L'UTILISATION DES ARMES À L'URANIUM APPAUVRI DANS LE MONDE

Impacts, controverses et implications

Thierry LAMIREAU

Avertissement : Ce travail ne constitue pas un mémoire universitaire officiel. Il s'agit d'une recherche indépendante réalisée dans un objectif d'information et de sensibilisation sur les enjeux liés à l'utilisation des armes à l'uranium « appauvri » dans le monde. Toute ressemblance éventuelle avec un format académique vise uniquement à favoriser la clarté et la rigueur de l'exposé.

TABLE DES MATIÈRES

1. Introduction

1.1 Objectifs et méthodologie

1.2 Contexte et problématique

1.3 Structure de la thèse

2. Les propriétés et applications des armes à l'uranium appauvri

2.1 Applications militaires

2.2 Historique de l'usage

2.3 Propriétés physiques et chimiques

3. Impacts environnementaux et sanitaires

3.1 Contamination environnementale

3.2 Controverses scientifiques et limites des études

3.3 Risques sanitaires

4. Controverses éthiques et juridiques

5. Analyse géopolitique et stratégique

6. Études de cas

7. Vers une régulation et des alternatives

8. Conclusion

1. Introduction

Les conflits armés, au-delà de leurs bilans humains et matériels immédiats, engagent des dégradations environnementales profondes et durables. De tout temps, la stratégie militaire a instrumentalisé l'environnement,

cherchant à l'exploiter ou à le transformer pour obtenir un avantage tactique, sans considération pour les conséquences écologiques à long terme (Boulanger, 2011, p. 1). Les guerres contemporaines, par leur intensité technologique, ont amplifié ce phénomène.

Les hostilités laissent derrière elles un héritage de destructions qui s'inscrit dans la durée : incendies de puits de pétrole polluant l'atmosphère, déversements massifs d'hydrocarbures dans les mers, bombardements de sites industriels libérant des substances toxiques, et contamination des sols et des eaux par des munitions non explosées. Souvent reléguées au second plan durant les combats, ces atteintes se manifestent longtemps après la cessation des hostilités, affectant la santé des populations et la viabilité de leurs territoires pour des générations (Massa, 2023, p. 3).

Parmi les héritages toxiques des guerres récentes, l'utilisation des armes à l'uranium appauvri (UA) représente une problématique particulièrement complexe et controversée, incarnant la rencontre entre la sophistication balistique et une forme insidieuse de pollution persistante.

L'uranium appauvri est un sous-produit du processus d'enrichissement de l'uranium, qui vise à augmenter la concentration de l'isotope fissile U-235 pour l'industrie nucléaire, tant civile que militaire. Ce processus génère de vastes quantités de ce résidu, composé majoritairement de l'isotope U-238 (Lesna, 2004, p. 5). En raison de sa très haute densité (environ $19\ g/cm^3$, soit 1,7 fois celle du plomb), ce métal lourd est valorisé pour ses propriétés balistiques exceptionnelles. Intégré dans des obus-flèches, il leur confère une capacité de pénétration supérieure, capable de transpercer les blindages les plus résistants (Lesna, 2004, p. 5).

Cependant, son efficacité militaire a un coût environnemental et sanitaire élevé. À l'impact, la munition à l'UA ne se contente pas de perforer sa cible ; elle se fragmente et s'enflamme spontanément, générant un aérosol de microparticules d'oxyde d'uranium, d'une taille allant de deux à dix microns (Lesna, 2004, p. 5). Ces particules peuvent être dispersées par les vents sur de vastes zones, se déposer sur les sols, contaminer les sources d'eau et être inhalées ou ingérées par les êtres humains et les animaux. Une fois dans l'organisme, elles présentent une menace durable, posant la question de la contamination à long terme des écosystèmes et des chaînes alimentaires (Leistner, 2023, p. 59).

La controverse entourant ces armes repose sur leur double toxicité, une dualité qui alimente les incertitudes et les polémiques. D'une part, l'uranium est un métal lourd dont la toxicité chimique est bien documentée. À l'instar du plomb ou du mercure, il exerce des effets délétères sur l'organisme, sa néphrotoxicité (atteinte rénale) étant le symptôme prépondérant. L'uranium, une fois dans le sang, se fixe préférentiellement au niveau des tubules contournés proximaux du rein, pouvant entraîner des néphrites et une altération de la fonction glomérulaire (Gueguen Rouas, 2012, p. 1-2). D'autre part, bien que sa radioactivité soit inférieure de 40% à celle de l'uranium naturel, l'UA reste une substance radioactive émettant principalement des particules alpha. La controverse porte moins sur l'existence de cette radioactivité que sur le degré de sa toxicité, notamment en cas de contamination interne par inhalation ou ingestion (Lesna, 2004, p. 5).

Les débats scientifiques sur les effets des faibles doses de rayonnements ionisants, notamment la pertinence du modèle linéaire sans seuil (RLSS) pour l'évaluation des risques cancérogènes, ajoutent une couche de complexité et d'incertitude (Tubiana et al., 2007, p. 2 ; Bourguignon, 2022, p. 1). Cette complexité est amplifiée par le caractère insidieux du risque, qualifié de menace invisible (Lesna, 2004, p. 75). Contrairement aux dangers conventionnels du champ de bataille, la contamination par l'UA est imperceptible par les sens humains. Elle est tapie dans les formules des physiciens et des chimistes, rendant les populations et les soldats dépendants d'une expertise scientifique loin d'être unanime (Lesna, 2004, p. 75).

Cette situation crée un terrain fertile pour la peur et la méfiance, d'autant que des accusations de désinformation ont émergé. Il a été suggéré que le terme « appauvri » ait été sciemment utilisé pour minimiser la perception du danger et dissocier sémantiquement ces munitions du domaine nucléaire auprès des décideurs politiques et du public (Barrillot, 2001, p. 8). Le contraste entre les discours officiels souvent rassurants et les précautions rigoureuses prises par les militaires lors de la manipulation de ces munitions ne fait qu'accentuer le scepticisme (Barrillot, 2001, p. 8).

C'est dans ce contexte de tensions sanitaires, environnementales, éthiques et géopolitiques que s'inscrit cette recherche. Son ambition est de dépasser la simple description pour analyser en profondeur les fondements techniques, scientifiques, juridiques et stratégiques de l'usage des armes à l'uranium appauvri.

1.1 Objectifs et méthodologie

Afin de répondre de manière systématique à la problématique soulevée, ce mémoire s'engage dans une analyse qualitative et interdisciplinaire, structurée autour de cinq objectifs majeurs :

1. **Décrire et contextualiser :** Établir une base de connaissances factuelles sur les propriétés physiques, chimiques et balistiques de l'UA, ainsi que l'historique de son développement.
2. **Évaluer les impacts :** Analyser les conséquences environnementales et sanitaires, en examinant les risques toxicologiques (chimiques et radiologiques) et les limites des études épidémiologiques existantes.
3. **Analyser les cadres normatifs :** Évaluer si le droit international humanitaire et le droit de l'environnement offrent une protection adéquate contre les risques de l'UA (Massa, 2023, p. 8).
4. **Décrypter les enjeux stratégiques :** Comprendre les rationalités géopolitiques qui motivent l'utilisation continue de ces armements malgré les polémiques, ainsi que le rôle des ONG et des États.
5. **Proposer des pistes de régulation :** Explorer des alternatives technologiques et formuler des recommandations politiques concrètes.

La méthodologie repose sur l'analyse documentaire critique d'un corpus varié (littérature scientifique, rapports du PNUE, textes de droit international, documents militaires) et sur l'étude de cas multiples (guerre du Golfe 1991, Balkans 1994-1999, Irak 2003, Ukraine).

1.2 Contexte et problématique

Les guerres modernes agissent comme des catalyseurs de dégradation écologique. Dans le cas de l'UA, le cœur du problème réside dans sa dualité. Matériau d'une densité exceptionnelle (***18,95 g/cm³***) et doté de propriétés pyrophoriques, il constitue du point de vue militaire l'« arme antichar idéale » (Barrillot, 2001, p. 30). Cependant, sa vaporisation à l'impact en un aérosol de microparticules d'oxyde d'uranium transforme l'acte de guerre cinétique en une source durable de contamination radiologique et chimique.

La polémique, apparue après la guerre du Golfe de 1991 avec le « syndrome de la guerre du Golfe » et prolongée dans les Balkans avec le « syndrome des Balkans », pose des questions éthiques fondamentales : l'institution militaire peut-elle porter atteinte à la santé de ses propres membres et des civils par le biais de ses technologies ? L'absence de certitude scientifique absolue justifie-t-elle l'application du *principe de précaution* pour imposer un moratoire ?

1.3 Structure de la thèse

La recherche est structurée en huit chapitres : après cette introduction (Chapitre 1), le Chapitre 2 détaille les propriétés physico-chimiques et l'historique de l'UA ; le Chapitre 3 examine les impacts environnementaux et sanitaires ainsi que les limites des études ; le Chapitre 4 explore les dimensions éthiques et juridiques ; le Chapitre 5 décrypte les enjeux géopolitiques et industriels ; le Chapitre 6 étudie les cas précis du Golfe, des Balkans, d'Irak et d'Ukraine ; le Chapitre 7 est consacré aux alternatives technologiques et aux régulations ; enfin, le Chapitre 8 conclut l'étude.

2. Les propriétés et applications des armes à l'uranium appauvri

La controverse entourant l'uranium appauvri prend racine dans son opposition fondamentale entre un atout tactique majeur pour les états-majors et un héritage toxique pour les territoires touchés. L'intérêt militaire repose sur deux propriétés uniques : une densité extrême (***18,95 g/cm³***, soit 70% de plus que le plomb) et des propriétés pyrophoriques.

2.1 Applications militaires

L'application offensive principale de l'UA réside dans les munitions perforantes à énergie cinétique (obus-flèches APFSDS). Tirés à des vitesses approchant Mach 5 (***1500 m/s***), ces pénétrateurs concentrent une force colossale sur une surface minimale. L'UA surpasse le tungstène grâce au phénomène de *cisaillement adiabatique* (« auto-affûtage »), lui permettant de conserver sa forme pointue lors de la perforation.

À l'impact, la température dépasse ***600 °C***, déclenchant l'inflammation spontanée du métal. Les fragments incandescent pénètrent le véhicule, provoquant l'explosion des munitions et des réservoirs (Barrillot, 2001, p. 30 ; Massa, 2023, p. 65).

Parmi les vecteurs principaux :

- **États-Unis :** L'avion A-10 « Warthog » et son canon Gatling GAU-8A de 30 mm (tirant des munitions PGU-14), ainsi que les obus de char M829 de 120 mm pour l'Abrams.
- **France :** Production des obus-flèches OFL 105 F2 (pour AMX-30 B2) et OFL 120 F2 (pour char Leclerc), capables de percer 640 mm de blindage à 2000 m (Barrillot, 2001, p. 49).
- **Royaume-Uni & Russie :** Munitions L27A1 pour Challenger 2 et obus 3BK21M pour chars russes T-72/T-80.

Sur le plan défensif, l'UA est utilisé sous forme de plaques insérées dans les blindages composites des chars M1 Abrams américains pour accroître la protection contre les projectiles adverses.

2.2 Historique de l'usage

Les prémices de l'usage de l'uranium en balistique remonte à 1943 sous le IIIe Reich, en remplacement du tungstène (Barrillot, 2001, p. 30). L'usage massif débute lors de la guerre du Golfe en 1991, où la coalition dirigée par les États-Unis a tiré plus de 940 000 projectiles de 30 mm et 14 000 obus de char, dispersant environ 40 tonnes d'UA (Mathieu, 2001, p. 2). Suivront les opérations en Bosnie (1994-1995, 10 800 tirs) et au Kosovo (1999, 31 000 tirs par l'OTAN), puis l'invasion de l'Irak en 2003.

2.3 Propriétés physiques et chimiques

L'UA est composé à 99,8% d'U-238, avec environ 0,2% d'U-235 résiduel. Sa radioactivité spécifique est inférieure d'environ 40% à celle de l'uranium naturel (*14 400 Bq/g* contre *25 200 Bq/g*) (LE SCANDALE DU STOCKAGE D'OXYDE, 2023, p. 7). Émetteur principalement alpha, il présente un risque d'irradiation externe faible, mais une toxicité interne élevée en cas d'inhalation ou d'ingestion.

> **Point critique : La contamination par retraitement**
>
> Si l'UA provient du retraitement de combustible nucléaire usé (et non de minerai vierge), il peut contenir des traces de plutonium, de neptunium ou d'uranium-236, décuplant sa radiotoxicité et son potentiel cancérigène (Massa, 2023, p. 65 ; Lesna, 2004, p. 23).

3. Impacts environnementaux et sanitaires

3.1 Contamination environnementale

À l'impact, jusqu'à 60% de la masse du pénétrateur se transforme en un aérosol de microparticules d'oxydes d'uranium (*UO_2*, *U_3O_8*). Ces particules sont transportées par les vents sur de grandes distances, retombent sur les sols, percolent vers les nappes phréatiques et s'accumulent dans les réseaux trophiques (Leistner, 2023, p. 94). Avec une demi-vie de l'U-238 fixée à *4,51 milliards d'années*, cette contamination s'inscrit à l'échelle des temps géologiques.

3.2 Controverses scientifiques et limites des études

Établir une causalité directe entre l'UA et les pathologies observées se heurte à la nature « multitoxique » des champs de bataille (expositions simultanées aux vaccins, pesticides, fumées de pétrole, stress) (Lesna, 2004, p. 62). Le débat scientifique oppose les tenants du modèle « linéaire sans seuil » (LSS) à ceux qui estiment le risque radiologique négligeable aux faibles doses (Tubiana, 1996, p. 27). La politisation des données et l'opacité institutionnelle (notamment l'influence de l'AIEA sur l'OMS) freinent l'émergence d'une expertise indépendante indiscutable (Parsons, 2002, p. 4).

3.3 Risques sanitaires

Les risques sanitaires sont doubles :

- **Toxicité chimique (Néphrotoxicité) :** L'uranium est un métal lourd qui se fixe sur les tubules contournés proximaux du rein, pouvant entraîner des néphrites aiguës ou chroniques et des lésions cellulaires par stress oxydant (Gueguen Rouas, 2012, p. 1).
- **Radiotoxicité & Cancers :** L'inhalation de particules d'aérosol entraîne une irradiation alpha localisée et prolongée des tissus pulmonaires et osseux, suspectée d'induire des leucémies, des lymphomes et des malformations congénitales chez les descendants des personnes exposées (Mathieu, 2001, p. 2).

4. Controverses éthiques et juridiques

Sur le plan éthique, l'emploi de l'UA remet en cause le principe de responsabilité envers les combattants et les populations non-combattantes. Du point de vue du droit international humanitaire (DIH), l'UA entre en tension directe avec les principes fondamentaux du droit des conflits armés : la distinction entre civils et combattants, la prohibition des maux superflus et des souffrances inutiles, et la protection de l'environnement naturel contre des dommages étendus, durables et graves (Conventions de Genève, Protocole I, art. 35 et 55). L'application du *principe de précaution* est régulièrement invoquée par les juristes pour demander une interdiction globale de ces armements.

5. Analyse géopolitique et stratégique

L'utilisation continue de l'UA s'explique par la suprématie tactique qu'il confère contre les blindages modernes et par l'absence d'un substitut présentant exactement le même rapport coût-performance. De plus, son emploi permet à l'industrie nucléaire de valoriser de manière rentable des stocks colossaux de déchets issus de l'enrichissement. L'opacité entretenue par les grandes puissances militaires vise à prévenir des réclamations financières massives liées aux indemnisations de santé et à la dépollution des zones de combat.

6. Études de cas

- **Guerre du Golfe (1991) :** Premier usage massif (40 tonnes d'UA). Naissance du « syndrome de la guerre du Golfe » et hausses documentées de cancers et malformations en Irak du Sud.
- **Conflit des Balkans (1994-1999) :** Utilisation intensive en Bosnie et au Kosovo par l'OTAN. Émergence de la crise politique du « syndrome des Balkans » chez les Casques bleus européens.
- **Guerre en Irak (2003) :** Emploi massif en zone urbaine, intensifiant l'exposition civile chronique.
- **Spéculations sur l'Ukraine :** Réactivation récente du débat avec la livraison confirmée de munitions à l'UA (notamment britanniques et américaines) dans le cadre du conflit russo-ukrainien.

7. Vers une régulation et des alternatives

Plusieurs pays (comme la Belgique) ont déjà interdit les munitions à l'UA sur leur territoire. Des résolutions répétées de l'Assemblée générale des Nations Unies appellent à un moratoire international. Sur le plan technologique, la recherche se tourne vers des alliages avancés de tungstène de haute densité, bien que leur coût de production reste supérieur et leur comportement balistique légèrement différent.

8. Conclusion

Les armes à l'uranium appauvri illustrent la déconnexion dramatique entre l'efficacité militaire immédiate et ses coûts humains et environnementaux différés. Ce travail met en lumière la nécessité d'appliquer le principe de précaution à l'échelle globale et d'établir une régulation juridique stricte visant l'interdiction de ces munitions, afin de préserver la santé des populations civiles et l'intégrité des écosystèmes futurs.