010) From the BCPC classification to smallholder farmers: spreading the message that 'nozzles matter'. *Aspects of Applied Biology*, 99: 185-190.

Bibliographie

(Suite)

- 48** Bateman RP (2004) The use of narrow-angle cone nozzles to spray cocoa pods and other slender biological targets. *Crop Protection*. 23: 989 – 999.
- 49** Bateman RP, Jessop NH (2008). Motorised mistblowers: their performance and rationale in developing countries. *Aspects of Applied Biology*, 84: 217-222
- 50** Jessop NH, Awudzi G, Bateman RP (2010). How best to spray cocoa with motorised mistblowers? *Aspects of Applied Biology*, 99: 191-196.
- 51** Collins A: *the Guardian*, 27 Dec 2021 *Some Covid masks are better than others. I know – I'm the Mask Nerd* [<https://www.theguardian.com/commentisfree/2021/dec/27/best-masks-covid-tests-cloth-surgical-respirators>]
- 52** Abankwah V, Aidoo R, Osei RK (2010) Socio-Economic Impact of Government Spraying Programme on Cocoa Farmers in Ghana. https://www.researchgate.net/publication/296494584_Socioeconomic_impact_of_government_spraying_programme_on_cocoa_farmers_in_Ghana
136
- 53** Adu-Acheampong R, Jiggins J, van Huis A, Cudjoe AR, Johnson V, Sakyi-Dawson O, Ofori-Frimpong K, Osei-Fosu P, Tei-Quartey E, Jonfia-Essien W, Owusu-Manu M, Addo MSNK, Afari-Mintah C, Amuzu M, Eku-X NN, Quarshie ETN (2014) The cocoa mirid (Hemiptera: Miridae) problem: evidence to support new recommendations on the timing of insecticide application on cocoa in Ghana. *International Journal of Tropical Insect Science*, 34 (1): [<https://www.cambridge.org/core/journals/international-journal-of-tropical-insect-science/article/abs/cocoa-mirid-hemiptera-miridae-problem-evidence-to-support-new-recommendations-on-the-timing-of-insecticide-application-on-cocoa-in-ghana/>]
- 54** CropLife International Case Study: Spray Service Providers Active in Cocoa in Nigeria https://croplife.org/wp-content/uploads/pdf_files/Spray-Service-Providers-Active-in-Cocoa-in-Nigeria.pdf (accessed 15 April 2022)
- 55** Amon-Armah F, Baah F, Owusu-Ansah F, Adu-Acheampong R, Awudzi GK (2020): Farmers' knowledge of major insect pests and their occurrence in cocoa plantations in Ghana, *International Journal of Pest Management*, DOI:10.1080/09670874.2020.1842551
- 56** Akrofi AI, Appiah AA, Opoku IY (2003) Management of *Phytophthora* pod rot disease on cocoa farms in Ghana. *Crop Protection* 22:469-477.
- 57** Bailey BA, Ali SS, Akrofi AY, Meinhardt LW (2016). *Phytophthora megakarya*, a Causal Agent of Black Pod Rot in Africa. In: Bailey, B., Meinhardt, L. (eds) *Cacao Diseases*. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-24789-2_8
- 58** Ameyaw GA (2019) Management of the Cocoa Swollen Shoot Virus (CSSV) Menace in Ghana: The Past, Present and the Future. In: *Plant Diseases*. Ed. Snježana Topolovec-Pintari, DOI: 10.5772/intechopen.87009. <https://www.intechopen.com/chapters/68225>
- 59** Bateman, R P, Hidalgo E, García J, Arroyo C, Ten Hoopen MG, Adonijah V, Krauss U. (2005) Application of chemical and biological agents for the management of frosty pod rot (*Moniliophthora roreri*) in Costa Rican cocoa (*Theobroma cacao*). *Annals of Applied Biology*, 147: 129-138.
- 60** Laker HA. (1991). Evaluation of systemic fungicides for control of witches' broom disease of cocoa in Trinidad. *Tropical Agriculture* 68:119-124.
- 61** Durango WDC (2001) Evaluacion de Fungicidas y Biocontroladores en el Manejo de Enfermedades de la Mazorca de Cacao. *Ingeniero Agrónomo thesis*: University of Guayaquil, Ecuador.
- 62** Crozier J, Arroyo C, Morales H, Melnick RL, Strem MD, Vinyard BT, Collins R, Holmes KA and Bailey BA (2015) The influence of formulation on *Trichoderma* biological activity and frosty pod rot management in *Theobroma cacao*. *Plant Pathology*, 64 (6), 1385-1395 Doi: 10.1111/ppa.12383
- 63** Entwistle PF (1972) *Pests of Cocoa*. Longman, London. 779 pp.
- 64** Sarfo JE (2013) Behavioural responses of cocoa mirids, *Sahlbergella singularis* Hagl and *Distantiella theobroma* Dist. (Heteroptera: Miridae), to sex pheromones. PhD thesis, University of Greenwich, 292 pp.
- 65** Adu-Acheampong R, Sarfo JE, Appiah EF, Nkansah A, Awudzi G, Obeng E, Tagbor P, Sem R (2015) Strategy for Insect Pest Control in Cocoa. *American Journal of Experimental Agriculture*. 6(6): 416-423.
- 66** Gerald BM (1965) *Bathycoelia thalassina* (Herrich-Schaeffer), (Hemiptera: Pentatomidae); a Pest of *Theobroma cacao* L. *Nature* 207, 881.
- 67** Mumford JD, Ho HS (1988) *Cocoa Growers, Bulletin*, No. 40, pp. 19-29.

- 68** Malaysian Cocoa Board (2013) Cocoa Planting Manua: Sustainable Cocoa. 107-112.
- 69** Bateman RP, et al. (2006) Screening, selection and application of chemical and biological control agents for the management of pod borer (*Conopomorpha cramerella*) and other cocoa pests in Indonesia. COPAL Proceedings, Costa Rica, October 2006.
- 70** Day RK, Mumford JD, Ho HS (1995) *Bulletin of Entomological Research* 85(1): 45-52.
- 71** Avicor SW, Adu-Acheampong, Awudzi GK (2022) Outbreak and Insecticide Susceptibility of Pod Feeding-larvae on Cocoa in Ghana. *Tropical Agricultural Science*, 45(1): 55-73. DOI: 10.47836/pjtas.45.104
- 72** Campbell C, Beilhe LB (2021) Cocoa Fruit Borer In: Technical Guidelines for the Safe Movement of Cacao Germplasm. Revised from the FAO/IPGRI Technical Guidelines No. 20 (Fourth Update, 2021) Eds End MJ, Daymond AJ, Hadley P. Global Cacao Genetic Resources Network (CacaoNet), Bioersivity International, Rome, Italy.
- 73** Cabezas OE, J.L. Gil JL, Gómez R, Dávila C, Morón S, Ramírez C (2017) Phytosanitary status in the production of cocoa (*Theobroma cacao*) in the region of Huánuco (Peru): Increase in the impact of *Carmentia foraseminis* Eichlin. International Symposium on Cocoa Research (ISCR), Lima, Peru, 13-17 November 2017, 2018, pp unpaginated
- 74** Gabriel Cubillos (2013) Compañía Nacional de Chocolates, Manual del Perforador de la Mazorca del Cacao. <https://chocolates.com.co/wp-content/uploads/2020/06/manual-del-perforador-de-la-mazorca-del-cacao.pdf>
- 75** FAO: <http://www.fao.org/docrep/x0039e/X0039E00.htm> (accessed on 2/11/2013).
- 76** FCC (2007) <http://www.cocoafederation.com/membership/superintendentsschemefinal-english01.pdf>
- 77** Hinton HE, Corbet AS (1972) *Common insect pests of stored food products: a guide to their identification*. British Museum (Natural History), 62 pages
- 78** Hagstrum DW, Phillips TW, Cuperus G (2012) *Stored Product Protection*. Kansas State University: ISBN 978-0-9855003-0-6
- 79** Noppe H, Buckley S, Ruebsamen B (2012) Possibilities of Profume® gas fumigant for the commercial fumigation of stored cocoa beans in EU. In: Navarro S et al [Eds.] Proc 9th. Int. Conf. on Controlled Atmosphere and Fumigation in Stored Products, Antalya, Turkey. 15 – 19 October 2012, ARBER Professional Congress Services, Turkey pp: 379-383
- 80** Chaudry, MQ (2000) Phosphine resistance. *Pesticide Outlook*, 11: 88 - 91.
- 81** Anon. (19/4/2008) The new face of hunger. *The Economist* 387 (no 8576): 30-32.
- 82** FAO: <http://www.fao.org/agriculture/crops/thematic-sitemap/theme/pests/en/> (accessed on 2/11/2013).
- 83** Nauen R, Ebbinghaus-Kintscher U, Salgado VL, Kausmann M (2003) Thiamethoxam is a neonicotinoid precursor converted to clothianidin in insects and plants. *Pesticide Biochemistry and Physiology* 76: 55-69.



UTILISATION DES PESTICIDES DANS LA FILIÈRE DU CACAO

Guide Pratique - Quatrième Edition, 2023

Roy Bateman (Dr) ; Jayne Crozier (Dr)

www.eurococoa.com

jointcocoaresearchfund.eu

www.icco.org

