ÉTUDE DE LA FAISABILITÉ TECHNIQUE DU MARQUAGE DES MUNITIONS DE PETIT CALIBRE

SARAH GRAND-CLÉMENT ET ROBERT KONDOR



UNIDIR UNITED NATIONS INSTITUTE FOR DISARMAMENT RESEARCH

À PROPOS DE L'UNIDIR

L'Institut des Nations Unies pour la recherche sur le désarmement (UNIDIR), organisme autonome au sein des Nations Unies, mène des recherches sur le désarmement et la sécurité. L'UNIDIR est basé à Genève, en Suisse, lieu de négociations bilatérales et multilatérales sur le désarmement et la non-prolifération, et siège de la Conférence du désarmement. L'Institut travaille sur les questions d'actualité relatives à une variété d'armements existants et potentiels, ainsi que sur la diplomatie mondiale et les tensions et conflits locaux. L'UNIDIR agit comme une passerelle entre la communauté des chercheurs et les gouvernements. Depuis 1980, l'Institut collabore avec des chercheurs, des diplomates, des responsables gouvernementaux, des ONG et d'autres institutions. Les activités de l'Institut sont financées par les contributions des gouvernements et des fondations donatrices.

REMERCIEMENTS

Toutes les activités de l'Institut reposent sur le soutien des principaux bailleurs de fonds de l'UNIDIR. Ce domaine de recherche du programme sur les armes et munitions conventionnelles est soutenu par le gouvernement allemand.

Les auteurs souhaitent remercier les experts interrogés qui ont apporté une contribution précieuse au cours de la recherche : Marcus Vinicius Da Silva Dantas, Stefan Feller, Rodolfo Gamboa, Bruno Langeani, Bruce Lewis, Carlos Martínez, Natalia Pollachi, Emma Randriamiaramanana, Jonathan Rickell, Cristian Talle, Andreas Weder et Karl Weiss, ainsi que les nombreux autres experts qui ont souhaité rester anonymes. Les auteurs remercient également les experts qui ont révisé le rapport : James Bevan, André Desmarais, Nicolas Florquin, Laurentius Wedeniwski, Paul Holtom, Giacomo Persi Paoli et Theò Bajon.

RÉFÉRENCE

Grand-Clément, Sarah & Robert Kondor (2022) "Ammunition Marking: Exploring the Technical Feasibility of Marking Small Calibre Ammunition."

REMARQUES

Les appellations employées dans cette publication et la présentation des données qui y figurent n'impliquent de la part du Secrétariat des Nations Unies aucune prise de position quant au statut juridique des pays, territoires, villes ou zones, ou de leurs autorités, ni quant au tracé de leurs frontières ou limites. Les opinions exprimées dans la publication relèvent de la seule responsabilité des auteurs individuels. Ils ne reflètent pas nécessairement les vues ou les opinions des Nations Unies, de l'UNIDIR, de son personnel ou de ses sponsors.

www.unidir.org | © UNIDIR 2022

Photo de couverture : © https://www.pexels.com/ Tima Miroshnichenko

TABLE DES MATIÈRES

À PROPOS DE L'UNIDIR ii

REMERCIEMENTS ii

RÉFÉRENCE ii

REMARQUES ii

À PROPOS DES AUTEURS iv

À PROPOS DE L'ÉQUIPE DE RECHERCHE v

RÉSUMÉ 1

TERMES CLÉS 3

1. INTRODUCTION 4

2. MÉTHODES DE MARQUAGE DES MUNITIONS 8

2.1 ESTAMPAGE 8

2.1.1 LE MARQUAGE ET LA MÉTHODE 8

2.1.2 COÛTS 9

2.1.3 ÉVALUATION 9

2.2 MARQUAGE AU LASER 10

2.2.1 LE MARQUAGE ET LA MÉTHODE 10

2.2.2 COÛTS 12

2.2.3 ÉVALUATION 13

2.3 TRACEURS CHIMIQUES 14

2.3.1 LE MARQUAGE ET LA MÉTHODE 14

2.3.2 COÛTS 15

2.3.3 ÉVALUATION 15

CONCLUSION 17

LISTE DE RÉFÉRENCES 21

ANNEXE : ENTRETIENS DE RECHERCHE 23

À PROPOS DES AUTEURS



SARAH GRAND-CLÉMENT est chercheuse au sein du programme sur les armes et munitions conventionnelles et du programme sur la sécurité et la technologie de l'UNIDIR. Elle coordonne le groupe de travail sur la technologie et la maîtrise des armements conventionnels. Parmi ses domaines d'expertise citons la sécurité internationale, les technologies nouvelles et émergentes et leur impact sur la défense et la sécurité, le contre-terrorisme et les méthodologies de l'avenir, en particulier l'analyse de l'horizon, les jeux sérieux et les scénarios futurs. Avant de rejoindre l'UNIDIR, Sarah était analyste principale à RAND Europe, où elle menait des recherches sur les politiques de défense et de sécurité. Elle est titulaire d'un master en études du monde arabe de l'université de Durham et d'une licence en relations internationales de l'université de Sussex, tous deux au Royaume-Uni.

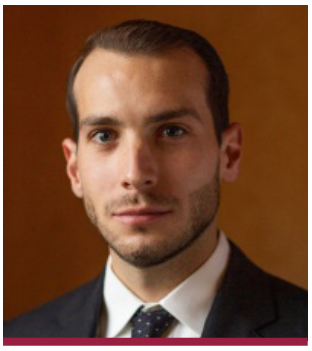


ROBERT KONDOR est un consultant indépendant en recherche technique et politique, collaborant depuis de nombreuses années avec l'industrie. Il a participé par le passé à des processus visant à introduire des applications technologiques pour accroître la sûreté et la sécurité dans les pratiques industrielles, améliorant ainsi la communication et la coordination entre l'industrie et les autorités internationales de contrôle des exportations. En 2020-2021, il fut membre d'un groupe de travail d'experts internationaux pour l'Union européenne (UE) sur le développement d'un système de validation de la gestion des armes et des munitions (AAMVS) internationalement reconnu permettant une validation et une certification indépendantes du respect par les États de normes internationales ouvertes. Associé aux cinq premières conférences des États parties au traité sur le commerce des armes, il a également participé à plusieurs séminaires, événements et groupes de travail internationaux sur des initiatives de contrôle des armes et des munitions. Il est titulaire d'un diplôme d'ingénieur civil et parle couramment l'allemand, l'anglais et l'espagnol.

À PROPOS DE L'ÉQUIPE DE RECHERCHE



MANUEL MARTÍNEZ MIRALLES est l'agent de liaison de l'UNIDIR à New York et chercheur au sein du programme sur les armes et munitions conventionnelles. À ce titre, Manuel soutient le travail de l'UNIDIR en augmentant la visibilité et l'impact de l'Institut, en créant des réseaux et des partenariats, et en contribuant à l'identification de nouvelles opportunités et ressources. Il coordonne également le portefeuille de la prévention des conflits armés et de la violence armée avec le programme sur les armes et munitions conventionnelles et dirige le soutien de l'UNIDIR au processus multilatéral sur les munitions conventionnelles, notamment le dernier Groupe d'experts gouvernementaux de 2020-2021 et le groupe de travail à composition non limitée de 2022-2023. Manuel contribue également à la recherche appliquée de l'UNIDIR dans les domaines de la gestion des armes et des munitions et du profilage des munitions dans différentes régions. Avant de rejoindre l'UNIDIR, Manuel a travaillé pendant plusieurs années sur les questions de paix et de désarmement au Centre régional des Nations Unies pour la paix, le désarmement et le développement en Amérique latine (UNLIREC). Il est titulaire d'une maîtrise en administration publique de l'Institut d'études internationales de Monterey.



ALFREDO MALARET BALDO est chercheur au sein du programme sur les armes et munitions conventionnelles de l'UNIDIR. Il coordonne le portefeuille de recherchesur la violence urbaine. Alfredo est spécialisé dans l'analyse des politiques publiques et les liens entre les efforts de sécurité et de développement. Il a rejoint l'UNIDIR après avoir travaillé pour l'Institut international de recherche sur la paix de Stockholm, l'UNLIREC et l'ambassadeur américain aujourd'hui à la retraite, Dennis Jett. Il est titulaire d'une licence en sciences politiques et d'une maîtrise en affaires publiques de l'Université Brown et en affaires internationales et développement économique de l'Université Pennsylvania State, aux États-Unis.



L'ONUCI MÈNE UNE OPÉRATION DE DÉSARMEMENT À ABIDJAN

Un ex-combattant exhibe des munitions à Attécoubé, Abidjan, Côte d'Ivoire. Il fait partie des personnes qui ont participé à une opération de désarmement, démobilisation et réintégration (DDR) menée dans la région par la mission de l'ONU, l'ONUCI

Photo ONU. Abidjan, Côte d'Ivoire.
www.unmultimedia.org/photo

RÉSUMÉ

Si l'emballage des munitions affiche parfois des informations sur celles-ci, comme le fabricant, le client, le numéro de lot spécifique, l'année et le lieu de production, etc., les munitions individuelles de petit calibre ne contiennent généralement qu'une fraction de ces informations. Autrement dit, une fois que les munitions sont déballées et distribuées, les détails spécifiques qui pourraient permettre l'identification et le traçage des munitions individuelles sont perdus.

Le marquage des munitions de petit calibre avec des informations pertinentes suffisantes, à savoir le calibre, le fabricant, le pays importateur, l'année de fabrication et le numéro de lot ou de série spécifique, ainsi qu'une tenue des registres précise et à long terme, peuvent contribuer à améliorer l'identification et le traçage des munitions récupérées et à identifier les éventuels points de détournement, dans la mesure où ces marquages peuvent faciliter les enquêtes criminelles sur la violence armée ou aider à déterminer l'efficacité des embargos sur les armes, réduisant de fait les pertes en vies humaines.

Ce rapport explore trois technologies de marquage différentes : l'estampage, le marquage au laser et les traceurs chimiques. Il vise à déterminer les méthodes disponibles pour marquer les munitions de petit calibre avec des informations d'identification suffisantes afin de permettre leur identification, leur profilage et leur traçage. Cette recherche entend renseigner les processus relatifs aux munitions qui sont engagés sous les auspices des Nations Unies, tels que le prochain groupe de travail à composition non limitée sur les munitions conventionnelles, et contribuer à la mise en œuvre des résultats de ces processus. Le présent rapport entend également informer les mécanismes nationaux et la législation sur l'importance et la faisabilité du marquage des munitions.

Le tableau ci-dessous présente une comparaison de ces différentes méthodes de marquage. Notons également que ces différents marquages peuvent être combinés et utilisés ensemble sur une même munition. Le double ou triple marquage peut donc aider à surmonter les difficultés inhérentes aux méthodes individuelles.

Comparaison des méthodes de marquage

	Estampage	Marquage au laser	Traceurs chimiques
Durabilité et possibilité de récupération du marquage	Durable et récupérable	Durable et récupérable	Les tests attestent de la durabilité, mais les données concernant l'utilisation à long terme restent limitées
Équipement et procédures[1]	Les équipements et les procédures sont pour la plupart déjà déployés, l'estampage étant la méthode de marquage traditionnelle et la plus courante	Les équipements et les procédures sont déjà déployés dans des usines ou des entreprises sélectionnées ayant spécifiquement choisi d'utiliser cette méthode	La portée des équipements et des procédures reste limitée, cette méthode étant à l'état de projet pilote
Volume des informations incluses dans le marquage	En fonction des informations à inclure, l'espace peut être limité	Des quantités substantielles d'informations peuvent être incluses	Des quantités substantielles d'informations peuvent être incluses
Capacité à marquer tout au long du cycle de vie d'une munition	Seulement au début de la phase de production d'une munition	À différents stades du processus de production et de post-production selon le lieu de marquage[2]	Peut être appliqué à tout moment du processus de production, y compris en post-production, mais est plus facile à réaliser au stade de la production

Ces résultats permettent de conclure que :

- Bien que chaque méthode de marquage présente ses propres avantages et difficultés, le marquage des munitions de petit calibre avec des informations suffisamment détaillées pour faciliter le profilage et le traçage et prévenir et combattre le détournement est techniquement réalisable. Par ailleurs, les coûts associés ne sont pas non plus rédhibitoires sachant que certains des pays qui ont actuellement introduit ou cherchent à introduire le marquage des munitions sont des pays à faible revenu.
- Un accord sur des exigences minimales normalisées en matière de marquage des munitions est nécessaire pour compenser le fait qu'il n'existe actuellement aucune norme universelle indiquant les informations que les munitions de petit calibre doivent porter.
- Les législateurs et les responsables politiques sont appelés à jouer un rôle clé en exigeant que les munitions de petit calibre soient marquées et avec quel type d'informations ainsi qu'en veillant à ce que les industriels suivent le mouvement.
- Les coûts du marquage des munitions sont spécifiques au contexte et sont influencés par un certain nombre de facteurs, notamment la reconception du processus de fabrication, les besoins en formation, le taux et le volume de production, la taille des lots à marquer, les décisions telles que le marquage ou non des munitions individuelles avec un identifiant unique, et les exigences spécifiques en matière de tenue de registres.
- La collecte et l'enregistrement de données des marquages des munitions sont essentiels, quelles que soient les méthodes de marquage utilisées, car ces données peuvent contribuer à leur traçage et à leur identification.

1 Il s'agit de l'équipement nécessaire pour effectuer le marquage et de la mesure dans laquelle la méthode est intégrée au processus de production/post-production, et non de la facilité d'application de la méthode.

2 Plus efficace pour les grands volumes de munitions lorsqu'il est intégré au processus de production ou de post-production avant le conditionnement.

TERMES CLÉS

Ce rapport est consacré aux munitions pour armes légères, également appelées munitions de petit calibre. La définition des munitions de petit calibre suit celle du manuel de l'UNIDIR intitulé Profiling Small Arms Ammunition in Armed Violence Settings (Profilage des munitions pour armes légères dans les contextes de violence armée) : « les munitions conçues pour être tirées par des armes à feu à canon rayé jusqu'à un diamètre d'alésage de 14,5 mm et les cartouches conçues pour être utilisées dans des armes à canon lisse jusqu'au calibre 10 (19,7 mm) ».[3] Parmi les types d'armes qui tirent des munitions de petit calibre figurent les revolvers et les pistolets à chargement automatique, les mitraillettes, les fusils de chasse, les carabines, les fusils d'assaut et les carabines, les mitrailleuses légères, moyennes et lourdes et les fusils anti-matériel.

3 Malaret Baldo et Martinez Miralles (2020, 17).

1. INTRODUCTION

En raison de leur disponibilité et de leur facilité d'utilisation, les armes légères jouent un rôle déterminant dans « l'apparition, la gravité et la durée » de la violence armée et des conflits armés.[4] Leur utilisation cause la mort ou la blessure de milliers de personnes dans le monde chaque année.[5] Elles produisent également des effets secondaires néfastes, notamment le non-respect des droits humains, freinent le développement et la croissance économique, tout en exposant les femmes et les filles à un risque accru de violence sexuelle et sexiste.[6] Les munitions sont intrinsèquement liées à l'utilisation des armes légères et à leurs impacts. Comme le souligne le Réseau d'action international sur les armes légères (RAIAL) : « les munitions transforment [les armes légères et de petit calibre] d'objets inopérants en armes mortelles pouvant être utilisées pour ôter des vies humaines et dévaster des communautés ».[7]

Comme le démontre le cadre d'analyse du détournement de l'UNIDIR, les munitions de petit calibre courent le risque d'être détournées à différents moments de leur vie, ce qui est aggravé par leur longue durée de conservation.[8] Des recherches récentes ont mis en évidence la longévité des munitions : sur un ensemble de données de plus de 800 munitions dont la date de fabrication est connue, « l'âge moyen des cartouches.... est de 33 ans ».[9] Plus particulièrement, une fois que les munitions sont déballées et distribuées, les détails spécifiques concernant ces munitions sont perdus.[10] Le détournement peut aboutir à l'utilisation de munitions par des utilisateurs non autorisés, tels que des groupes criminels, des forces insurgées et terroristes, et d'autres groupes armés non étatiques.[11] De même, les utilisateurs autorisés, dont les civils, peuvent employer des munitions à des fins illégales ou criminelles. Le marquage des munitions et/ou de leur emballage est une approche qui, lorsqu'elle est employée en conjonction avec une tenue précise des registres, peut contribuer au repérage des points de détournement et à l'identification des munitions récupérées afin de faciliter les enquêtes criminelles ou de déterminer l'efficacité des embargos sur les armes.

Encadré de discussion 1. Le problème potentiel des munitions rechargées

On entend par munitions rechargées l'utilisation des étuis (ou douilles) des munitions épuisées pour créer de nouvelles munitions. Le rechargement des munitions, et en particulier des munitions avec un identifiant unique, pourrait induire en erreur les efforts de traçage et incriminer un client qui ne soit pas responsable du détournement vers un utilisateur final illicite.[12] Tout en étant conscient de ce problème potentiel, les preuves disponibles suggèrent qu'une très petite quantité de munitions détournées est généralement rechargée.[13] Fait plus important encore, les experts légistes sont capables d'identifier les munitions rechargées.[14] Par conséquent, la pratique du rechargement des munitions ne représente pas un motif important justifiant le non-marquage des munitions de petit calibre.

4 Assemblée générale (2009, 8).
5 Actualités de l'ONU (2020).
6 OCDE (2005).
7 IANSA (2021, 1).
8 A. Malaret et al. (2021, 6).
9 Desmarais et al. (2022).
10 Entretiens avec les experts C, I, J et M.
11 Bureau des affaires de désarmement de l'Organisation des Nations Unies (2021).
12 Entretiens avec l'expert A ; Persi Paoli (2011).
13 Entretiens avec l'expert A.
14 Entretiens avec l'expert K.

Si le présent rapport n'a pas pour objet de préciser quelles informations spécifiques doivent figurer dans les marquages, ces données revêtent néanmoins une importance particulière. Pour autant, il n'existe pas de normes internationales sur les normes de marquage des munitions de petit calibre à des fins de traçage et de sécurité. La quantité minimale d'informations recommandée varie (voir encadré 2), même si, par exemple, parmi les informations pertinentes figurent le calibre, le fabricant, le pays importateur, l'année de fabrication et le numéro de lot ou de série (c'est-à-dire des identifiants uniques). L'année de fabrication présente un intérêt particulier car, au-delà de sa valeur à des fins de traçage, cette information peut également aider à mieux comprendre « la rapidité avec laquelle les munitions peuvent être détournées à des fins illicites après leur fabrication ».[15]

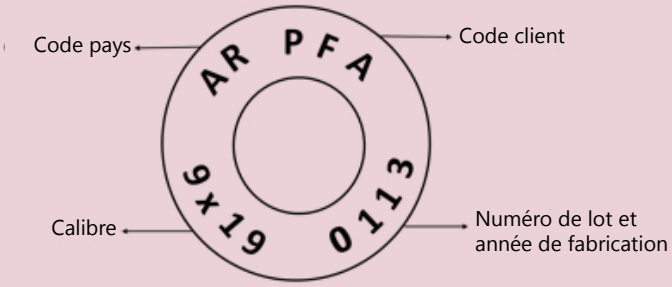
Encadré de discussion 2. Directives concernant les informations contenues dans les marquages des munitions

De nombreux efforts multilatéraux ont été déployés pour fournir des orientations sur les informations à inclure dans le marquage des munitions. Les Directives Techniques Internationales sur les Munitions (DTIM) donnent notamment des indications sur les informations que les marquages doivent contenir ainsi que sur l'endroit où ils doivent être appliqués. Elles portent à la fois sur l'emballage des munitions et sur les munitions individuelles. Néanmoins, ces directives ont un caractère non contraignant et se rapportent principalement au marquage des emballages de munitions, et non au marquage des munitions individuelles.

Le *Manuel des meilleures pratiques concernant les munitions conventionnelles* de l'Organisation pour la sécurité et la coopération en Europe (OSCE) fournit des orientations concernant le marquage, l'enregistrement et la tenue de registres des munitions. Il aborde également la question de la gestion et de la sécurité des stocks, ainsi que le transport et la destruction des munitions. Mais, à l'instar des DTIM, ces orientations sont facultatives.

L'Organisation du traité de l'Atlantique Nord (OTAN) établit également un ensemble de normes relatives aux munitions qui décrivent comment les munitions et leurs emballages produits par les États membres de l'OTAN doivent être marqués. Mais ces accords de normalisation (STANAG) ne prévoient que l'inclusion d'un ensemble limité d'informations qui ont été conçues à l'origine pour répondre aux problèmes de sécurité liés aux munitions de plus gros calibre.

Le Centre régional des Nations Unies pour la paix, le désarmement et le développement en Amérique latine et dans les Caraïbes (UNLIREC) a formulé dans son *Guide technique pour le marquage des armes légères et de leurs munitions* les informations à inclure dans les marquages, en insistant sur la sécurité des munitions.[16] Les informations devant figurer dans le marquage sont présentées ci-dessous.



Crédit image : UNLIREC

15 Desmarais et al. (2022).
16 UNLIREC (2013).

Bien qu'il n'existe pas d'exigence internationale ou de norme de marquage universelle, des discussions sont en cours au niveau des Nations Unies sur l'amélioration de la sûreté et de la sécurité des munitions, notamment au sein du Groupe d'experts gouvernementaux (GGE) sur les problèmes découlant de l'accumulation de stocks de munitions conventionnelles en surplus, et de prochains travaux sont prévus au sein du Groupe de travail à composition non limitée (GTCN) 2022 sur les munitions conventionnelles. Des avancées sont également obtenues au niveau national, avec généralement pour principal moteur la criminalité violente et le désir de comprendre l'origine des munitions utilisées.[17] Comme indiqué dans le rapport 2021 du GGE : « Un nombre restreint d'États ont adopté des exigences ou des pratiques consistant à appliquer des numéros de lot et de série à des cartouches individuelles de petit calibre pour des achats spécifiques à la demande de certains utilisateurs finaux, dans le but d'identifier, de dissuader et de combattre le détournement lorsque cela est jugé faisable, praticable et conforme à la législation nationale ».[18] Parmi ces pays figurent le Brésil, la République dominicaine, la Jamaïque, Madagascar et le Pérou. Le cas du Brésil est décrit plus en détail dans l'encadré 3.

Encadré de discussion 3. Le marquage des munitions comme exigence : le cas du Brésil

En vertu de la loi fédérale brésilienne n° 10.826 de 2003, entrée en vigueur en 2005, l'emballage de tous les types de munitions doit comporter un code-barres pour « permettre l'identification du fabricant et de l'acheteur ». Elle stipule également que les munitions elles-mêmes doivent être marquées si elles sont spécifiquement destinées à être utilisées par les autorités policières et les forces militaires.[19] En ce qui concerne les munitions destinées à être utilisées par les autorités policières et les forces militaires, la législation indique spécifiquement que le lot et l'acquéreur doivent être inscrits sur l'étui du projectile, bien qu'elle ne stipule pas la méthode de marquage à utiliser. La législation précise également que chaque lot doit contenir au maximum 10 000 munitions.[20] Toutefois, des appels ont été lancés pour réduire le nombre de munitions à 1 000 par lot afin d'améliorer le traçage et l'identification des munitions.[21] Cette législation impose également des procédures de transfert d'informations et la tenue de registres, avec une conservation des données pendant 20 ans.[22]

Les modalités techniques de cette législation ont été préalablement débattues entre le gouvernement et les acteurs de l'industrie - en particulier le seul fabricant de munitions de petit calibre au Brésil, qui continue à maintenir un monopole sur le marché intérieur brésilien suite à cette législation.

Depuis l'entrée en vigueur de cette législation, le culot de l'étui est estampillé avec les informations relatives à l'année de fabrication et au fabricant au début du processus de fabrication, puis un identifiant unique est gravé dans la gorge d'extraction par marquage au laser à la fin de la chaîne de production avant l'emballage.[23] L'inclusion de marquages a permis de tracer et d'identifier les points de détournement, facilitant ainsi les enquêtes criminelles. Néanmoins, ces enquêtes ont également montré que les dispositions de la législation n'ont pas été respectées. Notamment, l'examen des munitions utilisées pour le meurtre de Marielle Franco, membre du conseil municipal de Rio de Janeiro, en 2018, a montré qu'elles faisaient partie d'un lot de plus de 1,8 million de munitions - une quantité très largement supérieure à celle de 10 000 munitions maximums prévue par la législation.[24]

17 Entretiens avec les experts H, P, Q, S.
18 Assemblée générale (2021, 21).
19 Entretiens avec les experts H et P.
20 Ministério da Justiça e Segurança Pública (2021) ; Entretien avec l'expert K.
21 Entretien avec l'expert F.
22 Martinez Miralles et Mack (2018) ; Entretien avec l'expert F.
23 Martinot et Berkol (2008).
24 Langeani et Pollachi (2021).

Le présent rapport, qui repose sur les données obtenues lors de 17 entretiens avec 20 experts issus d'organismes de recherche, de l'industrie et de l'armée (voir la liste en annexe) ainsi que sur des recherches documentaires, propose une analyse de trois méthodes différentes de marquage des munitions de petit calibre : l'estampage, le marquage au laser et les traceurs chimiques. Il vise à déterminer les méthodes disponibles pour marquer les munitions individuelles avec des informations d'identification suffisantes afin de permettre leur identification, leur profilage et leur traçage. Cette recherche entend renseigner les processus relatifs aux munitions qui sont engagés sous les auspices des Nations Unies, tels que le prochain Groupe de travail à composition non limitée, et contribuer à la mise en œuvre des résultats de ces processus. Il vise également à informer les mécanismes nationaux et la législation sur l'importance et la faisabilité du marquage des munitions.

Pour chaque méthode, qu'il s'agisse d'estampage, de marquage au laser ou de traceurs chimiques, le type de marquage, sa méthode et les coûts associés sont détaillés. Les avantages et les enjeux liés à la durabilité et à la récupérabilité du marquage, aux équipements et procédures de marquage des munitions, aux coûts, au volume d'information inclus dans le marquage et à la capacité de marquer tout au long du cycle de vie d'une munition sont ensuite abordés.

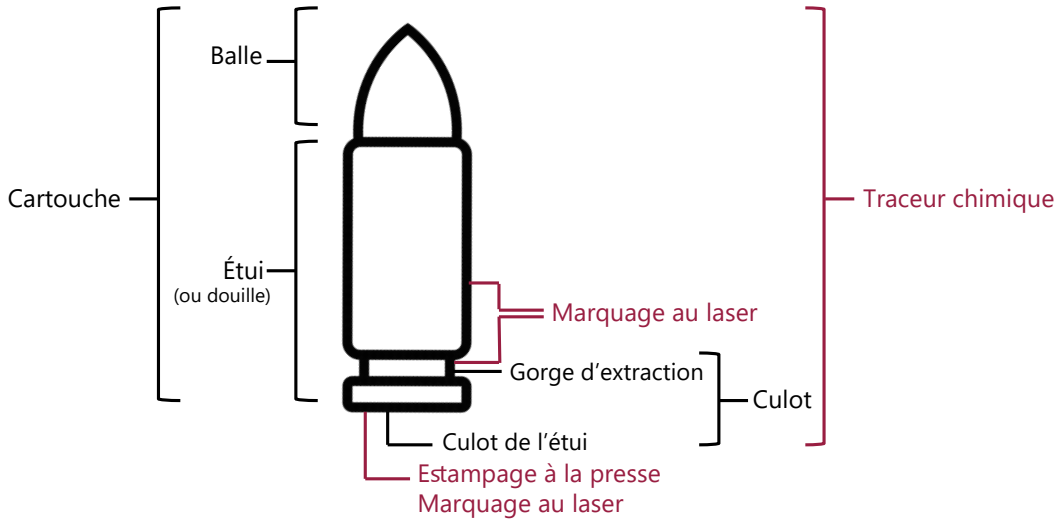
2. MÉTHODES DE MARQUAGE DES MUNITIONS

2.1 ESTAMPAGE

2.1.1 Le marquage et la méthode

L'estampage des munitions de petit calibre, également appelé « marquage de culot », est la méthode la plus courante pour appliquer des marquages directement sur les munitions individuelles.[25] Cette méthode consiste à marquer en déformant le culot de l'étui. Deux méthodes de marquage existent : le marquage par pression, qui consiste à appliquer d'abord une pression pour générer la marque à l'aide d'un seul marqueur, ou le marquage au rouleau, qui consiste à déplacer ou à faire rouler progressivement la tête du marqueur sur la surface. Le marquage par pression s'applique généralement sur le culot de l'étui, alors que le marquage au rouleau est appliqué sur le côté.[26] Le marquage réalisé par estampage est visible et est généralement placé sur le culot de l'étui pour les munitions de petit calibre, étant donné que c'est l'endroit de la cartouche où le métal est le plus épais (voir figure 1).[27] Le marquage est généralement appliqué au cours du processus de fabrication sur les cartouches vides.

Figure 1. Anatomie d'une munition et emplacements possibles des différentes méthodes de marquage



À la suite de la législation brésilienne de 2003 (voir encadré 3), le fabricant de munitions de petit calibre au Brésil a étudié la possibilité d'inclure les informations relatives au numéro de lot dans le marquage du culot, en plus des autres informations faisant déjà partie de ce marquage. Il a néanmoins constaté que le culot de l'étui ne laisse qu'une petite surface à marquer. De plus, une fois la munition terminée, cette zone est sensible au marquage étant donné qu'elle comprend les amorces. Par conséquent, le fabricant a choisi d'ajouter le numéro de lot en utilisant le marquage au laser au lieu de l'estampage,[28] le reste des informations continuant d'être ajouté par le marquage du culot par estampage.

25 Entretiens avec les experts I et M.
26 Persi Paoli (2011).
27 Persi Paoli (2013) ; Entretiens avec l'expert N.
28 Entretien avec l'expert E.

Malgré ce seul exemple, il est néanmoins possible d'ajouter des informations pertinentes et détaillées par le biais de l'estampage : la figure 2 nous montre différents types de munitions marquées par l'estampage, les images de gauche présentant la manière dont de multiples types d'informations - telles que le code du pays, le code de l'importateur et le calibre - pourraient être ajoutés, comme c'est le cas pour les munitions marquées en République dominicaine, à l'inverse des données plus limitées sur les munitions de l'image de droite.

Figure 2. Exemples de munitions estampillées[29]



Crédit image : UNLIREC

2.1.2 Coûts

L'estampage semble être la technique la plus rentable pour marquer les munitions individuelles, en ce sens qu'elle est communément intégrée au processus de fabrication des munitions.[30] Pour cette même raison, il est difficile de ventiler les coûts réels de cette méthode de marquage. Néanmoins, le coût des machines et de leur entretien, mais également le coût des estampes de culot individuels (bunters), sont à intégrer dans le coût général de cette méthode. Les coûts augmenteront potentiellement dès lors que des marquages individualisés sont nécessaires, car la production doit être mise en pause pour permettre le changement des estampes.

2.1.3 Évaluation

Le tableau 1 présente les avantages et les enjeux de l'estampage.

29 Dans cet exemple, le code « RD » signifie República Dominicana.

30 Entretiens avec les experts I et M.

Tableau 1. Avantages et enjeux de l'estampage

Avantages	Enjeux
• **Durabilité et possibilité de récupération du marquage.** Les marquages par estampage résistent à long terme.[31] Par exemple, on a découvert que des marquages sur des cartouches vieilles de 80 ans, et même de plus de 100 ans, étaient encore lisibles.[32]	• **Coût.** L'utilisation d'informations d'identification uniques sur des lots de plus petite taille pourrait entraîner une augmentation des coûts.[34] Il est toutefois difficile de quantifier la différence avec d'autres méthodes, puisque cela dépend de facteurs comme le nombre d'estampes individualisées nécessaires et la fréquence à laquelle il faudrait les changer, ce qui a un impact sur la rapidité du processus de production.
• **Équipement et procédures.** La plupart des producteurs de munitions possèdent déjà des machines permettant l'estampage et entreprennent ce type de marquage dans le cadre de leur processus de production et de marquage (bien qu'avec des variations en termes d'informations incluses).[33]	• **Volume des informations incluses dans le marquage.** Il se peut qu'il n'y ait pas suffisamment d'espace sur le culot de l'étui pour estamper toutes les informations à inclure dans le marquage, en particulier pour les petits calibres.[35] Tout dépend de la quantité et du type d'informations à inclure.
	• **Capacité à marquer tout au long du cycle de vie d'une munition.** L'estampage ne peut être appliqué qu'au début de la phase de production d'une munition ; l'estampage rétroactif des munitions actives n'est pas possible. Le processus de fabrication actuel pourrait être impacté, où les cartouches sont produites avant de savoir qui sera le client final spécifique. L'application d'identifiants uniques pourrait alors nécessiter une adaptation du processus de fabrication actuel, qui pourrait être atténuée par la production de lots plus petits par client.[36]

2.2 MARQUAGE AU LASER

2.2.1 Le marquage et la méthode

Le marquage au laser, également appelé gravure au laser, applique une marque visible directement sur les munitions individuelles. Cette méthode applique les marques en retirant de la matière, plutôt qu'en la déformant. Cette méthode de marquage peut être appliquée à la fin du processus de production sur des munitions achevées ou actives, ce qui signifie qu'elle peut être utilisée rétrospectivement.[37] Cependant, l'emplacement du marquage affecte le moment où le marquage est appliqué au cours du processus. Par exemple, le marquage dans la gorge d'extraction signifie que le marquage peut être appliqué à la fin du processus de fabrication, avant d'être emballé et envoyé au client.[38] Le marquage d'autres zones, comme le côté de la cartouche ou son culot, signifie que le marquage est généralement effectué avant l'ajout de l'amorce pour des raisons de sécurité.

31 Desmarais et al. (2022) ; Florquin et Leff (2014).
32 Zaili et al. (2007).
33 Entretiens avec les experts I et M.
34 Anders (2006).
35 Entretien avec les experts E et O.
36 Une nuance importante à retenir ici est que le lot par client et le lot par matériaux utilisés pour fabriquer une munition constituent deux données différentes. Cela signifie par exemple que deux clients distincts peuvent avoir deux numéros de lot différents par client (marque de lot secondaire), mais avoir le même numéro de lot par matériaux (marque de lot primaire), indiquant quelle charge propulsive, quelle amorce et autres ont été utilisés dans ces munitions spécifiques.
37 Martinez Miralles et Mack (2018).
38 CICB (n.d.).

Le type de marquage et l'endroit où il est placé varient en fonction du fabricant. Les caractères alphanumériques constituent une option. Ils peuvent être placés en double dans la gorge d'extraction (voir figure 3) ou sur le côté (voir figure 4) ou même sur le culot de l'étui.[39] Ces emplacements sont justifiés par le fait que la gravure n'est pas affectée lorsqu'elle est utilisée dans des armes à feu.[40] En particulier, le marquage dans la gorge d'extraction, une zone faite de métal solide où la gravure au laser peut être relativement profonde, peut aider à prévenir la disparition du marquage.[41] Cependant, le marquage sur le côté de l'étui offre une plus grande zone de marquage, et peut être une alternative utile lorsqu'il n'y a pas de gorge d'extraction.

Figure 3. Exemple d'une cartouche avec un marquage au laser dans la gorge d'extraction (du Brésil).



Crédit photo : Rosilene Miliotti

Figure 4. Exemple de marquage au laser sur le côté d'une cartouche (de Madagascar)

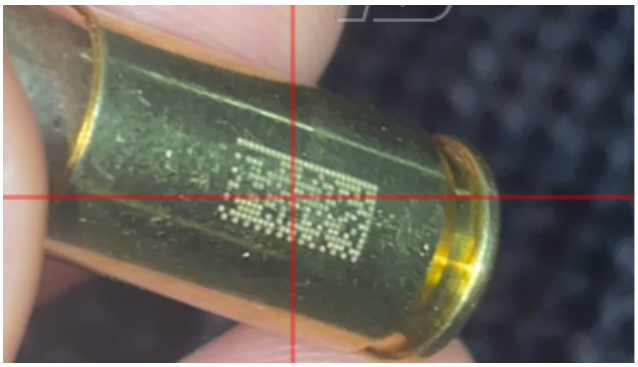


Crédit photo : Carlos Martínez / Couth

39 Entretien avec les experts L. et N.
40 Martinot et Berkol (2008).
41 Persi Paoli (2011) ; Martinot et Berkol (2008).

Les codes, tels que les codes à barres ou les codes matriciels de données, offrent une autre possibilité (voir figure 5). Cette possibilité peut permettre la mention d'informations détaillées, telles que le fabricant et les numéros de lot et de série, en utilisant une quantité limitée d'espace. Une application pour smartphone peut alors être utilisée pour scanner le code, la quantité d'informations fournies par l'application dépendant des autorisations attribuées à l'utilisateur.[42]

Figure 5. Exemple de marquage au laser utilisant un code matriciel de données



Crédit photo : The Bullet ID Corporation

Le marquage au laser est très rapide ; les cartouches peuvent être marquées en l'espace de quelques secondes.[43] Cependant, la vitesse précise dépend du type de laser et du type et de l'emplacement du marquage : le type de laser et sa puissance influent sur la quantité de munitions qui peuvent être gravées en une seule fois. Par exemple, une optique plus grande et une machine d'une puissance plus élevée permettront de graver un plus grand nombre de cartouches plus rapidement. L'emplacement et le type de marquage influent également sur la vitesse du processus ; les symboles plus épais prennent plus de temps, de même que les zones où le marquage doit ou peut être plus profond - comme sur le culot de l'étui.[44]

2.2.2 Coûts

Les coûts du marquage au laser couvrent les coûts de la machine de marquage laser et de son entretien. Dans le cas de Madagascar, quatre machines de marquage au laser ont été achetées pour un montant de 95 190 USD en 2019.[45] Cette acquisition prévoyait la dispense d'une formation au personnel de fabrication. Toutefois, les coûts varient en fonction du type de technologie et de la machine achetée. Dans le cas du Brésil, le fabricant local aurait acheté des machines de marquage au laser pour environ 100 000 dollars par unité, incluant les coûts de tenue des registres, avec des coûts de maintenance estimés à 9 300 dollars pour 5 millions de cartouches.[46] Parmi les autres coûts, citons le temps supplémentaire nécessaire au marquage des munitions. Les coûts peuvent également varier en fonction de la taille de la série de production, la production d'un plus grand nombre de munitions réduisant les coûts de production par rapport à un plus petit nombre de munitions.[47]

Un autre modèle commercial de marquage au laser consiste à fournir gratuitement au fabricant les machines laser et le logiciel de suivi et de gestion des stocks. Le coût est donc basé sur le montant total de la production, le marquage et l'enregistrement de ces données dans le logiciel étant facturés pour chaque munition. Par exemple, une entreprise fournit ces deux services au prix de 0,02 $ pour chaque munition.[48]

42 Entretien avec les experts Q et S.
43 Entretien avec les experts Q et S.
44 Entretien avec l'expert N.
45 ATT (2021).
46 Martinez Miralles et Mack (2018).
47 Entretien avec l'expert F.
48 Entretien avec les experts Q et S.

2.2.3 Évaluation

Le tableau 2 présente les avantages et les enjeux du marquage au laser.

Le tableau 2 présente les avantages et les enjeux du marquage au laser

Avantages	Enjeux
• **Durabilité et possibilité de récupération du marquage.** Avec le temps, le marquage au laser pourrait causer des dommages secondaires aux munitions par la corrosion, en particulier dans les régions à forte humidité. Ce problème peut toutefois être évité, notamment si un revêtement est appliqué après le processus de marquage. Par ailleurs, bien qu'il soit possible d'enlever les marquages au laser, et notamment les marques qui ont peu de profondeur,[49] il est généralement peu probable que cette opération soit tentée compte tenu du temps nécessaire pour enlever de tels marquages sur des munitions individuelles.[50] L'enlèvement des marquages peut également être rendu plus difficile si un revêtement est appliqué par-dessus.[51] S'ils sont néanmoins éliminés, les marquages oblitérés peuvent être récupérés par « polissage en relief et stéréomicroscopie à lumière réfléchie ».[52]	• **Équipement et procédures.** Le marquage au laser d'identifiants uniques pose des enjeux similaires à ceux de l'estampage en termes de compromis entre le moment du marquage, la connaissance des utilisateurs finaux et de la taille des commandes, et le processus de fabrication actuel.[54] De surcroît, la majeure partie des producteurs de munitions ne disposent pas de machines de marquage au laser et devraient donc les acquérir et les intégrer dans leurs processus. Cette démarche impliquerait également l'établissement de nouvelles directives et normes de sécurité pour tenir compte des machines à laser.
• **Volume des informations incluses dans le marquage.** Le marquage au laser est particulièrement bien adapté pour permettre le marquage de petites zones avec une quantité substantielle d'informations.	• **Coût.** Les coûts du marquage au laser sont difficiles à quantifier car ils diffèrent en fonction de facteurs tels que l'emplacement et le type de marquage, ainsi que le volume et la vitesse de production. Deux autres facteurs de coût fondamentaux doivent être pris en considération : les machines ne sont pas encore largement utilisées et un investissement initial est donc nécessaire ;[55] et, pour une grande majorité de fabricants, le marquage au laser nécessiterait une adaptation du processus de fabrication.
• **Capacité à marquer tout au long du cycle de vie d'une munition.** Ce marquage peut être appliqué à différentes zones de la cartouche et, selon la zone, à différentes étapes du processus de production. Ce qui signifie que le marquage au laser peut s'adapter à différents processus de fabrication et donc être intégré à un stade plus approprié pour le fabricant. Cela signifie également que cette méthode peut être utilisée pour marquer les munitions de manière rétrospective, un identifiant unique étant ajouté après la production.[53]	

49 Entretiens avec les expert A, K et N.
50 Entretiens avec les experts H et P.
51 Entretien avec l'expert N.
52 Da Silva et dos Santos (2008).
53 Anders (2006).
54 Entretien avec l'expert M.
55 Entretien avec l'expert L.

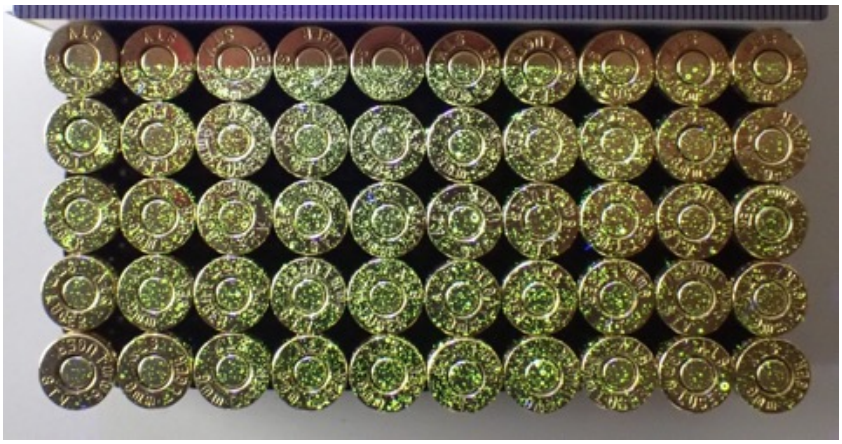
2.3 TRACEURS CHIMIQUES

2.3.1 Le marquage et la méthode

Les traceurs chimiques sont des additifs invisibles qui peuvent être utilisés pour marquer toute une série d'objets. Il existe un exemple connu de son utilisation sur les munitions : une solution commerciale, AmTag, développée par deux entreprises du secteur privé (un organisme de recherche politique et un fournisseur de technologie), est actuellement en phase pilote au Burkina Faso et au Mali, où elle est appliquée aux munitions en vrac détenues par la police ou les forces militaires.[56] Le pilote étant toujours en cours, aucun résultat définitif n'est encore disponible sur la valeur ajoutée de cette méthode.

Ce marquage peut être appliqué directement sur les munitions individuelles ainsi que sur l'emballage des munitions.[57] L'AmTag est composé de « liquides traçables inorganiques à base d'eau [qui] sont des solutions incolores, codées chimiquement ».[58] Les particules fluorescentes d'AmTag ne sont visibles que sous une lumière ultraviolette (UV) (voir figure 6). Le traceur n'est pas basé sur l'ADN lui permettant de « résister au feu, à l'humidité et à la lumière du soleil ».[59] Chaque lot d'AmTag a une composition chimique individuelle qui est liée à un code unique, qui est enregistré une fois que le lot spécifique est utilisé et comporte des informations comme celles du fabricant et de l'année de production. Lorsque le code est saisi dans une application logicielle propriétaire, il est associé à des informations sur le moment où le traceur a été appliqué.[60]

Figure 6. Exemple de munition avec AmTag sous lumière UV



Crédit image : Jonathan Rickell / Conflict Armament Research

AmTag est appliqué par pulvérisation sur la surface du culot et sur l'étui. Cela peut être fait pendant le processus de fabrication de la munition ou rétrospectivement. La solution peut être appliquée à tous les types de munitions, quels que soient leur âge, leur état ou leur calibre. La solution pourrait également être appliquée à la fin du processus de fabrication des munitions pour associer les munitions à un utilisateur final ou à un identifiant unique.[61]

D'après les données du pilote, la solution met moins de 30 minutes à sécher, bien qu'elle ne soit chimiquement stable qu'après 24 heures, période durant laquelle il existe une petite possibilité de transfert du produit sur la peau ou d'autres surfaces avec lesquelles il peut entrer en contact. L'AmTag peut parfois passer de la munition à l'arme, mais cela ne nuit pas à la fonctionnalité de la munition ou de l'arme. Qui plus est, d'après les données du projet pilote, les tests n'ont pas révélé que la solution était toxique. Afin d'étudier les munitions récupérées, les résidus de la solution

56 Entretien avec l'expert D.
57 Entretien avec l'expert M.
58 SmartWater (n.d.).
59 SmartWater (n.d.).
60 Entretien avec l'expert M ; Evans (2012).
61 Entretien avec l'expert M.

doivent être extraits et envoyés pour analyse. À ce jour, des centres d'analyse existent en France, au Royaume-Uni et aux États-Unis.[62]

2.3.2 Coûts

Les coûts d'utilisation du marqueur chimique AmTag couvrent l'achat de la solution et de son code, appelé « licence de profil ». La solution actuelle, qui fait l'objet d'une étude de faisabilité et d'un programme pilote à portée limitée, coûte de 20 à 55 dollars pour 15 millilitres, tandis que la licence, qui est accordée pour cinq ans, coûte environ 1 900 dollars. Compte tenu de la nouveauté de cette solution, il reste à déterminer combien de munitions ce volume d'AmTag est capable de marquer.[63]

Si des munitions sont envoyées pour être testées après expiration de la licence de profil, la licence sera renouvelée automatiquement. Ceci signifie qu'il n'est pas nécessaire d'avoir une licence de profilage en cours pour l'ensemble du cycle de vie de la munition. Étant donné que ce marquage peut être appliqué après la fin du processus de fabrication et qu'il ne modifie donc pas ou n'a pas d'impact sur le processus, les coûts liés à la cadence de production peuvent être minimes.[64]

2.3.3 Évaluation

Le tableau 3 présente les avantages et les enjeux connus et potentiels des traceurs chimiques, en insistant sur l'AmTag qui est le seul traceur chimique connu applicable aux munitions. Néanmoins, force est de constater qu'il existe peu d'informations sur cette technologie au-delà du projet pilote actuel, celle-ci n'ayant pas encore été mise en œuvre dans des processus de production industrielle, ce qui constitue un enjeu de taille pour l'évaluation de cette méthode.

Tableau 3. Avantages et enjeux de l'AmTag

Avantages	Enjeux
• **Durabilité et possibilité de récupération du marquage.** Les tests effectués dans le cadre du projet pilote AmTag laissent supposer que le traceur chimique pourrait rester sur les munitions pendant de longues périodes, voire des décennies. Les données sont toutefois insuffisantes en ce qui concerne l'utilisation à long terme de la solution, notamment dans différents environnements et après utilisation.	• **Équipement et procédures.** Le temps de séchage de la solution sur les munitions peut être long, selon le moment du processus où la solution est appliquée. Par ailleurs, des centres d'analyse n'existent actuellement que dans trois pays, et aucun dans les pays du Sud. Comme il s'agit d'une méthode relativement peu connue et non visible, les experts légistes ou balistiques risquent de ne pas se rendre compte que les munitions sont marquées ou de ne pas disposer de l'équipement nécessaire pour identifier le marquage. À ce stade de son développement, la technologie reste donc exclusive à un nombre limité d'utilisateurs.
• **Volume des informations incluses dans le marquage.** Les données étant stockées sur une base de données reliée par un code à la solution, des informations détaillées sur les munitions peuvent être stockées.	• **Coût.** On dispose de trop peu d'informations sur les coûts liés à cette méthode pour proposer une évaluation à ce stade.
• **Capacité à marquer tout au long du cycle de vie d'une munition.** Cette solution peut être appliquée à l'ensemble de la munition à tout moment du processus de production et de post-production.	

62 Entretien avec l'expert M.
63 Basé sur la correspondance avec l'expert N en octobre 2021 et mars 2022.
64 Entretien avec l'expert M.

Hormis ces trois méthodes, les étiquettes d'identification par radiofréquence (RFID) offrent potentiellement une autre solution. Cette option reste actuellement hypothétique, comme le montre l'encadré 4.

Encadré 4. Les étiquettes RFID peuvent-elles être intégrées aux munitions ?

La RFID est une technologie qui permet de suivre des produits grâce à une étiquette placée ou apposée sur chaque produit. La technologie RFID se compose d'une puce, d'une antenne fixée à la puce et d'un lecteur externe. Les données sont codées dans la puce, transmises par l'antenne et lues par le lecteur. Des étiquettes RFID sont utilisées sur certains emballages de munitions ainsi que sur des armes légères, et la question de savoir si les étiquettes RFID pourraient être intégrées directement sur ou dans les munitions elles-mêmes fait débat. Ce type de marquage a été utilisé pour les munitions de plus de 20 millimètres.[65] Dans le cas des munitions de petit calibre, les avis des personnes interrogées divergent, certaines pensant que cette solution n'est pas viable.[66] Une personne interrogée estime pour sa part que la possibilité existe, à condition que l'étiquette ne soit pas appliquée sur des munitions à amorçage électrique.[67]

Une personne interrogée a également déclaré qu'il serait théoriquement possible d'insérer une très petite (2 mm ou moins) étiquette RFID passive fonctionnant à des fréquences extrêmement élevées (3-60 gigahertz) dans une munition individuelle. Cette étiquette aurait une portée de lecture très courte, de quelques millimètres. Pour garantir la lisibilité de l'étiquette, celle-ci ne doit pas être entièrement enfermée dans du métal, car celui-ci entrave les ondes radio. Une solution proposée consiste à recouvrir l'étiquette d'une résine époxy.[68] Notons que la fonctionnalité d'une telle approche n'a jamais été testée. Fait intéressant, cette idée n'est pas récente, puisqu'une demande de brevet datant de 2006 propose de monter des étiquettes RFID dans des munitions (civiles) individuelles, alléguant que l'étiquette n'affectait pas les performances.[69] Pourtant, indépendamment de la faisabilité de l'ajout de cette technologie aux munitions individuelles, d'autres questions restent sans réponse, notamment en ce qui concerne les coûts et l'opportunité d'une telle approche.

65 Entretiens avec l'expert C.
66 Entretiens avec l'expert A.
67 Entretien avec l'expert B.
68 Entretien avec l'expert R.
69 Pridmore JR & Babendreier (2006).

3. CONCLUSION

Le marquage individuel des munitions de petit calibre peut aider à tracer les points de détournement et à identifier les munitions récupérées afin de comprendre les facteurs contextuels de leur utilisation. Néanmoins, les informations sur les munitions elles-mêmes ne sont pas suffisantes pour permettre leur traçage et leur identification. Cette situation est aggravée par l'absence de normes et de standards internationaux en la matière, bien qu'il existe des documents d'orientation volontaires. Malgré cette insuffisance, des méthodes éprouvées et émergentes sont actuellement en place pour marquer les munitions avec une série d'informations, dont une quantité importante d'informations d'identification uniques. Le présent rapport vise à engager un dialogue sur les prochaines étapes possibles du marquage des munitions de petit calibre à des fins de sécurité accrue, à mesure que de nouvelles techniques et approches sont développées et que les techniques et approches existantes sont perfectionnées.

Le tableau ci-dessous présente une comparaison des trois méthodes de marquage considérées dans ce document. Notons également que ces différentes méthodes de marquages peuvent être combinées et utilisées ensemble sur une même munition. Le double ou triple marquage peut donc aider à surmonter les difficultés inhérentes aux méthodes individuelles.

Tableau 4. Comparaison des technologies de marquage des munitions

	Estampage	Marquage au laser	Traceurs chimiques
Durabilité et possibilité de récupération du marquage	Durable et récupérable	Durable et récupérable	Les tests attestent de la durabilité, mais les données concernant l'utilisation à long terme restent limitées
Équipement et procédures[70]	Les équipements et les procédures sont pour la plupart déjà déployés, l'estampage étant la méthode de marquage traditionnelle et la plus courante	Les équipements et les procédures sont déjà déployés dans des usines ou des entreprises sélectionnées ayant spécifiquement choisi d'utiliser cette méthode	La portée des équipements et des procédures reste limitée, cette méthode étant à l'état de projet pilote
Volume des informations incluses dans le marquage	En fonction des informations à inclure, l'espace peut être limité	Des quantités substantielles d'informations peuvent être incluses	Des quantités substantielles d'informations peuvent être incluses
Capacité à marquer tout au long du cycle de vie d'une munition	Seulement au début de la phase de production d'une munition	À différents stades du processus de production et de post-production selon le lieu de marquage[71]	Peut être appliqué à tout moment du processus de production, y compris en post-production, mais est plus facile à réaliser au stade de la production

70 Il s'agit de l'équipement nécessaire pour effectuer le marquage et de la mesure dans laquelle la méthode est intégrée au processus de production/post-production, et non de la facilité d'application de la méthode.

71 Plus efficace pour les grands volumes de munitions lorsqu'il est intégré au processus de production ou de post-production avant le conditionnement.

En résumé, cinq conclusions principales peuvent être formulées en ce qui concerne les méthodes de marquage des munitions.

Le marquage des munitions pour faciliter le traçage est possible. Le marquage des munitions de petit calibre avec des informations suffisamment détaillées pour faciliter le profilage et le traçage et pour prévenir et combattre le détournement est réalisable et se fait actuellement dans certains contextes susmentionnés. Au cours des deux dernières décennies, un certain nombre de fabricants ont modifié leurs pratiques de marquage pour appliquer des numéros de lot et de série à des munitions individuelles de petit calibre afin de se conformer à la législation nationale ou de répondre à des besoins spécifiques à la demande de certains utilisateurs finaux.[72] Cette pratique a permis de tracer avec succès des munitions de petit calibre et d'augmenter le nombre d'informations exploitables générées par les récupérations de munitions. Parmi les informations qui pourraient être incluses dans chaque munition à cette fin figurent le calibre, le fabricant, le numéro de lot spécifique, l'année et le lieu de production, l'utilisateur final, tout comme d'autres informations pertinentes. Chaque méthode de marquage comporte ses propres avantages et enjeux, comme par exemple la facilité d'intégration de la méthode choisie dans le processus de fabrication. Par ailleurs, les coûts associés ne sont pas non plus rédhibitoires sachant que certains des pays qui ont introduit ou cherchent à introduire le marquage des munitions sont des pays à faible revenu. Les utilisateurs finaux et les législateurs qui doivent ou décident d'exiger des marquages de lots ou de séries à des fins de sécurité pour les munitions de petit calibre peuvent donc opter pour plusieurs méthodes et technologies de marquage disponibles sur le marché. L'industrie joue donc un rôle important en veillant à ce que la demande et les besoins des clients soient satisfaits.

La définition d'exigences minimales normalisées en matière d'information sur les munitions s'avère nécessaire. Comme cela a été mentionné dans l'introduction, il n'existe actuellement aucune norme universelle stipulant quelles informations doivent être marquées sur les munitions de petit calibre. Les informations contenues sur les munitions varient actuellement en fonction de l'acheteur et du fabricant, sans compter que les munitions peuvent manquer d'informations d'identification uniques, telles que l'année de fabrication et le client. Pourtant, comme le démontre cette étude, la technologie existe pour permettre le marquage de ce type d'information, même sur les munitions de petit calibre où l'espace est plus limité. Les gouvernements nationaux et les entités sous-régionales, régionales et internationales ont tous un rôle à jouer pour améliorer la rationalisation des marquages dans le but de garantir un meilleur marquage. De surcroît, les accords portant sur les informations minimales normalisées doivent également garantir que les données soient facilement déchiffrables et compréhensibles par les différents acteurs qui manipulent les munitions, et notamment lorsqu'il s'agit de munitions récupérées.

Les législateurs et les responsables politiques jouent un rôle clé dans le marquage des munitions. En fin de compte, bien que l'industrie ait également la responsabilité de proposer des options pour accroître la sécurité des munitions de petit calibre, le pouvoir revient aux législateurs et aux décideurs politiques d'exiger que les munitions soient marquées, et avec quelles informations. Ces exigences varient selon les contextes, certains États estimant que le marquage des munitions constitue une exigence plus importante que d'autres. Il s'agit également de veiller à ce que la taille des lots ne soit pas trop importante et à ce qu'ils ne soient pas répartis entre différents clients, afin de ne pas entraver les efforts de traçage. Si les législateurs et les décideurs politiques formulent cette demande, les fabricants et les utilisateurs

72 Voir l'Assemblée générale (2021).

adapteront leurs processus, comme en témoigne les exemples du Brésil et de la République dominicaine. Néanmoins, dans de tels cas, les législateurs et les responsables politiques doivent également se montrer attentifs au marquage des munitions destinées à la fois au marché civil et aux forces de sécurité de l'État, étant donné que la grande majorité des munitions de petit calibre sont destinées au marché civil. Le marquage des munitions destinées aux deux marchés pourrait contribuer à améliorer le traçage, à identifier les points de détournement et, en définitive, à sauver des vies. Le marquage des munitions individuelles entraîne certes des coûts supplémentaires, qui se traduiront par une augmentation du prix des munitions, mais qui peuvent être justifiés au regard du renforcement de la transparence, de la capacité de traçage, de la responsabilité et de la sécurité, et de la réduction du risque de détournement. Qui plus est, les coûts liés à la perte de vies humaines restent bien plus élevés que la modeste augmentation du coût du marquage des munitions.

Les coûts sont spécifiques au contexte. Bien que l'examen des coûts spécifiques de ces méthodes de marquage dépasse le cadre du présent rapport exploratoire initial, cette question est néanmoins importante si le marquage laser ou chimique devait être utilisé à plus grande échelle. Les coûts dépendent d'un certain nombre de facteurs parmi lesquels le coût des nouveaux équipements et de leurs composants, la manière dont les fabricants structurent et programment leur production, les coûts permanents tels que la maintenance, qui seront également affectés par le taux et le volume de production, les besoins en formation, le volume des lots à marquer et les décisions telles que la nécessité ou non de marquer les munitions individuelles avec un identifiant unique, par exemple un numéro de lot, et le nombre de munitions à inclure dans un lot. Les lots plus importants peuvent permettre de réduire les coûts, mais les lots plus petits faciliteront le traçage des munitions et l'identification du point de détournement. Des coûts seront également engendrés par la nécessité éventuelle d'adapter le mode de fabrication des munitions, surtout si les identifiants uniques ne peuvent être ajoutés qu'à l'arrivée de la commande. Outre le marquage, d'autres coûts doivent être pris en compte en ce qui concerne la tenue des registres et les technologies de communication entre les fabricants et les utilisateurs : Quel type d'information doit être enregistré, et pendant combien de temps ? Quels dispositifs de sécurité seront nécessaires pour garantir la sécurité de ces informations ? Les coûts varieront également en fonction des réponses à ces questions et peuvent avoir un impact sur la volonté politique de marquer les munitions individuelles et ce, malgré les avantages susmentionnés. L'industrie, les législateurs, les responsables politiques et les utilisateurs finaux sont appelés à approfondir l'intégration des nouvelles technologies de marquage et à permettre un meilleur partage des informations pertinentes, notamment sur les coûts, entre les parties prenantes.

La collecte des données et la tenue des registres relatives au marquage des munitions sont importantes pour faciliter le traçage et l'identification. La collecte des données et la tenue des registres sont intrinsèquement liées au marquage des munitions individuelles avec des identifiants uniques, car elles peuvent fournir les informations nécessaires pour faciliter le traçage des munitions récupérées dans les zones de conflit, de crime ou d'activité terroriste et peuvent notamment aider à identifier les points de détournement. Le choix d'une technique de marquage doit se faire parallèlement à la mise en place d'un système de tenue des registres solide, sécurisé et à long terme. Bien que les recherches sur les exigences d'un tel système, son coût et son rôle dans le traçage des munitions n'entraient pas dans le cadre de cette étude, étant donné son importance pour le marquage des munitions, celui-ci devrait faire l'objet de recherches supplémentaires, notamment en ce qui concerne la manière dont un tel système pourrait être développé dans le cas des munitions destinées à la fois au marché civil et aux forces de sécurité de l'État.



LA MONUSCO ORGANISE UNE FORMATION SUR LES TACTIQUES DE PROTECTION RAPPROCHÉE.

Au premier plan, des munitions alors que des casques bleus de la Mission de l'Organisation des Nations Unies pour la stabilisation en République démocratique du Congo (MONUSCO) reçoivent une formation sur les techniques de protection rapprochée.

Crédit : Photo de l'ONU/Abel Kavanagh

LISTE DE RÉFÉRENCE

A. Desmarais, A-S Fabre, B. Jongleux, G. Lawrence, D. Werner & N. Florquin. 2022. "Monitoring illicit ammunition through the ballistic datasets of four European countries." *Forensic Science International 330*. As of 22 April 2022: https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2021.111133

A. Malaret, M. Martinez, E. Mumford & N. Briggs. 2021. "Arms Trade Treaty Issue Brief 3: Diversion Analysis Framework." UNIDIR. As of 4 March 2021: https://www.unidir.org/publication/arms-trade-treaty-issue-brief-3-diversion-analysis-framework

A. Malaret Baldo & M. Martinez Miralles. 2020. "Handbook to Profile Small Arms Ammunition in Armed Violence Settings." UNIDIR. As of 4 March 2022: https://unidir.org/publication/handbook-profile-small-arms-ammunition-armed-violence-settings

ATT. 2021. "Rapport D'activité Du Fonds D'affectation Volontaire (VTF) Du TCA Pour La Période Août 2020 - Juillet 2021." ATT/VTF/2021/CHAIR/678/Conf.Rep. As of 4 March 2022: https://thearmstradetreaty.org/hyper-images/file/ATT_CSP7_VTF%20Report_FR/ATT_CSP7_VTF%20Report_FR.pdf

BICC (Bonn International Center for Conversion). N.d. "Overview of SALW Marking Methods." SALW Guide. As of 4 March 2022: https://salw-guide.bicc.de/en/further-infos/marking-methods

B. Langeani & N. Pollachi. 2021. "Less guns, more youth: Armed violence, police violence and the arms trade in Brazil." Sou da Paz & Terre des Hommes Germany and Switzerland. As of 6 April: https://soudapaz.org/o-que-fazemos/conhecer/pesquisas/controle-de-armas/as-armas-do-crime/?show=documentos#5889

C. Pridmore JR & P. Babendreier. 2006. "Apparatus (Bullet Mounted RFID) for the Purpose of Generating a Tracking Signal from a Deployed Bullet." United States Patent Application Publication No. US 2006/0244612 A1. As of 4 March 2022: https://patentimages.storage.googleapis.com/64/4a/f3/38e7984aed4e58/US20060244612A1.pdf

G. Persi Paoli. 2011. "Ammunition Marking: Current Practices and Future Possibilities." Small Arms Survey Issue Brief Number 3. As of 4 March 2022: https://ciaotest.cc.columbia.edu/pbei/sas/0024184/f_0024184_19725.pdf

G. Persi Paoli. 2013. "Marking of Firearms and Ammunition." Small Arms Survey Research Notes Number 36. As of 4 March 2022: https://www.files.ethz.ch/isn/174749/SAS-Research-Note-36.pdf

General Assembly. 2009. "Promoting development through the reduction and prevention of armed violence: Report of the Secretary-General." A/64/228. As of 4 March 2022: https://undocs.org/A/64/228

General Assembly. 2021. "Group of Governmental Experts on problems arising from the accumulation of conventional ammunition stockpiles in surplus. Note by the Secretary-General." A/76/324. As of 4 March 2022: https://undocs.org/A/76/324

H. Anders. 2006. "Following the Lethal Trail: Identifying Sources of Illicit Ammunition." *In Targeting Ammunition: A Primer,* eds. Small Arms Survey. As of 4 March 2022: https://www.files.ethz.ch/isn/123147/2006_06_complete_Targeting_Ammunition.pdf

International Action Network on Small Arms (IANSA). 2021. *The Programme of Action on Small Arms: Why Ammunition Must Be Included*. IANSA Briefing Paper. As of 6 April 2022: https://iansa.org/wp-content/uploads/2021/06/The-PoA_Why-Ammunition-Must-Be-Included.pdf

J. Evans. 2012. "Chemistry goes into the field to battle metal theft." Chemistry World. As of 4 March 2022: https://www.chemistryworld.com/news/chemistry-goes-into-the-field-to-battle-metal-theft/5633.article

L. da Silva & P. A. M. dos Santos. 2008. "Recovering obliterated laser engraved serial numbers in firearms." *Forensic Sci Int* 179: 2-3. doi: 10.1016/j.forsciint.2008.05.012

M. Martinez Miralles & D. Mack. 2018. "Ammunition Control Practices in Latin America and the Caribbean." UNLIREC. Available upon request.

M. A. M. Zaili, R. Kuppuswamy, H. Harun. "Restoration of engraved marks on steel surfaces by etching technique." *Forensic Sci Int* 24(171): 27-32. doi: 10.1016/j.forsciint.2006.09.010

Ministério Da Justiça E Segurança Pública. 2021. "Tradução De Legislação Brasileira Relacionada À Área De Justiça E Segurança Pública Para O Inglês E O Espanhol." As of 4 March 2022: https://www.gov.br/mj/pt-br/acesso-a-informacao/atuacao-internacional/legislacao-traduzida/lei_n_10-826_de_22_de_dezembro_de_2003_eng-docx.pdf

N. Florquin & J. Leff. 2014. "Across conflict zones: Ammunition profiling." *In Small Arms Survey (Ed.). In Small Arms Survey 2014: Women and Guns*. As of 22 April 2022: https://www.smallarmssurvey.org/sites/default/files/resources/Small-Arms-Survey-2014-Chapter-6-EN.pdf

OECD. 2005. "Small arms and light weapons (SALW)." Development Assistance Committee (DAC) Mainstreaming Conflict Prevention Issues Brief. As of 4 March 2022: https://www.eda.admin.ch/dam/deza/en/documents/themen/fragile-kontexte/92805-small-arms-light-weapons_EN.pdf

P. Martinot & I. Berkol. 2008. "The Traceability of Ammunition." Group de Recherche et d'Information sur la Paix et la Sécurity (GRIP). As of 4 March 2022: http://archive.grip.org/en/siteweb/images/RAPPORTS/2008/2008-9_EN.pdf

SmartWater. N.d. "Partnering with Law Enforcement." As of 4 March 2022: https://swt.smartwater.com/law-enforcement

The New Indian Express. 2022. "Indian Army implements Radio Frequency Identification (RFID) of Ammunition Stock for safe and better management." As of 4 March 2022: https://www.newindianexpress.com/nation/2022/feb/09/indian-army-implements-radio-frequency-identification-rfid-of-ammunition-stock-for-safe-and-better-2417444.html

UNLIREC. 2018. "Profiling ammunition seized at border controls and recovered from crime scenes across Latin America and the Caribbean: Briefing Paper I: The Dominican Republic Case Study and Methodology." Available upon request.

UNLIREC. 2013. "Propuesta Técnica para la Marcación de Municiones." Available upon request.

UN News. 2020. "Half of all violent deaths involve small arms and light weapons." As of 4 March 2020: https://news.un.org/en/story/2020/02/1056762

UNODA. 2021. "Guide to the International Ammunition Technical Guidelines (IATG)." Third Edition. As of 4 March 2022: https://unoda-saferguard.s3.amazonaws.com/iatg/en/V3_IATG_compiled-compressed.pdf

ANNEXE : ENTRETIENS DE RECHERCHE

Nous remercions les experts mentionnés ci-dessous qui ont participé aux entretiens de recherche et pour les informations qu'ils ont fournies.

Titre	Nom	Affiliation	Région	Date de l'entretien
A	Expert anonyme	–	Europe occidentale et autres (EOA)	14 janvier 2022
B	Expert indépendant en munitions	–	EOA	20 janvier 2022
C	Expert anonyme	–	EOA	24 janvier 2022
D	Expert anonyme	–	EOA	28 janvier 2022
E	Expert anonyme	–	Amérique latine et Caraïbes	8 février 2022
F	Expert anonyme	–	Amérique latine et Caraïbes	11 février 2022
G	Expert anonyme	–	EOA	25 février 2022
H	Bruno Langeani	Sou da Paz	Amérique latine et Caraïbes	25 février 2022
I	Rodolfo Gamboa	Expert indépendant	Amérique latine et Caraïbes	6 janvier 2022
J	Stefan Feller	Office fédéral allemand des affaires étrangères	EOA	8 février 2022
K	Marcus Vinicius Da Silva Dantas	Police fédérale brésilienne	Amérique latine et Caraïbes	31 janvier 2022
L	Gen. Emma Randriamiarama-nana	Ministère malgache de la Défense	Afrique	4 février 2022
M	Jonathan Rickell	Conflict Armament Research	EOA	14 février 2022

ANNEXE : ENTRETIENS DE RECHERCHE

Titre	Nom	Affiliation	Région	Date de l'entretien
N	Carlos Martinez	Couth	EOA	28 février 2022
O	Karl Weiss	Centre d'armement du Combat Capabilities Development Command de l'armée américaine	EOA	24 février 2022
P	Natalia Pollachi	Sou da Paz	Amérique latine et Caraïbes	25 février 2022
Q	Bruce Lewis	Bullet ID Corporation	EOA	7 mars 2022
R	Andreas Weder	Fraunhofer	EOA	28 février 2022
S	Cristian Talle	Bullet ID Corporation	EOA	7 mars 2022



ÉTUDE DE LA FAISABILITÉ TECHNIQUE DU MARQUAGE DES MUNITIONS DE PETIT CALIBRE

Le marquage des munitions de petit calibre avec des informations pertinentes suffisantes, à savoir le calibre, le fabricant, le pays importateur, l'année de fabrication et le numéro de lot ou de série spécifique, ainsi qu'une tenue des registres précise et à long terme, peuvent contribuer à améliorer l'identification et le traçage des munitions récupérées et à identifier les éventuels points de détournement, dans la mesure où ces marquages peuvent faciliter les enquêtes criminelles sur la violence armée ou aider à déterminer l'efficacité des embargos sur les armes, réduisant de fait les pertes en vies humaines. Ce rapport explore trois technologies de marquage différentes : l'estampage, le marquage au laser et les traceurs chimiques. Il vise à déterminer les méthodes disponibles pour marquer les munitions de petit calibre avec des informations d'identification suffisantes afin de permettre leur identification, leur profilage et leur traçage. Cette recherche entend renseigner les processus relatifs aux munitions qui sont engagés sous les auspices des Nations unies, tels que le prochain groupe de travail à composition non limitée sur les munitions conventionnelles, et contribuer à la mise en œuvre des résultats de ces processus. Le présent rapport entend également informer les mécanismes nationaux et la législation sur l'importance et la faisabilité du marquage des munitions.

@UNIDIR
WWW.UNIDIR.ORG

UNIDIR UNITED NATIONS INSTITUTE FOR DISARMAMENT RESEARCH