



Photo de l'installation du Fort Eureka, à Eureka, Nunavut, le 02 mars 2026.

Caporal Sébastien Lauzier-Labarre, Caméra de combat des Forces armées canadiennes

Un appel en faveur d'une plus grande circularité dans les forces armées

MYRIAM ERTZ ET AHMED ENMILI

Myriam Ertz, Ph.D., est professeure titulaire de marketing, titulaire d'une chaire de recherche du Canada de niveau 2 en technologie, durabilité et société, et directrice du Laboratoire de recherche sur les nouvelles formes de consommation (LaboNFC) au département d'économie et de sciences administratives de l'Université du Québec à Chicoutimi, située à Saguenay (Québec), Canada. Elle est titulaire d'un doctorat en administration et d'une maîtrise en sciences de la gestion de l'Université du Québec à Montréal.

Ahmed Enmili, Ph.D., est capitaine en logistique et officier des projets spéciaux dans la 3^e Escadre de la Base des Forces canadiennes (BFC) Bagotville, à Saguenay (Québec), Canada. Il est titulaire d'un doctorat en sciences de l'environnement et d'une maîtrise en génie de l'environnement de l'École de technologie supérieure (ÉTS).

Bien qu'il existe plusieurs définitions concurrentes,^{1,2} « dans une économie circulaire, la valeur des produits et des matières est préservée, les déchets sont évités et les ressources sont conservées dans l'économie lorsqu'un produit arrive en fin de vie »³ [TCO]. Récemment, des démarches ascendantes ont permis de mesurer l'économie circulaire (EC) à différents niveaux.^{4,5} Par exemple, une équipe de chercheurs en construction a développé l'indice 3DR (en anglais, « Design for Disassembly, Deconstruction, and Resilience », qui signifie « destiné au démontage, à la déconstruction et à la résilience ») pour l'environnement bâti.⁶ De même, Khan et al. ont aidé neuf fabricants de téléphones mobiles à obtenir l'indice circulaire optimal pour les articles produits afin d'optimiser les profits tout

en protégeant l'environnement.⁷ Alors que la plupart des gens connaissent les 3R (réduire, réutiliser et recycler), les 4R (refuser, réduire, réutiliser et recycler), voire les 5R (refuser, réduire, réutiliser, réaffecter et recycler), ces indicateurs et d'autres ont été regroupés dans une mesure unifiée appelée « indice de circularité 9R », qui provient du « cadre 10R » (lequel inclut un dixième « R » pour la stratégie « refuser »).⁸

1. R0 : Refuser - Rendre le produit redondant en abandonnant sa fonction ou en utilisant un produit radicalement différent;
2. R1 : Repenser - Accroître l'utilisation des produits (p. ex. en partageant les produits);
3. R2 : Réduire - Accroître l'efficacité dans la fabrication ou l'utilisation des produits en consommant moins de ressources naturelles;
4. R3 : Réutiliser - Le réutiliser par un autre consommateur lorsqu'un produit est mis au rebut, mais qu'il remplit quand même sa fonction originale;
5. R4 : Réparer - Réparer et entretenir un produit pour qu'il puisse être utilisé avec sa fonction d'origine;
6. R5 : Remettre à neuf - Remettre en état et mettre à jour les anciens produits;
7. R6 : Reconditionner - Utiliser des pièces ou des produits mis au rebut dans un nouveau produit ayant la même fonction;
8. R7 : Réaffecter - Utiliser un produit mis au rebut ou ses pièces dans un nouveau produit ayant une fonction différente;
9. R8 : Recycler - Traiter les matières de manière à obtenir une qualité identique (haute qualité) ou inférieure (basse qualité);
10. R9 : Récupérer - Incinérer des matières avec récupération d'énergie.

La littérature thématique regorge d'autres typologies tangentielles ou qui se recoupent,^{9,10,11} mais celle de Muñoz *et al.* a le mérite d'être exhaustive.¹² En résumé, même dans les forces armées, l'EC doit être fondée sur trois règles fondamentales : (1) créer des boucles fermées de flux de matières, (2) ralentir le flux de matières et (3) limiter la quantité de matières dans le flux.¹³ Ces stratégies sont de plus en plus populaires alors que nous sommes confrontés à la diminution des ressources, à l'augmentation des taux de pollution et aux coûts (monétaires et non monétaires) de l'importation des biens.

Par conséquent, à l'instar de nombreux autres pays membres de l'Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE),¹⁴ le gouvernement du Canada a consacré des ressources précieuses à la transition circulaire. Bien qu'il n'existe pas encore de stratégie intégrée pour une EC, les initiatives circulaires comprennent la Stratégie visant l'atteinte de zéro déchet de plastique en 2018, suivie du Plan d'action pancanadien visant l'atteinte de zéro déchet de plastique : Phase 1 en 2019 et Phase 2 en 2020,¹⁵ de la Stratégie pour un gouvernement vert¹⁶ ou du Plan pour un environnement sain et une économie saine.¹⁷ À l'échelle provinciale et territoriale, nous pouvons nommer la Stratégie pour un Ontario sans déchets : bâtir l'économie circulaire¹⁸ ou encore la création au Québec du premier réseau de recherche sur l'économie circulaire en Amérique du Nord, c.-à-d. le Réseau

de recherche en économie circulaire du Québec, connu sous son acronyme RRECQ.¹⁹ Cette liste n'est en aucun cas exhaustive et ne rend pas justice aux multiples initiatives qui se déroulent actuellement aux niveaux municipal, provincial et fédéral d'un océan à l'autre. Le gouvernement du Canada appuie également des initiatives internationales, notamment l'Alliance mondiale sur l'économie circulaire et l'utilisation efficace des ressources (GACERE),²⁰ le Groupe international d'experts sur les ressources (IRP) au Forum mondial de l'économie circulaire,²¹ la Charte sur les plastiques dans les océans²² ou la Plateforme pour l'accélération de l'économie de circularité.²³

Compte tenu de la prévalence de l'EC à tous les niveaux et de ses avantages pour la conservation des ressources, où se situent les FAC? Il est d'abord important de mentionner que les FAC sont un écosystème économique au sein du vaste écosystème canadien. Elles possèdent un vaste réseau de biens immobiliers et de moyens de transport; sous-traitent la production de leurs vêtements, accessoires, uniformes et équipements à des entreprises privées telles que Logistik Unicorp; exploitent la chaîne de magasins CANEX et la plateforme de commerce électronique associée; gèrent les grands systèmes de restauration et d'hébergement en s'appuyant sur des fournisseurs privés et publics; et achètent des armes et des munitions tant au pays qu'à l'étranger. Un dénominateur commun entre ces différentes parties de l'écosystème est que les FAC privilégient les marques, les services et les fournisseurs canadiens locaux, garantissant ainsi des circuits commerciaux de proximité. Non seulement cette stratégie permet de réduire considérablement la longueur des chaînes d'approvisionnement et de minimiser les émissions nocives, mais elle renforce également la résilience grâce à l'indépendance par rapport aux ondes de choc internationales dans les chaînes d'approvisionnement mondiales (comme ce fut le cas pendant la pandémie de COVID-19), tout en favorisant la prospérité économique. Par ailleurs, la stratégie de « réutilisation » avec les surplus des forces armées est fermement ancrée dans la culture canadienne. Pourtant, les FAC manquent d'une stratégie globale et intégrée pour la circularité des biens et actifs physiques qu'elles exploitent.

Par conséquent, l'objectif du présent article est de fournir un examen de la mise en œuvre de l'EC dans les forces armées. À ce titre, l'article s'appuie sur la littérature scientifique et la documentation parallèle pour offrir quelques perspectives préliminaires sur la façon dont les FAC pourraient concevoir un plan d'EC complet. Bien que nous n'effectuions pas de revue systématique de la littérature, nous avons extrait les publications de bases de données universitaires telles que Scopus et ABI/Inform (ProQuest) en utilisant les termes « économie circulaire » et « militaire » ou

« forces armées ». Le critère d'inclusion était que toute publication particulière devait traiter de l'EC dans un contexte militaire. Au total, neuf publications entraient dans le champ de la recherche et ont donc été prises en compte dans notre revue. À la suite de suggestions d'examineurs anonymes, nous avons ajouté trois articles scientifiques et un article de la documentation connexe au corpus. Une analyse thématique de ces publications nous a permis de révéler quelques sujets récurrents, notamment le traitement des armes, des munitions et des explosifs, l'exploitation minière urbaine, les aliments, les textiles et les accessoires ainsi que le rôle des tiers fournisseurs de services logistiques. Il est intéressant de noter que la perspective canadienne fait défaut dans ces différents thèmes, ce qui suggère le besoin de recherches et d'enquêtes supplémentaires dans ce domaine.

La suite de l'article est donc organisée comme suit : La première section traite de la nature critique de l'EC dans les forces armées en se concentrant sur une catégorie de produits très spécifique, soit les armes, munitions et explosifs. Les sections suivantes traitent de l'exploitation minière urbaine, des aliments, des textiles et des accessoires, et la dernière section traite de l'importance des tiers fournisseurs de services logistiques civils dans la tentative de circularité des forces armées. Une conclusion termine l'article et ouvre la discussion sur de nouvelles perspectives.

Armes, munitions et explosifs

Contrairement à l'économie conventionnelle, l'économie militaire traite des articles qui sont non seulement conçus pour être mortels, mais qui sont considérés comme des déchets dangereux lorsqu'ils atteignent leur fin de vie ou deviennent obsolètes. C'est sans aucun doute le cas des munitions et il est donc essentiel d'entamer la discussion par les types de produits de catégorie armes, munitions et explosifs²⁴ parce qu'ils sont relativement propres aux forces armées tout en posant des défis importants en raison du volume considérable de munitions éliminées. Par exemple, l'armée américaine dispose d'un stock d'environ 400 000 tonnes de munitions excédentaires, obsolètes ou inutilisables (p. ex. des projectiles, des roquettes, des bombes, des mines terrestres et des missiles) et environ 60 000 tonnes viennent s'ajouter à ce stock chaque année.²⁵ Ces chiffres pourraient être encore plus élevés si l'on considère l'ensemble des armes, munitions et explosifs.²⁶ Une pratique courante pour éliminer les armes, munitions et explosifs consiste à les brûler ou à les faire exploser à l'air libre, mais cela entraîne l'émission de divers polluants (par exemple, CO₂, CO, NO, NO₂, CH₄, TNMH, C₆H₆) à proximité des sites destinés au brûlage et à l'explosion à l'air libre.²⁷ Les dommages environnementaux et les risques pour la santé des habitants sont exacerbés sans décontamination des sols ni nettoyage des zones sous-marines, comme cela a malheureusement été le cas à Vieques, à Porto Rico, en 1999.^{28,29} Yates et al. mentionnent d'autres méthodes, telles que le brûlage

en cage, l'incinération et le transport des armes, des munitions et des explosifs outre-mer en vue du démantèlement et de l'élimination.³⁰ Cependant, ces options sont associées à des émissions de carbone élevées dues aux émissions atmosphériques directes, nécessitent une consommation d'énergie importante, ont un coût élevé et sont limitées par la capacité des incinérateurs.^{31,32}

Des technologies de remplacement appelées « incinération/combustion en boucle fermée » ont été mises au point. Elles consistent à détruire les matières énergétiques dans un environnement confiné, par exemple par combustion/détonation confinée ou par des méthodes confinées qui évitent la combustion ou la détonation.³³ L'une de ces méthodes consiste à valoriser les matières énergétiques provenant des munitions militaires en les incorporant dans des explosifs civils à émulsion au lieu de les éliminer de manière destructive.³⁴ Le « reconditionnement³⁵ » des munitions grâce à la valorisation des matières énergétiques réduit les impacts environnementaux dans plusieurs catégories clés, notamment l'acidification, l'eutrophisation, le réchauffement climatique et la toxicité humaine, par rapport aux processus d'élimination conventionnels.³⁶ De plus, ces impacts sont encore plus faibles dans les pays où le parc électrogène est majoritairement composé de combustibles non fossiles,³⁷ comme au Canada, où environ 60 % de l'électricité est produite à partir de sources hydroélectriques ou nucléaires.³⁸

Exploitation minière urbaine

Les déchets peuvent contenir des matières premières, en particulier les matières stratégiques et critiques, comme les métaux nobles (or, argent, platine) et les éléments de terres rares (ETR).³⁹ Ces matières peuvent revêtir une importance cruciale pour les forces armées. Par exemple, en 2018, la politique de la Pologne sur les matières premières a imposé à tous les secteurs de l'économie d'obtenir des matières premières à partir de déchets ou de remplacer les matières premières.⁴⁰ Il est bien connu que les matières premières, en particulier les ETR, dont la Chine détient le monopole, se trouvent principalement dans les déchets électroniques (e-déchets). C'est la raison pour laquelle les forces armées polonaises ont mis en place des stratégies d'exploitation minière urbaine.⁴¹ La démarche d'exploitation minière urbaine est encore plus large, car elle utilise des méthodes de métabolisme industriel pour extraire non seulement des matières premières, mais aussi des métaux de base ou communs (p. ex. le cuivre, le fer), des métaux précieux (p. ex. l'or, l'argent), des métaux potentiellement toxiques (p. ex. l'arsenic, le cadmium), des ressources secondaires (p. ex. les équipements électriques et électroniques obsolètes), des matières premières primaires (p. ex. le bois, l'eau) et des matières primaires secondaires (p. ex. le plomb provenant des soudures, le zinc provenant des piles).⁴² Les forces armées polonaises ont recyclé des toners, des cartouches, du papier et des sources lumineuses et ont utilisé des déchiqueteuses professionnelles.⁴³ Les déchets de papier, par exemple, sont accumulés

et traités. De même, les biens immobiliers occupés par les forces armées et dont l'usage a été abandonné sont recyclés avant d'être remis en valeur, et la restauration assure le retour à des « zones vertes ».⁴⁴

Aliments

Janikowski demande une démarche similaire pour les vivres militaires et les aliments servis dans les environs des bases militaires, ce qui suggère que le compostage ou la réutilisation des restes de nourriture ne sont pas encore entièrement intégrés dans la stratégie circulaire des forces armées polonaises, bien que cela devrait être le cas.⁴⁵ Les recherches dans ce domaine sont également rares, contrairement à la littérature abondante sur la lutte contre le gaspillage alimentaire. L'étude qualitative menée par Moss *et al.* de l'Académie militaire de l'Afrique du Sud (SAMA), un établissement d'enseignement supérieur de la Force de défense nationale sud-africaine, a en fait révélé qu'il existe déjà plusieurs mesures pour gérer le gaspillage alimentaire résultant du mess de la SAMA.⁴⁶ Il s'agit notamment de former les chefs militaires à la gestion du gaspillage alimentaire dans le cadre de leurs cours à l'école de restauration, d'améliorer la préparation, la cuisson et le portionnement des repas, de réutiliser les restes de nourriture cuite dans différents repas et de composter les aliments qui ne peuvent être conservés pour une utilisation future (p. ex. dans un potager ou un champ).⁴⁷ Compte tenu des progrès récents dans la transformation des déchets et sous-produits d'abattoirs,⁴⁸ entre autres, il pourrait être intéressant d'appliquer ces méthodes aux forces armées afin de réutiliser les déchets alimentaires comme ressources nutritionnelles, par exemple dans les vivres militaires.

Textiles et accessoires

Dans certains pays, les soldats conservent leurs uniformes et leur équipement après une période d'utilisation réglementaire, mais cette pratique peut être inappropriée du point de vue d'un système en boucle fermée.⁴⁹ Au Canada, le système est légèrement différent et se rapproche davantage de la circularité, lorsque les soldats canadiens rendent leurs uniformes usés et en reçoivent de nouveaux. Le système d'approvisionnement des forces armées les jette ou les retourne à un autre soldat si l'uniforme est en bon état (redistribution). D'autres stratégies de réutilisation pourraient donc être envisagées pour éviter de jeter les vêtements endommagés. Ces stratégies comprennent, entre autres, le sous-recyclage dans des projets d'artisanat ou de couture, leur transformation en torchons et chiffons de nettoyage, et leur utilisation comme rembourrage/bourre ou isolant.^{50,51} Par exemple, Circle Economy s'est associée à Reshare and Recover de l'Armée du Salut pour transformer les vieux uniformes militaires et vêtements de travail des forces armées néerlandaises en couvertures d'aide humanitaire.⁵² Il y a eu d'autres progrès notables

dans la recherche et les perspectives de développement pour le recyclage des fibres provenant des textiles militaires.^{53,54,55} Cela est essentiel parce que, sans systèmes de réutilisation appropriés, l'accumulation pourrait devenir une option par défaut dans l'attente de solutions futures. Pourtant, des recherches antérieures ont montré que, contrairement à ce que l'on pourrait croire, l'accumulation est néfaste pour l'environnement, principalement parce qu'elle engorge des ressources autrement utilisables qui sont donc (sur)compensées par des achats et des extractions de ressources supplémentaires.⁵⁶ Cependant, la stratégie optimale, à savoir la redistribution, n'est pas si facile à mettre en œuvre. C'est principalement le cas parce que la question des déchets n'est pas seulement écologique en soi, mais qu'elle a aussi des ramifications politiques, économiques, sociales et même financières. L'élimination des munitions et du matériel excédentaires par le gouvernement canadien après la Deuxième Guerre mondiale fournit un exemple intéressant des complexités nuancées entourant la logistique inverse. Pour Souchen, les vastes stocks de munitions et d'approvisionnements sont devenus excédentaires après la fin de la guerre, et il fait valoir trois arguments connexes⁵⁷ :

« Premièrement, la production de masse pendant la guerre a créé une crise d'élimination des stocks après la guerre, qui a obligé le gouvernement à réglementer le dessaisissement des biens à des fins politiques et économiques. Deuxièmement, par l'intermédiaire d'une société publique, la Corporation des biens de guerre (CBG) l'État canadien établit un système de logistique inverse qui a permis de récupérer la valeur des actifs dépréciés et d'empêcher un afflux de marchandises d'amener la déflation de l'économie. Troisièmement, la CGG a supervisé des programmes de destruction qui ont éliminé ou mis au rebut les invendus. En fin de compte, ce processus a recyclé des ressources secondaires en production en temps de paix et élargi les conversions matérielles pour s'assurer que tous les types d'excédents de guerre étaient diffusés de manière rentable entre les mains des civils. Cependant, la logistique inverse en temps de guerre n'était pas sans inconvénients, car il s'accompagnait d'une grande animosité concernant les prix et les restrictions de vente, ainsi que d'une dégradation importante de l'environnement. »⁵⁸ [TCO]

Les articles invendus aux « entreprises vérifiées, gouvernements et organisations financées par des fonds publics » qui étaient les « clients approuvés » ont absorbé les dépenses opérationnelles qui ont éclipsé les profits, mais ont contribué à maintenir l'économie à flot en évitant la déflation. Les armes excédentaires ont été mises au rebut pour des pièces ou définitivement éliminées par incinération, abandon ou immersion en mer de sorte que

les biens accumulés pour la guerre n'étaient que partiellement diffusés entre les mains des civils, tandis que leur processus de destruction entraînait une dégradation environnementale importante.⁵⁹ Aujourd'hui, l'ampleur du phénomène a considérablement diminué en raison de la forte baisse des surplus militaires sur le marché, mais les mêmes principes généraux semblent guider l'échange des surplus des forces armées puisqu'ils sont vendus dans le cadre d'un système contrôlé composé d'entrepreneurs qui achètent ces biens aux forces armées et les revendent dans des magasins de surplus. Les militaires ne peuvent pas donner une seconde vie à leur matériel inutilisé en le revendant, en le donnant, en l'échangeant ou en le prêtant, et le public ne peut pas l'acheter directement des forces armées. En outre, malgré l'augmentation des produits remis à neuf, reconditionnés et restaurés dans les grandes chaînes de vente au détail, y compris Best Buy⁶⁰ ou Décathlon, Canex ne fait pas le commerce de marchandises excédentaires ou d'occasion. Bien que cela puisse être parfaitement compréhensible du point de vue de la sécurité nationale et pour assurer le prestige des forces armées, il est important de revoir quelque peu notre perception du rôle des déchets dans l'histoire commerciale en soulignant quatre caractéristiques fondamentales des déchets : « les économies morales qui gouvernent les déchets et la réutilisation; l'informalité de l'activité commerciale et de ses opérations; le caractère intersectoriel du flux de déchets; et la logistique inverse du commerce de récupération des déchets »⁶¹ [TCO]. Pour résoudre ce problème, Janikowski suggère que, puisque les unités militaires qui concentrent les matières textiles brutes secondaires destinées à être recyclées supportent les coûts de collecte et de stockage des déchets, ainsi que les coûts potentiels d'élimination, la seule solution possible serait la collecte, le stockage et l'élimination des déchets textiles par des équipes militaires internes spécialisées.⁶² Ces suggestions sont intéressantes, mais l'essentiel ici est d'envisager l'ensemble du processus de redistribution dans le contexte élargi d'un système de logistique inverse dans lequel les activités circulaires sont intégrées à un objectif commun, tout en évitant les chevauchements ou les responsabilités partiellement assumées.

Rôle des tiers fournisseurs de services logistiques

La mise en œuvre d'un système de logistique inverse dans l'ensemble des forces militaires canadiennes, dans la chaîne d'approvisionnement en boucle fermée du système de défense nationale, pourrait être avantageuse si l'on envisage de recourir à des services externalisés. En effet, la chaîne d'approvisionnement inverse n'est généralement pas une activité principale de la plupart des organisations,⁶³ y compris les forces militaires. En revanche, les tiers fournisseurs de services logistiques (3PL) pourraient garantir efficacement des services de logistique inverse.⁶⁴ Il convient notamment de noter que les 3PL gérant les articles retournés ont même commencé à proposer des services

à valeur ajoutée pour la logistique inverse, qui s'alignent étroitement sur les stratégies énumérées dans l'indice de circularité 9R, notamment le retour des marchandises, le remballage, le reconditionnement, la réparation, le réétiquetage,⁶⁵ l'entreposage et les services connexes, le stockage et la comptabilité, ainsi que le transport,⁶⁶ la collecte et le tri des biens usagés, le regroupement et l'emballage des biens usagés ramassés, l'inspection et la gestion de l'information.⁶⁷ Dans une étude explorant la fourniture de services externalisés au secteur civil dans le domaine de la logistique inverse des forces armées lituaniennes, Vasiliauskas *et al.* ont démontré les possibilités et les limites du transfert des activités de logistique inverse des forces armées du pays vers des services externalisés.⁶⁸ Ils ont suggéré que cette mesure pourrait être bénéfique, à condition que certains principes directeurs soient respectés, notamment les suivants :

1. Partenariat et coopération. La relation entre les services externalisés doit être fondée sur un partenariat et une coopération entre l'armée et le fournisseur de services externes en partageant des objectifs, des buts et des informations.
2. Visibilité et transparence. Il est essentiel de maintenir la visibilité et la transparence tout au long du processus de logistique inverse, et les militaires devraient accéder en temps réel à des données pertinentes sur l'état des marchandises retournées, les stratégies circulaires et les niveaux d'inventaire.
3. Normalisation et conformité. La normalisation des processus du système de logistique inverse avec des directives claires, des procédures opérationnelles normalisées et des mesures de contrôle de la qualité est essentielle au maintien de l'uniformité et de l'efficacité.
4. Évaluation du rendement et amélioration continue. L'externalisation des activités de logistique inverse devrait inclure la mesure et l'évaluation périodiques du rendement, comme des indicateurs de rendement clés sur le délai d'exécution, la satisfaction de la clientèle et la qualité des réparations.
5. Gestion des risques et planification d'urgence. Un système de gestion des risques fiable devrait être développé pour faire face aux perturbations ou défis potentiels dans les processus du système de logistique inverse.
6. Optimisation des coûts. Bien que l'optimisation des coûts soit importante, elle ne doit pas être la seule priorité lors de l'externalisation d'activités de logistique inverse. Les forces armées devraient envisager d'équilibrer les économies de coûts et le maintien de la qualité et de l'efficacité. Il est essentiel d'estimer le coût total de l'externalisation, y compris les coûts de transport, de réparation et généraux, afin d'assurer le meilleur rapport qualité-prix et de répondre aux exigences opérationnelles.

Un tel transfert dépend également de la législation et des politiques nationales. Par exemple, la Lituanie est membre de l'Union européenne (UE), et l'armée lituanienne, comme toute autre organisation lituanienne, a tendance à suivre les lignes directrices relatives à la stratégie annuelle de l'UE, fixée en 2020 pour passer à une EC d'ici 2050, et le nouveau plan d'action pour l'EC de la Commission européenne, publié en mars 2020. Au Canada, les divers plans et programmes axés sur une meilleure conservation des ressources favorisent le même résultat pour une EC entièrement mise en œuvre dans toutes les organisations à l'échelle du pays en quelques décennies. Cela laisse encore un peu de temps aux forces armées pour planifier efficacement, mais s'adapter à de tels changements majeurs sera difficile quel que soit le cours suivi et nécessitera une préparation approfondie au préalable.

Conclusion

L'examen que nous avons réalisé a porté sur la littérature relative à l'économie circulaire (EC) dans les forces armées, dans de nombreux domaines différents. L'ampleur et la profondeur des changements nécessaires peuvent sembler intimidantes, mais les aborder tous en même temps est irréaliste et non stratégique. Les travaux récents sur l'EC dans le secteur civil soulignent la nature progressive et dynamique de la mise en œuvre de l'EC, qui ne peut pas se faire d'un seul coup, mais qui nécessite une vision à long terme et des jalons précis (p. ex. la feuille de route du RRECQ pour une EC au Québec).⁶⁸ L'examen a montré que les armes, munitions et explosifs sont suffisamment uniques aux forces armées et essentiels pour justifier la hiérarchisation. Les FAC devraient envisager des méthodes avancées telles que l'incinération/la combustion en boucle fermée (p. ex. combustion/détonation confinée). De plus, l'état-major général du Canada doit formuler une vision et une politique en matière d'EC qui s'appliquent à différents domaines, y compris les aliments (p. ex. amélioration de la préparation/de la cuisson/du portionnement des repas, réutilisation

des restes, compostage des aliments) et les textiles (p. ex. mise en œuvre d'un processus de redistribution/valorisation dans un système logistique inverse plus large géré par un mélange soigneusement équilibré de fournisseurs tiers et d'équipes militaires internes), en intégrant les activités circulaires dans un tissu commun de productivité des ressources au fil du temps. Bien qu'elle soit souvent associée aux produits électriques et électroniques, l'exploitation minière urbaine est également pertinente dans tous ces domaines, qu'il s'agisse de récupérer des matières énergétiques des armes, des munitions et des explosifs pour les réutiliser dans des explosifs civils, d'extraire des ressources précieuses à partir de textiles ou d'accessoires en fin de vie ou de transformer des sous-produits alimentaires en ressources nutritionnelles précieuses (p. ex. des vivres).

L'une des principales limites de cet examen est qu'il se concentre principalement sur la fermeture de la boucle de circulation des matières et la gestion des ressources, car il s'agit du point central de la discussion dans la littérature. Cependant, une plus grande attention devrait être accordée à l'éco-conception des produits et équipements militaires (y compris les armes, munitions et explosifs). L'amélioration de la durée de vie, du démontage, de la réparabilité et de la valorisation des articles militaires est non seulement écologique, mais aussi judicieuse sur le plan économique et stratégique, car elle réduit au minimum le besoin de ressources, de composants et de produits vierges (critiques) tout en éliminant les goulots d'étranglement et les inefficacités en fin de vie. La volonté et la pensée stratégiques et politiques en faveur de l'EC dans les FAC sont une condition nécessaire, mais insuffisante. L'innovation ouverte, la pensée conceptuelle et l'éco-conception en collaboration avec des intervenants canadiens tels que les universités, les centres de recherche et les établissements de recherche gouvernementaux sont des pistes prometteuses pour favoriser la fermeture de la boucle de circulation des matières et la gestion des ressources de même que pour mener à bien l'éco-conception réussie pour les forces armées.

Notes

1. J. Korhonen, A. Honkasalo et J. Seppälä, « Circular Economy : The Concept and Its Limitations », *Ecological Economics* 143 (2018), p. 37 à 46.
2. G. C. Nobre et E. Tavares, « The Quest for a Circular Economy Final Definition : A Scientific Perspective », *Journal of Cleaner Production* 314 (2021), p. 127973.
3. S. Geisendorf et F. Pietrulla, « The Circular Economy and Circular Economic Concepts—A Literature Analysis and Redefinition », *Thunderbird International Business Review* 60, n° 5 (2018), p. 771 à 782.
4. T. O'Grady et al., « Design for Disassembly, Deconstruction and Resilience : A Circular Economy Index for the Built Environment », *Resources, Conservation and Recycling* 175 (2021), p. 105847.
5. M. A. A. Khan et al., « Optimal Circular Economy Index Policy in a Production System with Carbon Emissions », *Expert Systems with Applications* 212 (2023), p. 118684.
6. O'Grady et al., « Design for Disassembly ».
7. Khan et al., « Optimal Circular Economy Index Policy ».
8. S. Muñoz, M. R. Hosseini et R. H. Crawford, « Towards a Holistic Assessment of Circular Economy Strategies : The 9R Circularity Index », *Sustainable Production and Consumption* 47 (2024), p. 400 à 412.
9. M. C. den Hollander, C. A. Bakker et E. J. Hultink, « Product Design in a Circular Economy : Development of a Typology of Key Concepts and Terms », *Journal of Industrial Ecology* 21, n° 3 (2017), p. 517 à 525.
10. M. Ertz et al., « Made to Break? A Taxonomy of Business Models on Product Lifetime Extension », *Journal of Cleaner Production* 234 (2019), p. 867 à 880.
11. M. Ertz et al., « Advancing Quantitative Rigor in the Circular Economy Literature : New Methodology for Product Lifetime Extension Business Models », *Resources, Conservation and Recycling* 150 (2019), p. 104437.
12. Muñoz et al., « Towards a Holistic Assessment ».
13. R. Janikowski, « Transformation vers une économie circulaire dans les forces armées polonaises », *Ekonomia i Środowisko* 2, n° 73 (2020), p. 22 à 30.

14. OCDE, *The Circular Economy in Cities and Regions: Synthesis Report* (2020), Tiré de <https://doi.org/10.1787/10ac6ae4-en>.
15. Conseil canadien des ministres de l'environnement, « Matières résiduelles » (2024), Tiré de <https://cme.ca/fr/priorites-actuelles/matieres-residuelles>.
16. Gouvernement du Canada, « Charte sur les plastiques dans les océans » (2024), Tiré de <https://www.canada.ca/fr/environnement-changement-climatique/services/gestion-reduction-dechets/engagements-internationaux/charte-plastiques-ocean.html>.
17. Environnement et Changement climatique Canada, *Un environnement sain et une économie saine* (2020), Tiré de https://www.canada.ca/content/dam/eccc/documents/pdf/climate-change/climate-plan/plan_environnement_sain_economie_saine.pdf.
18. Gouvernement de l'Ontario, *Stratégie pour un Ontario sans déchets : Bâtir une économie circulaire* (2017), Tiré de https://files.ontario.ca/finalstrategywaste-freeont_frn_aoda1_final-s.pdf.
19. RRECO, « L'Économie circulaire » (2024), Tiré de <https://rrecq.ca/>.
20. UNEP, « GACERE - Global Alliance on Circular Economy and Resource Efficiency » (2024), Tiré de <https://www.unep.org/gacere>.
21. IRP, « The International Resource Panel @WCEF » (sans date), Tiré de <https://www.resourcepanel.org/news-events/international-resource-panel-wcef>.
22. Gouvernement du Canada, *Stratégie pour un gouvernement vert : (2025) Une directive du gouvernement du Canada* (2025), Tiré de <https://www.canada.ca/fr/secretariat-conseil-tresor/services/innovation/ecologiser-gouvernement/strategie.html>.
23. PACE, « Platform for Accelerating the Circular Economy » (sans date), Tiré de <https://pacecircular.org/>.
24. R. Yates et al., « Sustainable Disposal Solutions for Weapons, Ordnance, Munitions, and Explosives (WOME) », dans A.S. Cumming (sous la dir. de), *Energetics Science and Technology : An Integrated Approach*, Bristol, R.-U., IOP Publishing, 2022, p. 13-1.
25. National Academies of Sciences, Division on Engineering, Physical Sciences, Board on Army Science et Committee on Alternatives for the Demilitarization of Conventional Munitions, *Alternatives for the Demilitarization of Conventional Munitions*, Washington (DC), Academic Press, 2019.
26. Yates et al., « Sustainable Disposal Solutions ».
27. N. Vučićević, M. Vuković, et M. Papić, « Open Burning and Open Detonation of Explosives : Prediction of Pollutant Emissions », *Environment Protection Engineering* 48, n° 1 (2022), p. 23 à 34.
28. J. Colón, « Science, Colonialism, and the Case for Environmental Justice in Vieques », dans A. Yudkin Suliveres et A. Pascual Moran (sous la dir. de), *Descolonizar la paz : Entramado de Saveres, Resistencias y posibilidades. Antología Conmemorativa del 25 Aniversario de la Catedra UNESCO de Education para la Paz*, Puerto Rico, Catedra UNESCO de Education para la Paz, Universidad de Porto Rico, 2020.
29. G. E. Córdova Vázquez, *Impasse ambiental en Vieques : La Transferencia de terrenos al Servicio de Pesca y Vida Silvestre y su Impacto en el Proceso de Limpieza* [traduction : Impasse environnementale à Vieques : Le transfert de terres au Service de la pêche et de la faune et son incidence sur le processus de nettoyage] (fiche de doctorat, 2021).
30. Yates et al., « Sustainable Disposal Solutions ».
31. *Ibid.*
32. C. Ferreira et al., « A Circular Economy Approach to Military Munitions : Valorization of Energetic Material from Ammunition Disposal Through Incorporation in Civil Explosives », *Sustainability* 11, n° 1 (2019), p. 255.
33. National Academies of Sciences et al., *Alternatives for the Demilitarization of Conventional Munitions*.
34. Ferreira et al., « A Circular Economy Approach ».
35. Muñoz et al., « Towards a Holistic Assessment », p. 402.
36. Ferreira et al., « A Circular Economy Approach ».
37. *Ibid.*
38. Ressources naturelles Canada, *Cahier d'information sur l'énergie 2022-2023* (2022), Tiré de <https://ressources-naturelles.canada.ca/sites/nrcan/files/energy/factbook/2022-2023/PDF/Energy-factbook-2022-2023-FRENCH.pdf>
39. V. B. Grasso, *Rare Earth Elements in National Defense : Background, Oversight Issues, and Options for Congress*, Congressional Research Service, 2013, Tiré de <https://apps.dtic.mil/sti/citations/ADA590410>.
40. Janikowski, « Transformation Towards a Circular Economy ».
41. *Ibid.*
42. L. H. Xavier, M. Ottoni et L. P. Abreu, « A Comprehensive Review of Urban Mining and the Value Recovery from e-waste Materials », *Resources, Conservation and Recycling* 190 (2023), p. 106840.
43. Janikowski, « Transformation Towards a Circular Economy », p. 26.
44. *Ibid.*
45. *Ibid.*
46. N. Moss, I. Henrico et H. Smit, « Food Wastage Management at the South African Military Academy Officers' Mess », *Scientia Militaria : South African Journal of Military Studies* 49, no 2 (2021), p. 83 à 111.
47. *Ibid.*
48. R. S. Alibekov et al., « Review of the Slaughter Waste and the Meat By-Products Recycling Opportunities », *Frontiers in Sustainable Food Systems* 8 (2024), p. 1410640.
49. Janikowski, « Transformation Towards a Circular Economy ».
50. A. Mull, « Seriously, What Are We to Do with Old Clothes? » *The Atlantic*, 3 août 2022, Tiré de <https://www.theatlantic.com/technology/archive/2022/08/what-to-do-with-old-clothing-donation-waste/671043/>.
51. CBC, « What is the Climate-Friendly Way to Get Rid of Worn-Out Clothes and Linens? » *CBC News*, 2 mai 2024, Tiré de <https://www.cbc.ca/news/science/what-on-earth-clothing-disposal-1.7191603>.
52. Circle Economy, « Reshare : Transforming Old Military Uniforms into Humanitarian Aid Blankets », *Circle Economy*, 3 février 2017, Tiré de <https://www.circle-economy.com/resources/reshare-transforming-old-military-uniforms-into-humanitarian-aid-blankets>.
53. Y. Liu et al., « Research Progress and Development Prospects of the Fabric Recycling of Waste Military Uniforms in China », *Advanced Textile Technology* 32, no 1 (2024), p. 119.
54. A. Soekoco et al., « Fabrication of Recycled Polycarbonate Fibre for Thermal Signature Reduction in Camouflage Textiles », *Polymers* 14, n° 10 (2022), p. 1972.
55. L. M. Degenstein et al., « Smart Textiles for Visible and IR Camouflage Application : State-of-the-Art and Microfabrication Path Forward », *Micromachines* 12, no 7 (2021), p. 773.
56. E. Sarigöllü, C. Hou et M. Ertz, « Sustainable Product Disposal : Consumer Redistributing Behaviors versus Hoarding and Throwing Away », *Business Strategy and the Environment* 30, n° 1 (2021), p. 340 à 356.
57. A. Souchen, « Recycling War Machines : Canadian Munitions Disposal, Reverse Logistics, and Economic Recovery after World War II », *Business History* 64, no 5 (2022), p. 984 à 1000.
58. Souchen, « Recycling War Machines », p. 984.
59. Souchen, « Recycling War Machines ».
60. E. Sanci, « What You Need to Know Before Buying Refurbished », *New York Times*, 22 janvier 2021, Tiré de <https://www.nytimes.com/wirecutter/money/buying-refurbished-products/>.
61. C. Denton et H. Weber, « Rethinking Waste Within Business History : A Transnational Perspective on Waste Recycling in World War II », *Business History* 64, n° 5 (2022), p. 855 à 881.
62. Janikowski, « Transformation Towards a Circular Economy ».
63. M. A. Serrato, S. M. Ryan et J. Gaytán, « A Markov Decision Model to Evaluate Outsourcing in Reverse Logistics », *International Journal of Production Research* 45, n° 18-19 (2007), p. 4289 à 4315.
64. T. Efendigil, S. Öñüt et E. Kongar, « A Holistic Approach for Selecting a Third-Party Reverse Logistics Provider in the Presence of Vagueness », *Computers & Industrial Engineering* 54, n° 2 (2008), p. 269 à 287.
65. S. Murali, S. Pugazhendhi et K. Ganesh, « Role of Third Party Logistics Providers in Reverse Logistics », *International Journal of Operations System and Human Resource Management*, vol. 1-2 (2011), p. 77 à 84.
66. A. Rushton, *International Logistics and Supply Chain Outsourcing: From Local to Global*, New York, Kogan Page Publishers, 2007.
67. K. Logožar, « Outsourcing Reverse Logistics », *Zagreb International Review of Economics & Business* 11, n° 2 (2008), p. 35 à 45.
68. A. V. Vasiliasukas, S. Ivanauskas, et K. Čižiūnienė, « Challenges of Ensuring Reverse Logistics in a Military Organization Using Contracting Services », *Sustainability* 16, n° 11 (2024), p. 1 à 21.
69. RRECO, « Feuille de route 2025-2050 : une approche systémique pour la transition vers une économie circulaire de la société québécoise », 2025. Tiré de <https://rrecq.ca/nouvelles/feuille-de-route-2025-2050-une-approche-systemique-pour-la-transition-vers-une-economie-circulaire-de-la-societe-quebecoise/>.