L'utilisation des armes à l'uranium appauvri dans le monde : impacts, controverses et implications.

Thierry LAMIREAU

Mémoire / L'utilisation des armes à l'uranium appauvri dans le monde : impacts, controverses et implications

Introduction 4
1.1 Objectifs et méthodologie 5
1.2 Contexte et problématique 6
1.3 Structure de la thèse 8
Les propriétés et applications des armes à l'uranium appauvri 9
2.1 Applications militaires 11
2.2 Historique de l’usage 13
2.3 Propriétés physiques et chimiques 16
Impacts environnementaux et sanitaires 18
3.1 Contamination environnementale 20
3.2 Controverses scientifiques et limites des études 22
3.3 Risques sanitaires 25
Controverses éthiques et juridiques 28
4.1 Cadre juridique international 30
4.2 Débats éthiques 32
4.3 Réactions internationales et rôle des ONG 35
Analyse géopolitique et stratégique 37
5.1 Raisons de l'utilisation continue 38
5.2 Spéculations récentes et opacité 41
5.3 Tensions géopolitiques et réactions des pays affectés 43
5.4 Gestion des déchets nucléaires 46
Études de cas 48
6.1 Guerre du Golfe (1991) 49
6.2 Guerre en Irak (2003) 52
6.3 Spéculations sur l'Ukraine 53
6.4 Conflit des Balkans (1994-1999) 56
Vers une régulation et des alternatives 58
7.1 Recommandations 60
7.2 Alternatives technologiques 63
7.3 Efforts de régulation et moratoire 66
Conclusion 68
8.1 Perspectives futures 69
8.2 Synthèse des findings 70
Bibliographie 73

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.

Introduction

Les conflits armés, au-delà de leurs bilans humains et matériels immédiats, engendrent 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 hostilités, ces atteintes se manifestent longtemps après la cessation des combats, 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/cm³, 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. 2, Gueguen Rouas, 2012, p. 1). 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 même les soldats dépendants d'une expertise scientifique qui est 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 sur l'innocuité de ces armes et les précautions rigoureuses prises par les militaires lors des essais et de la manipulation de ces mêmes munitions ne fait qu'accentuer le scepticisme et alimenter la controverse (Barrillot-2001, p. 8).

C'est dans ce contexte de tensions sanitaires, environnementales, éthiques et géopolitiques que s'inscrit ce travail. Il a pour ambition de dépasser la simple description de la polémique pour en analyser les fondements techniques, scientifiques, juridiques et stratégiques. Il s'agira d'examiner de manière approfondie l'utilisation des armes à l'uranium appauvri, en analysant leurs propriétés, les impacts avérés et potentiels de leur emploi, les controverses qu'elles suscitent, ainsi que le cadre juridique international dont l'efficacité est débattue. L'objectif est de fournir une analyse exhaustive et nuancée des raisons qui motivent leur déploiement continu, des conséquences à court et long termes pour les populations et l'environnement, et des perspectives d'une gestion plus responsable, incluant d'éventuelles alternatives. Pour ce faire, l'analyse s'appuiera sur une revue de la littérature scientifique et sur des études de cas emblématiques, comme les guerres du Golfe et des Balkans. Ce chapitre introductif a pour vocation de poser les fondements de cette démarche : il présentera les objectifs et la méthodologie de la recherche (1.1), délimitera en détail le contexte et la problématique (1.2), puis exposera la structure complète de la thèse (1.3).

1.1 Objectifs et méthodologie

Afin de répondre de manière systématique à la problématique complexe soulevée par l'utilisation des armes à uranium appauvri (UA), ce mémoire s'engage dans une analyse exhaustive et multidimensionnelle de ce phénomène. L'objectif est d'en éclairer les fondements techniques, les conséquences multiples et les vives controverses qu'il engendre. Pour ce faire, notre recherche s'articule autour de plusieurs objectifs spécifiques et s'appuie sur une méthodologie rigoureuse, conçue pour naviguer un sujet où s'entremêlent des enjeux scientifiques, juridiques et politiques.

Objectifs de la recherche

Cet objectif général se décline en plusieurs axes de recherche interdépendants : 1. Décrire et contextualiser : Il s'agit d'établir une base de connaissances factuelles en décrivant les propriétés physiques, chimiques et balistiques de l'uranium appauvri, ainsi que l'historique de son développement et de son utilisation dans les conflits armés modernes. 2. Évaluer les impacts : L'analyse portera de manière systématique sur les conséquences environnementales et sanitaires de l'utilisation de ces armes. Cela inclut l'étude de la contamination durable des écosystèmes, ainsi que l'examen approfondi des risques toxicologiques (chimiques et radiologiques) pour les militaires et les populations civiles. Une attention particulière sera accordée à la nature des controverses scientifiques et aux limites méthodologiques des études épidémiologiques existantes. 3. Analyser les cadres normatifs : La thèse examinera de manière critique les débats éthiques et le cadre juridique international applicable. Il s'agira d'évaluer si le droit international humanitaire et le droit de l'environnement offrent une protection adéquate et effective contre les risques posés par les armes à l'UA (Massa-2023, p. 8). 4. Décrypter les enjeux stratégiques et politiques : Un autre objectif est de comprendre les rationalités géopolitiques et stratégiques qui motivent l'utilisation continue de ces armements malgré les polémiques, ainsi que d'analyser les réactions des États, des institutions internationales et le rôle crucial des organisations non gouvernementales dans la publicisation de l'enjeu. 5. Proposer des pistes de régulation : Finalement, ce mémoire a pour ambition de dépasser le constat en proposant des pistes de réflexion pour une gestion plus responsable de cet héritage toxique, en explorant les efforts de régulation, les alternatives technologiques et des recommandations politiques concrètes.

Approche méthodologique

Pour atteindre ces objectifs, cette recherche adopte une approche qualitative et interdisciplinaire, convoquant des outils issus des sciences politiques, du droit, de la sociologie des sciences et des études environnementales. Elle combine un examen critique du cadre théorique et juridique avec une analyse approfondie de cas pratiques, destinée à mettre en lumière les failles éventuelles du régime de protection existant sur le terrain (Massa-2023, p. 9). La méthodologie repose sur deux piliers principaux :

1. Une analyse documentaire et une revue critique de la littérature : Cette démarche consiste à synthétiser et à analyser un corpus de sources diversifié. Celui-ci inclut des publications scientifiques spécialisées en toxicologie et en sciences de l'environnement (Leistner, 2023, p. 14), des rapports d'organisations internationales comme le Programme des Nations Unies pour l'Environnement (PNUE), des textes de droit international, des documents stratégiques militaires, des témoignages de vétérans, ainsi que des travaux en sciences sociales sur la gestion des risques et les controverses sociotechniques. L'analyse des productions médiatiques sera également mobilisée pour comprendre comment la polémique a été construite et portée sur la place publique (Lesna-2004, p. 6).

2. L'étude de cas multiples : Adoptée comme méthode de recherche principale, l'étude de cas permet d'ancrer l'analyse théorique dans des contextes conflictuels précis, qui ont chacun marqué une étape dans la prise de conscience du problème (Tranquillo-2023, p. 6). Les conflits de la guerre du Golfe (1991), des Balkans (1994-1999) et de la guerre en Irak (2003) seront examinés en détail. Cette approche a une double visée : elle est descriptive, en fournissant des faits sur l'ampleur de l'utilisation et ses conséquences documentées, et exploratoire, en servant à identifier les lacunes des cadres juridiques et politiques face à des situations réelles (Tranquillo-2023, p. 6).

Une telle démarche n'est cependant pas exempte de défis méthodologiques. L'évaluation des conséquences est souvent entravée par l'opacité des données militaires, les difficultés d'accès aux terrains post-conflit et les retards dans la mise en œuvre des études d'impact (Leistner, 2023, p. 56). Les États belligérants adoptent fréquemment des « stratégies d'éloignement » temporelles ou juridiques pour se distancier de leurs responsabilités (Leistner, 2023, p. 57). De plus, la controverse est structurée par une dépendance à la science comme unique méthode de validation des risques, une posture qui peut être instrumentalisée pour maintenir une « incertitude profitable » aux intérêts politiques et économiques (Petriccione-2004, p. 15). Le présent mémoire intègre ces contraintes non seulement comme des limites, mais aussi comme un objet d'analyse à part entière, s'efforçant de naviguer ces complexités avec la rigueur requise. Cette reconnaissance des obstacles fait partie intégrante de la démarche scientifique adoptée.

1.2 Contexte et problématique

Les conflits armés modernes, par leur intensité et leur sophistication technologique, engendrent des répercussions qui transcendent largement la durée des hostilités. Historiquement, les préoccupations environnementales ont été reléguées au second plan face aux impératifs stratégiques. Comme le soulignent les théoriciens de la stratégie militaire, l'environnement a souvent été perçu non comme un patrimoine à protéger, mais comme un théâtre d'opérations à exploiter ou à altérer pour obtenir un avantage tactique. Les guerres du XXe et XXIe siècles illustrent abondamment cette réalité, de la défoliation massive au Viêtnam aux incendies de puits de pétrole lors de la guerre du Golfe. Ces actions, souvent délibérées, ne se contentent pas de déclencher des pollutions ; elles les agglomèrent, les révèlent et les exacerbent, agissant comme un catalyseur sur des écosystèmes déjà fragilisés.

Ainsi, les conflits armés laissent derrière eux des séquelles profondes et durables, transformant les paysages, contaminant les ressources et compromettant la santé des populations pour des décennies.

Au sein de cette problématique plus large des impacts environnementaux des conflits, l'utilisation des armes à uranium appauvri (UA) constitue un cas d'étude particulièrement complexe et controversé. L'uranium appauvri est un sous-produit du processus d'enrichissement de l'uranium, principalement composé de l'isotope non fissile U-238 (environ 99,8 %) et d'une très faible proportion d'U-235 (environ 0,2 %). Il s'agit d'un métal lourd d'une densité exceptionnellement élevée (18,95 g/cm³), qui confère aux munitions une capacité de perforation supérieure, notamment pour les obus-flèches antichars. Sa propriété pyrophorique, qui provoque son inflammation spontanée à l'impact, accroît encore son efficacité destructrice en générant des températures extrêmes à l'intérieur de la cible. Cet avantage balistique explique son adoption par plusieurs armées depuis la fin du XXe siècle.

La problématique centrale de ces armements réside dans leur double nature. Lors de l'impact, une partie de la munition à l'UA se pulvérise en un aérosol de fines particules d'oxyde d'uranium, de l'ordre de quelques microns, qui peuvent être dispersées par le vent sur plusieurs kilomètres avant de se déposer. Cette dispersion génère un « héritage environnemental toxique », porteur d'un risque à la fois chimique et radiologique. Si la toxicité chimique de l'uranium en tant que métal lourd est avérée et bien documentée, provoquant principalement des pathologies rénales (néphrotoxicité), sa radiotoxicité, bien que faible, fait l'objet d'une vive controverse scientifique et publique. L'uranium, filtré par les reins, se dépose sur les cellules tubulaires et peut y causer des dommages cellulaires irréversibles. Le débat le plus intense porte cependant sur les risques liés à une exposition interne chronique, suite à l'inhalation de ces particules. Une fois logées dans les poumons ou d'autres organes, elles peuvent irradier les tissus environnants sur de très longues périodes, soulevant des craintes quant au développement de pathologies graves, comme les leucémies et autres cancers.

Cette controverse a émergé avec force dans l'espace public à la suite de la guerre du Golfe de 1991. Des vétérans, d'abord américains puis européens, ont signalé un ensemble de pathologies chroniques et invalidantes regroupées sous l'appellation de « syndrome de la guerre du Golfe », mettant en cause leur exposition potentielle à l'uranium appauvri parmi d'autres agents toxiques. La société civile, par l'intermédiaire d'associations de vétérans particulièrement actives aux États-Unis, a joué un rôle déterminant dans la publicisation de cet enjeu. En Europe, et notamment en France, la polémique a pris de l'ampleur plus tardivement, lors des opérations militaires au Kosovo à la fin des années 1990. Cette mobilisation a structuré le débat public autour d'une opposition entre la société civile, exigeant transparence et reconnaissance, et les institutions étatiques, notamment les ministères de la Défense, qui ont longtemps tendu à minimiser les risques.

Dès lors, la problématique a dépassé le seul cadre scientifique pour devenir un enjeu éthique, juridique et politique majeur. Sur le plan éthique, elle pose une question fondamentale : « l'institution militaire peut-elle porter atteinte à la sécurité sanitaire de ses propres membres par l'utilisation des technologies qu'elle met en œuvre ou qu'elle teste ? ». Cette interrogation s'étend naturellement aux populations civiles des zones de conflit, exposées malgré elles à une contamination durable. Sur le plan juridique, l'incertitude scientifique a conduit à des appels à l'application du « principe de précaution ». Ce principe, né dans le droit de l'environnement, stipule que « l'absence de certitudes, compte tenu des connaissances scientifiques et techniques du moment, ne doit pas retarder l'adoption de mesures effectives et proportionnées visant à prévenir un risque de dommages graves et irréversibles ». Il est particulièrement pertinent pour les risques technologiques à effets différés, comme ceux de l'amiante ou de l'irradiation nucléaire, où le lien de cause à effet est long et difficile à établir. Le rejet de moratoires sur l'utilisation des armes à l'UA a ainsi été dénoncé comme une violation de ce principe.

Politiquement, le débat est souvent caractérisé par une opacité des États utilisateurs et une instrumentalisation de l'incertitude. Des critiques accusent les autorités de dissimulation, motivée par la crainte de reconnaître une erreur inacceptable (avoir exposé des troupes sans protection adéquate) ou par des enjeux économicopolitiques inavouables, comme la gestion à faible coût des déchets issus de l'industrie nucléaire ou la volonté d'éviter d'onéreuses indemnisations et des opérations de dépollution complexes. La nature « invisible » de la menace, qui « échappe à nos perceptions » et reste « tapie dans les formules des physiciens et des chimistes », ne fait qu'exacerber l'appréhension et la complexité de la polémique, rendant le public dépendant de discours d'experts souvent contradictoires. L'absence de clôture du débat scientifique permet ainsi sa réactivation politique à chaque nouveau conflit où l'usage de ces armes est suspecté ou avéré.

L'actualité récente, notamment les spéculations sur la fourniture et l'utilisation de ces munitions dans le conflit en Ukraine, démontre que cette question conserve toute sa pertinence. Le présent mémoire se situe au cœur de cette tension fondamentale : il vise à analyser l'équilibre précaire entre l'utilité militaire revendiquée des armes à l'UA et les conséquences environnementales, sanitaires et sociales, avérées ou suspectées, qu'elles entraînent. Il s'agira de démêler un écheveau complexe où s'entremêlent des considérations tactiques, des incertitudes scientifiques, des controverses éthiques et un cadre juridique international lacunaire, afin de répondre à la question centrale de la gestion responsable de cet héritage toxique des guerres contemporaines.

1.3 Structure de la thèse

Afin de répondre de manière systématique à la problématique soulevée, ce mémoire s'articule selon une progression analytique visant à élucider les différentes dimensions de l'utilisation des armes à uranium appauvri (UA), depuis leurs fondements techniques jusqu'à leurs implications géopolitiques.

Le deuxième chapitre posera les fondations techniques et historiques de l'étude. Il y sera détaillé les propriétés physiques et chimiques de l'uranium appauvri, qui déterminent à la fois son efficacité balistique et sa toxicité potentielle. Ce chapitre retracera également la genèse de ces armements et leur historique d'emploi dans les conflits, fournissant un contexte indispensable à la compréhension des enjeux qui en découlent.

S'appuyant sur cette base, le troisième chapitre examinera les conséquences directes sur les plans environnemental et sanitaire. L'analyse portera sur la contamination durable des écosystèmes et les risques toxicologiques, chimiques et radiologiques, pour les combattants et les populations civiles. Une attention particulière sera accordée aux controverses scientifiques et aux limites méthodologiques des études existantes, qui structurent le débat public.

Le quatrième chapitre élargira l'analyse aux dimensions normatives et sociétales. Il explorera les débats éthiques, notamment au regard du principe de précaution, et évaluera l'adéquation du cadre juridique international actuel. Le rôle des acteurs de la société civile, en particulier les organisations non gouvernementales (ONG), dans la publicisation de cet enjeu et l'orientation des réactions internationales sera également analysé.

Le cinquième chapitre adoptera une perspective géopolitique et stratégique pour élucider les raisons de leur utilisation continue. Il s'attachera à décrypter les rationalités militaires qui sous-tendent leur emploi, l'opacité maintenue par les États utilisateurs et les liens possibles avec la gestion des déchets de l'industrie nucléaire.

Pour ancrer l'analyse dans des contextes concrets, le sixième chapitre mobilisera l'étude de cas multiples, une approche méthodologique centrale de cette recherche (Tranquillo-2023, p. 6). Les conflits de la guerre du Golfe (1991), des Balkans (1994-1999) et de la guerre en Irak (2003) illustreront les dynamiques décrites. Les spéculations récentes relatives au conflit en Ukraine seront également discutées pour souligner la pertinence contemporaine du sujet.

Dépassant le constat, le septième chapitre s'orientera vers une approche prospective. Il évaluera les efforts de régulation internationale visant à un moratoire ou une interdiction, formulera des recommandations pour une gestion plus responsable de cet héritage toxique et explorera les alternatives technologiques.

Enfin, le huitième chapitre constituera la conclusion de ce travail. Il proposera une synthèse des principaux résultats, démontrant comment ils répondent à la problématique de départ. Cette conclusion ouvrira également des perspectives sur l'évolution future de la controverse et identifiera des axes de recherche complémentaires.

Les propriétés et applications des armes à l'uranium appauvri

La controverse entourant les armes à l'uranium appauvri (UA), esquissée en introduction, prend racine dans leur dualité fondamentale : un atout tactique revendiqué par les états-majors et un héritage toxique potentiel dont les conséquences à long terme alimentent les inquiétudes. Pour appréhender la complexité des débats sanitaires, éthiques et juridiques qui seront abordés ultérieurement, il est impératif d'analyser en premier lieu la nature même de ce matériau, les fondements de son adoption par les forces armées et le contexte de son déploiement. Le discours militaire se concentre quasi exclusivement sur la performance balistique, évaluant le matériau à l'aune de son efficacité destructrice. À l'inverse, le discours critique se focalise sur les propriétés chimiques et radiologiques qui se manifestent après l'impact, générant une menace qualifiée d' « invisible » (Lesna-2004, p. 75) pour les combattants et les populations civiles. Ce chapitre a pour objectif d'établir la base technique indispensable à la compréhension de cette dichotomie. Il se propose de déconstruire l'objet technique pour mieux comprendre l'objet politique, en explorant les caractéristiques de l'UA qui justifient son utilisation dans le domaine de l'armement.

L'intérêt militaire pour l'UA repose sur la combinaison de deux propriétés physiques exceptionnelles : une densité extrême et un caractère pyrophorique. D'une part, sa très haute densité (18,95 g/cm³), supérieure d'environ 70 % à celle du plomb, en fait l'un des métaux les plus denses disponibles en grande quantité (Lesna-2004, p. 5). Cette caractéristique est cruciale pour les munitions dites à énergie cinétique (ou obus-flèches), dont l'efficacité ne dépend pas d'une charge explosive mais de la masse et de la vitesse du projectile. En concentrant une masse maximale dans un volume minimal, les pénétrateurs en UA maximisent l'énergie cinétique à l'impact, leur conférant une capacité de perforation que peu de matériaux peuvent égaler. Ils sont ainsi capables de percer les blindages les plus résistants, comme ceux des chars de combat modernes. À titre d'exemple, la munition française de 120 mm OFL 120 F2, destinée au char Leclerc, peut traverser 640 mm de blindage à une distance de deux mille mètres (Barrillot-2001, p. 49). D'autre part, son caractère pyrophorique, c'est-à-dire sa capacité à s'enflammer spontanément au contact de l'air sous l'effet des très hautes températures générées par l'impact, ajoute un effet secondaire dévastateur (Barrillot-2001, p. 30). Une fois le blindage percé, le pénétrateur fragmenté s'enflamme à l'intérieur du véhicule cible, provoquant une augmentation brutale de la température et de la pression, susceptible d'incinérer l'équipage et de faire détoner les munitions embarquées. Cette combinaison unique fait de l'UA, du point de vue purement tactique, une « arme antichar idéale » (Barrillot-2001, p. 30).

Cependant, c'est cette même propriété pyrophorique qui est à l'origine de la principale préoccupation sanitaire et environnementale. Lors de sa combustion, une part significative du pénétrateur – estimée jusqu'à 60 % par certains experts – se pulvérise en un aérosol de fines particules d'oxydes d'uranium (UO_2, U_3O_8), dont la taille peut descendre à quelques microns (Barrillot-2001, p. 115). Ces particules peuvent être dispersées par le vent sur de vastes zones, contaminant les sols, l'eau et l'air, avant d'être potentiellement inhalées ou ingérées par les êtres humains. Il convient de rappeler que l'uranium appauvri est un sous-produit du processus d'enrichissement de l'uranium naturel. Ce dernier est composé de plusieurs isotopes, principalement l'U-238 (environ 99,3 %) et l'U-235 (environ 0,7 %), seul isotope fissile. Pour les applications nucléaires (centrales et armement), la concentration en U-235 doit être augmentée. Le processus d'enrichissement retire une partie de l'U-235, laissant derrière lui de grandes quantités d'uranium « appauvri », qui est donc composé à plus de 99,7 % d'U-238 (Lesna-2004, p. 5). Cet état de fait a une conséquence politico-économique majeure : l'industrie nucléaire mondiale a généré d'immenses stocks de ce déchet, dont la gestion est coûteuse. Son utilisation dans l'armement représente ainsi une solution économiquement avantageuse pour « écouler l'énorme stock de déchets nucléaires » (Lesna-2004, p. 59), transformant un passif environnemental en un actif stratégique.

Bien que ses propriétés, notamment sa densité, aient trouvé des applications civiles – comme élément de lestage et de contrepoids dans l'aéronautique, ou comme écran de protection contre les rayonnements (Massa-2023, p. 65) –, les conditions d'utilisation et les risques associés sont radicalement différents. L'accident du Boeing 747 d'El Al à Amsterdam en 1992, qui transportait 390 kg d'UA comme contrepoids, a tragiquement illustré ce danger : on estime que plus de 150 kg se sont consumés dans l'incendie, dispersant des oxydes d'uranium sur une zone résidentielle et soulevant des questions sanitaires similaires à celles des vétérans (Barrillot-2001, p. 26, Lesna-2004, p. 62). Si la toxicité chimique de l'uranium en tant que métal lourd est bien établie, provoquant notamment des atteintes rénales (Lesna-2004, p. 5), sa radiotoxicité (environ 60 % de celle de l'uranium naturel (Massa-2023, p. 65), reste l'objet d'intenses controverses, particulièrement dans le cas d'une exposition interne chronique par inhalation de particules. De plus, la composition de l'UA peut varier : s'il provient du retraitement de combustible nucléaire usé, il peut contenir des traces d'isotopes beaucoup plus radiotoxiques, comme le plutonium ou l'uranium-236, le rendant plus dangereux que l'UA issu de l'enrichissement de minerai brut (Massa-2023, p. 65).

Afin de construire une base de connaissance solide et nuancée, ce chapitre s'articulera en trois temps. L'analyse débutera par l'examen détaillé des propriétés physiques et chimiques de l'UA, en approfondissant les aspects métallurgiques et radiologiques qui déterminent son double visage d'atout militaire et de contaminant potentiel. Seront ensuite décrites ses principales applications militaires, en passant en revue les différents types de munitions (projectiles de 20, 25, 30, 105 et 120 mm) et les systèmes d'armes qui les emploient, comme l'avion A-10 ou le char Abrams (Barrillot-2001, p. 34). Enfin, un historique de son usage retracera la genèse de cette technologie et son déploiement dans les conflits armés, de la guerre du Golfe aux Balkans, en passant par l'Irak. Cette section rappellera que l'idée d'utiliser l'uranium pour ses propriétés balistiques n'est pas nouvelle, puisque ses prémices remontent à 1943, lorsque l'Allemagne nazie l'utilisa en remplacement du tungstène devenu rare (Barrillot-2001, p. 30). Cette analyse technique et factuelle constitue un préalable indispensable pour évaluer de manière rigoureuse, dans les chapitres suivants, les impacts environnementaux et sanitaires ainsi que les implications géopolitiques et juridiques soulevées par l'emploi de ces munitions. Comprendre la machine de guerre dans ses rouages matériels est la condition sine qua non pour pouvoir ensuite en analyser les conséquences humaines et environnementales.

2.1 Applications militaires

Les propriétés physiques et chimiques singulières de l'uranium appauvri (UA), analysées précédemment, sont mises à profit pour des applications militaires spécifiques, transformant ce sous-produit de l'industrie nucléaire en un composant stratégique des arsenaux modernes. La combinaison de sa densité extrême et de son caractère pyrophorique en a fait un matériau de choix pour les conflits de haute intensité, bien que son utilisation ne soit pas une innovation récente. Dès 1943, le ministre de l'armement du IIIe Reich, Albert Speer, avait fait usage de l'uranium naturel pour la fabrication d'obus en remplacement du tungstène, dont l'approvisionnement était devenu impossible (Barrillot-2001, p. 30). C'est cependant au cours de la seconde moitié du XXe siècle que les recherches, notamment américaines, ont systématisé l'emploi de l'UA, l'établissant comme un matériau de référence pour des applications tant offensives que défensives.

L'Application Offensive : La Munition Perforante à Énergie Cinétique

L'application offensive la plus répandue et la plus décisive de l'UA est la fabrication de munitions perforantes à énergie cinétique, et plus particulièrement des obus-flèches (APFSDS - *Armor-Piercing Fin-Stabilized Discarding Sabot*). Le principe fondamental de ces armes repose sur la maximisation de l'énergie cinétique ($Ec = ½mv^2$) délivrée sur une surface d'impact minimale. La densité exceptionnelle de l'UA (18,95 g/cm³), souvent allié à une faible proportion de titane pour en accroître la dureté (Barrillot-2001, p. 30), permet de concevoir des pénétrateurs longs, fins et extrêmement lourds. Tirés à très haute vitesse, ces « barreaux » métalliques concentrent une force colossale, leur conférant une capacité de pénétration supérieure à celle de la plupart des autres matériaux. C'est cette caractéristique qui justifie son emploi par le ministère français de la Défense, en raison des « propriétés physiques uniques de ce métal qui lui confèrent la capacité de pénétrer profondément les blindages les plus résistants » (Barrillot-2001, p. 55). L'UA surpasse même son principal concurrent, le tungstène, grâce à un phénomène de cisaillement adiabatique connu sous le nom d'« auto-affûtage », qui lui permet de conserver une forme pointue lors de la pénétration là où le tungstène tend à s'émousser.

Cependant, la performance de ces munitions ne se limite pas à la seule perforation. Le caractère pyrophorique de l'uranium ajoute un effet secondaire dévastateur, qualifié d'effet « perforant-incendiaire ». Lors de l'impact à très haute vitesse, la friction et la compression extrêmes génèrent une chaleur intense, portant la température du projectile au-delà de 600°C (Massa-2023, p. 65). À cette température, l'uranium s'enflamme spontanément au contact de l'oxygène. Les fragments du pénétrateur qui traversent le blindage se dispersent à l'intérieur du véhicule cible sous la forme d'un aérosol de particules d'oxydes d'uranium incandescentes. Cet aérosol enflammé provoque une augmentation brutale de la température et de la pression à l'intérieur de l'habitacle, déclenchant des incendies, l'explosion des munitions et du carburant stockés, et neutralisant ainsi l'équipage (Barrillot-2001, p. 30, Massa-2023, p. 65). Cette synergie entre un effet perforant extrême et un effet incendiaire et pyrotechnique majeur est ce qui fait des munitions à l'UA, du point de vue de leurs utilisateurs, « l'arme antichar idéale » (Barrillot-2001, p. 30).

Les performances rapportées sur le champ de bataille sont significatives. La vitesse d'un projectile à l'UA peut avoisiner Mach 5 (environ 1500 m/s) avec une portée efficace dépassant les 3000 mètres, soit près de 1000 mètres de plus que les obus au tungstène conventionnels. Des experts militaires ont même suggéré que lors de la guerre du Golfe, certains tirs pouvaient transpercer un char de part en part et en atteindre un second situé derrière (Barrillot-2001, p. 72).

Cette efficacité tactique a conduit au développement et à l'intégration de ces technologies par plusieurs puissances militaires. * Les États-Unis : Pionniers et principaux utilisateurs, les États-Unis disposent d'une panoplie complète d'armements à l'UA. L'exemple le plus emblématique est le système d'arme de l'avion d'attaque au sol A-10 « Warthog ». Conçu dans les années 1970 sous la direction de l'ingénieur Pierre Sprey, cet avion a été articulé autour de son arme principale : un canon rotatif Gatling

GAU-8A de six mètres de long et pesant 1800 kg (Barrillot-2001, p. 32). Ce canon est alimenté par jusqu'à 1350 cartouches PGU-14 de 30 mm à l'UA, qu'il peut tirer à une cadence de 4200 coups par minute (Barrillot-2001, p. 32). L'arsenal américain ne se limite pas à l'US Air Force. L'armée de terre (US Army) a également adopté l'UA pour une vaste gamme de calibres, allant des munitions de 7,62 mm sous forme de « fléchettes » pour fusils d'assaut, aux munitions de 25 mm (M919) pour les véhicules de combat d'infanterie, jusqu'aux obus de char de 105 mm et 120 mm (Barrillot-2001, p. 33, Barrillot-2001, p. 34). La production est assurée par un complexe militaro-industriel incluant des firmes comme Aerojet, Olin Ordnance, et Primex Technologies. En 2000, ces entreprises avaient déjà fabriqué plus de cent millions de cartouches pour le seul canon GAU-8A (Barrillot-2001, p. 33). Il est à noter que les pénétrateurs en UA des munitions PGU-14 déclassées ont été récupérés et réutilisés pour fabriquer des munitions M919 de 25 mm, illustrant la gestion de l'UA comme une ressource stratégique (Barrillot-2001, p. 35).

- La France : La production française de munitions à l'UA a débuté vers 1995, lorsque le Commissariat à l'énergie atomique (CEA) a annoncé la construction d'un nouveau bâtiment à la SICN d'Annecy pour la fabrication en grande série de « barreaux de munitions cinétiques » pour le compte de Giat Industries (Barrillot-2001, p. 48). Giat Industries (aujourd'hui KNDS) a produit deux modèles principaux : l'obus-flèche OFL 105 F2 pour le char AMX-30 B2, capable de percer 540 mm de blindage à 2000 mètres, et l'OFL 120 F2 pour le char Leclerc, dont la production a commencé en 1996 et qui peut perforer 640 mm de blindage à la même distance (Barrillot-2001, p. 49). Fait notable, la médiatisation croissante des controverses sur l'UA a conduit à une grande opacité de la part des industriels français. Les munitions à l'UA, pourtant présentées dans les catalogues de défense comme celui du GICAT en 1998, ont disparu des éditions ultérieures, comme celle de 2000 (Barrillot-2001, p. 41).

- Le Royaume-Uni : Les forces britanniques ont également adopté ces technologies, notamment pour armer leur char de combat principal, le Challenger 2. Ce dernier utilise des munitions APFSDS de 120 mm, comme la version L27A1 entrée en service en 1999 (Barrillot-2001, p. 41). La fabrication de ces munitions n'est pas sans risque, comme en témoigne un important incendie d'uranium appauvri survenu dans une usine de Royal Ordnance en février 1999, qui a mis le site hors service (Barrillot-2001, p. 41).

- La Russie et autres acteurs : La Russie a aussi développé des munitions à l'UA, notamment pour les canons de 125 mm de ses chars T-64 et T-72. Il s'agit non seulement d'obus-flèches mais aussi d'obus à charge creuse (HEAT-FS) comme le modèle 3BK21M, dont l'enveloppe est chemisée à l'UA pour augmenter l'efficacité de la charge explosive lors de la pénétration (Barrillot-2001, p. 51). Au-delà de ces quatre producteurs principaux, la prolifération de ces armes est une préoccupation majeure. Selon l'organisation Campaign Against Depleted Uranium (CADU), une quinzaine de pays détiendraient des munitions à l'UA dans leurs arsenaux, dont la Grèce, la Turquie, Israël, l'Arabie Saoudite, le Koweït, le Pakistan et Taïwan (Barrillot-2001, p. 79). La France, bien qu'elle affirme ne pas avoir exporté ces munitions, a conçu ses obus de 105 mm pour être compatibles avec des chars étrangers comme le Léopard ou le M60, laissant la porte ouverte à de potentiels marchés (Barrillot-2001, p. 83).

Au-delà de leur rôle antichar prédominant, les propriétés de l'UA sont mises à profit pour d'autres applications offensives. Il est notamment employé dans la conception d'ogives destinées à la destruction de cibles durcies (« bunker busters »). L'objectif stratégique est de pouvoir anéantir des centres de commandement et de communication enterrés sous des mètres de béton armé, offrant une puissance de destruction considérable sans recourir à l'arme nucléaire et au stigmate politique qui y est associé (Parsons-2002, p. 5). De plus, une tendance à la généralisation de l'UA se dessine avec le développement par des consortiums européens, comme CTAI, de munitions de moyen calibre (40 mm), présentées avec des slogans tels que « létal, compact, bon marché, disponible » (Barrillot-2001, p. 54).

L'Application Défensive : Le Blindage Renforcé

La seconde application militaire majeure de l'uranium appauvri est d'ordre défensif. Sa densité exceptionnelle en fait un composant de choix pour les blindages composites. Cette innovation a été motivée par le contexte stratégique de la Guerre Froide. Face à la supériorité quantitative des forces blindées du Pacte de Varsovie en Europe, les États-Unis ont cherché à obtenir une supériorité technologique qualitative. C'est dans ce cadre qu'ils ont annoncé, à la fin des années 1980, un programme visant à équiper trois mille de leurs chars de combat principaux, les M1 Abrams, d'un nouveau blindage composite intégrant des plaques d'uranium appauvri (Barrillot-2001, p. 35).

Développé par des entreprises comme la Manufacturing Science Corp. et Nuclear Metals Inc., ce blindage conférait aux chars M1A1 une protection alors inégalée contre la plupart des armes antichars connues, donnant à l'armée américaine ce que le Pentagone estimait être une « avance technologique d'une décennie » sur son adversaire soviétique (Barrillot-2001, p. 35). Le principe est d'intercaler des couches d'UA métallique au sein d'une matrice en acier. Lorsqu'un projectile adverse frappe le blindage, la plaque d'UA, par sa densité et sa dureté, aide à fragmenter ou à dévier le pénétrateur, dissipant son énergie cinétique et protégeant l'équipage.

Si cette technologie augmente considérablement la survivabilité du véhicule et de son équipage sur le champ de bataille, elle présente des inconvénients notables. Le principal est l'augmentation très significative du poids du char, ce qui en limite la vitesse, augmente sa consommation de carburant et impose des contraintes logistiques sévères en termes de transport (ponts, navires, avions). Par conséquent, il est probable que seuls certains modèles de chars ou certaines unités d'élite soient équipés de ce type de blindage lourd (Barrillot-2001, p. 35). Cette application défensive crée également un paradoxe : un char protégé par un blindage à l'UA, s'il est touché et détruit par une munition adverse (qu'elle soit à l'UA ou non), devient lui-même une source majeure de contamination. L'incendie du véhicule peut en effet disperser les particules d'UA contenues dans son blindage, transformant une épave en un site de contamination radioactive et chimique durable.

En définitive, la polyvalence de l'uranium appauvri, utilisé tant pour des applications offensives que défensives, explique son adoption en tant que matériau stratégique par plusieurs des principales armées du monde. De la munition de petit calibre à l'obus de char lourd, en passant par les blindages, l'UA s'est imposé comme un composant clé pour les conflits où la supériorité matérielle est un facteur décisif. Son intégration est parfois désignée par des termes techniques comme « staballoy » (Barrillot-2001, p. 80), ce qui témoigne de son statut de matériau militaire à part entière, normalisé au sein des complexes militaro-industriels. Cette efficacité tactique et stratégique, incontestée par ses utilisateurs, est cependant indissociable des graves questions sanitaires, environnementales et juridiques que son emploi sur le champ de bataille soulève. Chaque impact d'une munition à l'UA, chaque destruction d'un blindage en contenant, transforme une zone de combat en un site potentiellement contaminé à long terme, reportant ainsi le coût de la guerre sur les générations futures et les écosystèmes. Ce sont ces conséquences qui constituent le cœur des chapitres suivants.

2.2 Historique de l'usage

L'histoire de l'emploi des armes à l'uranium appauvri (UA) est indissociable des conflits de la fin du XXe et du début du XXIe siècle. Elle retrace une trajectoire claire : d'une innovation technologique développée dans le cadre de la Guerre Froide, l'UA est devenu un composant standardisé des arsenaux de plusieurs puissances militaires, dont l'efficacité tactique n'a d'égale que la persistance des controverses qui accompagnent chacune de ses utilisations. L'analyse de cet historique est fondamentale pour comprendre comment un sous-produit de l'industrie nucléaire a pu devenir une arme de premier plan et une source de préoccupation internationale durable, illustrant la tension permanente entre l'avantage militaire à court terme et les conséquences sanitaires et environnementales à long terme.

Le concept d'exploitation des propriétés physiques de l'uranium à des fins balistiques est ancien. Dès 1943, face à une pénurie de tungstène, le ministère de l'Armement du IIIe Reich, dirigé par Albert Speer, a eu recours à l'uranium naturel pour la fabrication d'obus (Barrillot-2001, p. 30). Toutefois, le développement systématique des munitions à l'UA est une conséquence directe de la course technologique de la Guerre Froide. Confrontés à la supériorité numérique écrasante des forces blindées du Pacte de Varsovie en Europe, les États-Unis ont cherché à acquérir un avantage qualitatif décisif. Le programme de réarmement initié sous la présidence de Ronald Reagan a ainsi stimulé la recherche d'armements capables de détruire des cibles durcies, tels que les centres de commandement enterrés et les chars de combat de nouvelle génération (Parsons-2002, p. 5). L'UA, avec sa densité extrême, son phénomène d'auto-affûtage et ses propriétés pyrophoriques, s'est alors révélé être un matériau de choix, supérieur même au tungstène. Parallèlement à ces avancées techniques, une conscience précoce des dangers émergeait ; dès 1948, la Commission des armements classiques des Nations Unies mettait en garde contre les « armes radiologiques », définies comme des « armes fonctionnant au moyen de matière radioactive », allant jusqu'à les classer parmi les armes de destruction massive. Cette commission anticipait que les sous-produits des réacteurs nucléaires pourraient être utilisés pour contaminer des zones entières, causant des dommages étendus aux personnes et à l'environnement (Barrillot-2001, p. 104). Cette mise en garde précoce contraste fortement avec la classification ultérieure des armes à l'UA comme étant purement conventionnelles par les États utilisateurs.

La première utilisation massive et documentée des armes à l'UA est intervenue lors de la guerre du Golfe en 1991. Cette opération a constitué un véritable « baptême du feu » à grande échelle pour cette technologie. Durant l'opération « Tempête du Désert », les forces de la coalition, et principalement les forces américaines, ont fait un usage extensif de ces munitions pour contrer l'imposant parc de blindés irakiens. Les estimations disponibles, bien que parcellaires, font état de plus de 940 000 projectiles de 30 mm tirés par les avions d'attaque au sol A-10 « Warthog » et de plus de 14 000 obus de plus gros calibre (105 mm et 120 mm) tirés par les chars Abrams, dispersant une masse totale d'environ 40 tonnes d'UA dans l'environnement, notamment dans la région frontalière entre l'Irak et le Koweït (Mathieu Matieu, 2001, p. 2). Les forces britanniques ont également reconnu avoir tiré environ quatre-vingts munitions de ce type (Barrillot-2001, p. 71). Bien que les autorités françaises aient déclaré que leurs forces n'avaient pas employé de munitions à l'UA, celles-ci n'étant pas encore en production nationale, des interrogations subsistent quant à une possible expérimentation de munitions américaines par les unités de chars AMX-30 B2 (Barrillot-2001, p. 71).

C'est dans le sillage immédiat de ce conflit qu'est apparue la polémique sur le « syndrome de la guerre du Golfe ». Des vétérans américains, britanniques et d'autres pays de la coalition ont commencé à rapporter un ensemble de pathologies chroniques et inexpliquées, incluant des troubles neurologiques, des douleurs chroniques, des problèmes respiratoires et des cas de cancers, notamment des leucémies (Lesna-2004, p. 5). L'exposition à l'UA fut rapidement citée comme l'une des causes potentielles, inaugurant un débat public et scientifique qui n'a cessé de s'intensifier (Lesna-2004, p. 5). Initialement, ce débat fut marqué par un silence des autorités militaires et un traitement médiatique que certains observateurs ont qualifié de « black-out », la question étant jugée politiquement sensible dans le contexte d'une guerre perçue comme un succès militaire (Lesna-2004, p. 50). Il faudra attendre la fin des années 1990 et le début des années 2000 pour que le sujet gagne en visibilité, notamment grâce à des reportages d'investigation comme celui de « La guerre radioactive secrète », sujet diffusé en février 2000 (Lesna-2004, p. 17).

En dépit des controverses naissantes, le recours à ces armes s'est poursuivi et systématisé dans les conflits des Balkans, où elles furent employées par les forces de l'OTAN. Entre 1994 et 1995, au cours de la guerre de Bosnie, l'aviation américaine a tiré 10 800 projectiles à l'UA. Cette information cruciale ne fut révélée que tardivement, fin 2000, suite aux révélations du ministre italien de la Défense. Ce dernier a exprimé son « amertume » face au fait que l'OTAN n'ait fourni que tardivement des informations essentielles pour la sécurité des militaires et des populations locales, soulignant une rupture de confiance au sein de l'alliance (Barrillot-2001, p. 73). L'emploi de ces munitions a culminé

en 1999 lors de la campagne aérienne de l'OTAN au Kosovo, une opération exclusivement aérienne durant laquelle 31 000 tirs ont été effectués par les avions A-10 américains. L'OTAN a officiellement confirmé cet usage dans une lettre adressée au Secrétaire général de l'ONU, Kofi Annan, en mars 2000, transformant les rumeurs en un fait avéré (Lesna-2004, p. 17, Massa-2023, p. 66).

Cette confirmation, conjuguée à une attention médiatique accrue en Europe, a cristallisé la controverse. Fin 2000, la presse italienne, puis espagnole, belge, portugaise et française, a commencé à relayer des cas de leucémie et d'autres cancers chez des soldats ayant servi comme Casques bleus dans les Balkans, popularisant l'expression « syndrome des Balkans » (Lesna-2004, p. 21). Ce nouveau « syndrome » a eu un effet de résonance majeur : il a non seulement déclenché une crise politique et sanitaire en Europe, mais il a également donné une nouvelle légitimité aux revendications des vétérans de la guerre du Golfe. À la différence du « syndrome du Golfe », où l'étiologie restait multifactorielle et débattue (exposition à des pesticides, vaccins, fumées de puits de pétrole), le débat public sur le syndrome des Balkans s'est presque exclusivement focalisé sur l'UA comme agent causal unique. Ce glissement a établi un lien direct et puissant, dans la perception publique, entre l'arme et ses conséquences sanitaires présumées. La polémique s'est intensifiée, impliquant les parlements nationaux, le Parlement européen et de nombreuses institutions scientifiques, qui ont été pressées de se prononcer sur la dangerosité du matériau (Mathieu Matieu, 2001, p. 3).

L'entrée dans le XXIe siècle n'a pas marqué la fin de l'emploi des armes à l'UA. Celles-ci ont de nouveau été largement utilisées en Afghanistan après 2001 et, surtout, durant l'invasion de l'Irak en 2003, où leur efficacité contre les cibles blindées et fortifiées a été une fois de plus exploitée, cette fois-ci dans des environnements souvent urbains, augmentant potentiellement l'exposition des populations civiles (Parsons-2002, p. 5). Au-delà de ces usages avérés, des allégations persistantes font état de leur déploiement dans des conflits plus récents, notamment lors de l'opération « Plomb durci » à Gaza (2008-2009) et durant l'intervention internationale en Libye (2011) (Massa-2023, p. 64). Bien que souvent difficiles à vérifier en raison de l'opacité qui entoure les opérations militaires, ces rapports maintiennent la question de l'UA au premier plan des préoccupations des organisations de désarmement et des organisations non gouvernementales. Cette opacité est une caractéristique structurelle du dossier : les fabricants ont tendance à faire preuve de discrétion, utilisant parfois des noms de code comme « staballoy » pour désigner le matériau (Barrillot-2001, p. 80) ou retirant purement et simplement ces munitions de leurs catalogues de défense publics lorsque la controverse médiatique s'intensifie, comme ce fut le cas en France après 1998 (Barrillot-2001, p. 41).

En somme, l'historique de l'usage des armes à l'uranium appauvri révèle le parcours d'une technologie militaire dont l'efficacité tactique incontestée est systématiquement suivie d'un sillage de crises sanitaires et politiques. De la guerre du Golfe aux Balkans et au-delà, chaque déploiement a renforcé un cycle récurrent de démonstration de puissance militaire, suivi d'un silence officiel, de l'émergence de pathologies chez les vétérans et les civils, d'une controverse médiatique intense, et enfin de dénégations officielles et d'une incertitude scientifique entretenue. Cette évolution d'un secret militaire à un enjeu de santé publique global et à un problème juridique international complexe démontre que les conséquences de l'emploi de ces armes dépassent largement le cadre temporel et géographique du champ de bataille. Les impacts et les implications de ce cycle constituent le cœur de ce mémoire.

2.3 Propriétés physiques et chimiques

L'uranium appauvri (UA) est un métal dont les propriétés physico-chimiques singulières expliquent son adoption dans le domaine militaire ainsi que les controverses intenses qui entourent son usage. Une analyse approfondie de ces propriétés est indispensable pour saisir la dualité fondamentale de ce matériau : d'une part, une efficacité balistique remarquable qui en fait une arme de choix pour les conflits de haute intensité ; d'autre part, un héritage toxique durable qui soulève des questions complexes sur les plans sanitaire, environnemental et éthique. Pour ce faire, il convient d'examiner successivement sa composition isotopique, ses caractéristiques physiques qui justifient son emploi militaire, et enfin ses propriétés chimiques et radiologiques qui sont à l'origine des préoccupations majeures.

Composition isotopique et origine de l'uranium appauvri

L'uranium appauvri est un sous-produit direct du processus d'enrichissement de l'uranium naturel. Ce dernier, tel qu'il est extrait du minerai, est un mélange de trois isotopes principaux : l'uranium 238 (U-238), qui constitue l'écrasante majorité avec environ 99,27 % de la masse, l'uranium 235 (U-235), l'isotope fissile essentiel aux réactions en chaîne nucléaires, présent à hauteur de 0,72 %, et enfin l'uranium 234 (U-234), un produit de la désintégration de l'U-238, en très faible proportion (environ 0,0055 %) (LE SCANDALE DU STOCKAGE D'OXYDE-2023, p. 7, Camarasa Chalabreysse, 1980, p. 3). Le processus d'enrichissement consiste à augmenter artificiellement la proportion d'U-235 (généralement entre 3 % et 5 % pour les réacteurs civils, et bien au-delà pour les applications militaires) en le séparant de l'U-238, plus lourd. Cette opération génère deux flux : une petite quantité d'uranium enrichi et une très grande quantité d'uranium « appauvri » en U-235 et U-234 (Lesna-2004, p. 5).

La composition isotopique de l'UA utilisé à des fins militaires est donc significativement différente de celle de l'uranium naturel. Il est composé quasi exclusivement d'U-238 (environ 99,8 %), avec une teneur résiduelle en U-235 réduite à environ 0,2 %, et une proportion encore plus faible d'U-234 (environ 0,0008 %) (LE SCANDALE DU STOCKAGE D'OXYDE-2023, p. 7). Cette modification de la composition a une conséquence directe sur la radioactivité du matériau, qui sera détaillée plus loin. En raison des quantités colossales de stocks d'UA générés par l'industrie nucléaire mondiale, ce matériau, initialement considéré comme un déchet, a trouvé une application à faible coût dans divers secteurs, notamment civil (contre-poids dans l'aéronautique, écrans de radioprotection) et surtout militaire (Lesna-2004, p. 5).

Les propriétés physiques : un avantage balistique déterminant

Les raisons de l'adoption de l'UA dans l'armement résident principalement dans deux de ses propriétés physiques exceptionnelles : sa densité et sa pyrophoricité.

La première, et la plus déterminante sur le plan balistique, est sa densité extrêmement élevée de 18,95 g/cm³ (Lesna-2004, p. 5). À titre de comparaison, elle est près de 1,7 fois supérieure à celle du plomb (11,3 g/cm³) et est très proche de celle du tungstène (19,3 g/cm³), le principal matériau concurrent pour les munitions perforantes. En vertu du principe de l'énergie cinétique ($Ec = ½mv^2$), cette masse volumique exceptionnelle permet de concentrer une quantité d'énergie maximale dans un projectile de calibre réduit, lui conférant une capacité de perforation formidable. Le ministère français de la Défense a explicitement justifié son emploi par les « propriétés physiques uniques de ce métal qui lui confèrent la capacité de pénétrer profondément les blindages les plus résistants » (Barrillot-2001, p. 55). L'UA est ainsi le composant principal des obus-flèches (APFSDS - *Armor-Piercing Fin-Stabilized Discarding Sabot*), de longs et fins pénétrateurs capables de percer plusieurs centaines de millimètres d'acier blindé à plusieurs kilomètres de distance (Massa-2023, p. 69).

L'UA surpasse même le tungstène non seulement par sa densité, mais aussi par un phénomène connu sous le nom d'« auto-affûtage » (ou cisaillement adiabatique) lors de l'impact, qui lui permet de conserver sa forme de pointe pendant la pénétration, là où le tungstène tend à s'émousser.

À cette densité s'ajoute une seconde propriété militairement avantageuse : son caractère pyrophorique. Lors de l'impact à très haute vitesse contre un blindage, la friction et la compression extrêmes convertissent une part de l'énergie cinétique en chaleur intense, élevant la température du projectile à environ 500°C ou plus (Mathieu Matieu, 2001, p. 1, Barrillot-2001, p. 26). À cette température, l'uranium s'enflamme spontanément au contact de l'oxygène de l'air. Les fragments du pénétrateur qui traversent le blindage se dispersent à l'intérieur du véhicule cible sous forme de particules incandescentes, déclenchant des incendies et faisant exploser les munitions et le carburant stockés. Cet effet incendiaire secondaire augmente considérablement la létalité de l'arme, en neutralisant non seulement le véhicule mais aussi son équipage. C'est la combinaison synergique de cette capacité de pénétration extrême et de cet effet incendiaire dévastateur qui a fait de l'UA un matériau de choix pour les munitions antichars modernes, jugé idéal par ses utilisateurs (Barrillot-2001, p. 30). Pour optimiser ces propriétés, l'UA est souvent utilisé en alliage avec une faible proportion de titane, qui en augmente la dureté (Barrillot-2001, p. 30), et des soupçons existent quant à l'utilisation de gainages en béryllium pour prévenir une inflammation prématurée, ajoutant une autre source potentielle de toxicité.

Les propriétés chimiques et radiologiques : la source des controverses

Si les propriétés physiques de l'UA expliquent son efficacité, ses propriétés chimiques et radiologiques, exacerbées par les conditions d'impact, sont au cœur des préoccupations sanitaires et environnementales.

Sur le plan chimique, l'uranium est un métal lourd dont la toxicité est avérée et comparable à celle d'autres métaux comme le plomb ou le mercure (Mathieu Matieu, 2001, p. 1, Gueguen Rouas, 2012, p. 14). Cette chimiotoxicité, qui n'est pas contestée, affecte principalement les reins. Après absorption dans l'organisme, l'uranium circule dans le sang et est filtré par les glomérules rénaux. Il s'accumule préférentiellement dans les cellules des tubules contournés proximaux, où il peut induire un stress oxydant et des dommages cellulaires menant à la mort cellulaire (apoptose) et, en cas d'exposition élevée, à une néphrite tubulaire aiguë (Gueguen Rouas, 2012, p. 1, Gueguen Rouas, 2012, p. 15). Cette néphrotoxicité est le principal effet sanitaire documenté lors d'une intoxication à l'uranium, que ce soit de manière aiguë ou chronique (Gueguen Rouas, 2012, p. 1).

Le risque sanitaire est considérablement amplifié par la transformation physique du projectile à l'impact. Une fraction significative de la masse du pénétrateur (certains experts estiment jusqu'à 60 %) n'est pas simplement fondue ou fragmentée, mais est pulvérisée en un aérosol de très fines particules d'oxydes d'uranium (UO_2, U_3O_8) (Barrillot-2001, p. 115). Ces particules, d'un diamètre de quelques microns, sont suffisamment petites pour être inhalées et se loger profondément dans les alvéoles pulmonaires (Lesna-2004, p. 5). Une fois logées dans les poumons, ces particules d'oxydes, qui appartiennent à la classe des composés d'uranium les moins solubles (classe Y), peuvent y demeurer pendant des années, avec une période d'épuration biologique pouvant dépasser 500 jours (Camarasa Chalabreysse, 1980, p. 4). Cette persistance crée une double exposition chronique : une exposition chimique locale au niveau des tissus pulmonaires et une libération lente et continue d'uranium dans la circulation sanguine, qui ira ensuite se fixer dans les organes cibles comme les reins et les os. Cette transformation du métal solide en un aérosol respirable est le mécanisme clé qui rend la toxicité de l'UA pertinente non seulement pour les blessés porteurs d'éclats, mais aussi pour toute personne, militaire ou civile, se trouvant à proximité du point d'impact et exposée aux poussières et fumées contaminées (Mathieu Matieu, 2001, p. 1).

Enfin, les propriétés radiologiques de l'UA constituent l'aspect le plus controversé du débat. Étant appauvri en isotopes U-235 et U-234 (ce dernier étant un puissant émetteur alpha malgré sa faible masse), l'UA est environ 40 % moins radioactif que son équivalent naturel, avec une activité alpha spécifique d'environ 14 400 Bq/g contre 25 200 Bq/g pour l'uranium naturel (LE SCANDALE DU STOCKAGE D'OXYDE-2023, p. 7, Massa-2023, p. 65). L'UA est principalement un émetteur de particules alpha. Ce type de rayonnement, constitué de noyaux d'hélium, est peu pénétrant et est arrêté par une simple feuille de papier ou la couche externe de la peau. Il ne présente donc quasiment aucun risque d'irradiation externe. En revanche, le danger devient significatif en cas de contamination interne. Lorsqu'une particule alpha est émise à l'intérieur du corps, par exemple par une particule d'oxyde d'uranium logée dans le poumon, elle dépose toute son énergie sur une très courte distance, endommageant gravement les quelques cellules qu'elle traverse et pouvant potentiellement induire des mutations génétiques à l'origine de cancers (Barrillot-2001, p. 115). De plus, il est réducteur de ne considérer que l'activité alpha. La chaîne de désintégration de l'U-238 produit des descendants à vie courte, comme le thorium-234 et le protactinium-234, qui sont des émetteurs bêta et gamma (LE SCANDALE DU STOCKAGE D'OXYDE-2023, p. 4). L'activité totale (alpha, bêta, gamma) de l'UA est donc plus élevée que sa seule activité alpha, un point souvent négligé dans les communications officielles qui tendent à minimiser le risque radiologique (LE SCANDALE DU STOCKAGE D'OXYDE-2023, p. 4).

La controverse la plus vive ne porte cependant pas sur cette radioactivité intrinsèque, mais sur la pureté et l'origine de la matière première. La composition isotopique mentionnée plus haut est celle d'un UA issu de l'enrichissement de minerai vierge. Or, l'UA peut également provenir du retraitement de combustible nucléaire usé provenant de réacteurs. Dans ce cas de figure, l'uranium a été contaminé en réacteur par des produits de fission et des éléments transuraniens (comme le neptunium, l'américium et surtout le plutonium), ainsi que par une concentration plus élevée en U-236, un isotope qui n'existe pas dans la nature (Massa-2023, p. 65). La présence, même à l'état de traces infimes, de ces contaminants hautement radiotoxiques, en particulier le plutonium qui est un puissant agent cancérigène, changerait radicalement le profil de risque de l'arme, la rendant significativement plus dangereuse que ce que sa simple désignation d'« uranium appauvri » ne le laisse entendre (Lesna-2004, p. 23). L'opacité persistante des États utilisateurs quant à la divulgation de la composition isotopique précise de leurs munitions alimente la suspicion d'une contamination cachée et rend toute évaluation indépendante des risques sanitaires extrêmement difficile, entretenant ainsi une polémique scientifique et politique durable.

Impacts environnementaux et sanitaires

Après l'analyse des fondements techniques et des propriétés qui font de l'uranium appauvri (UA) une arme antichar d'une redoutable efficacité, il convient désormais d'examiner le revers de cette performance balistique : son héritage environnemental et sanitaire. La transition de l'objet technique, conçu pour une destruction immédiate et ciblée, à l'objet de controverse, dont les effets se déploient dans l'espace et le temps, s'opère au moment de l'impact. Lorsque la combustion du pénétrateur libère un aérosol de particules toxiques, l'atout tactique se transforme en une menace durable et diffuse, qualifiée de « menace invisible » (Lesna-2004, p. 75). Cette menace échappe à la temporalité circonscrite du conflit armé pour s'inscrire dans le temps long de la contamination post-conflit. Elle remet en question la distinction traditionnelle entre le moment des hostilités et le retour à la paix, démontrant que les pollutions ne s'estompent pas avec la cessation des combats, mais laissent une empreinte pérenne qui reconfigure durablement les territoires et la relation que les sociétés entretiennent avec leur environnement (Leistner, 2023, p. 8). Ce chapitre a pour objectif d'analyser en profondeur ces impacts, en déplaçant l'analyse du champ de bataille immédiat vers les conséquences insidieuses qui affectent les écosystèmes et les générations futures, bien après que les armes se sont tues.

La préoccupation majeure découle de la dispersion de fines particules d'oxydes d'uranium qui, une fois libérées, peuvent contaminer de vastes zones. D'une taille souvent micrométrique, ces particules sont facilement transportées par le vent et l'eau, leur permettant de franchir les frontières et de se déposer loin de leur point d'émission. Elles s'intègrent alors dans les sols, les sédiments des cours d'eau et les nappes phréatiques, contaminant ainsi l'ensemble de la chaîne trophique (Leistner, 2023, p. 52). Cette contamination environnementale ne constitue pas une simple altération passagère ; elle représente une modification profonde et potentiellement irréversible des milieux. L'humain marque son passage par la sédimentation de ses activités, qui s'actualise dans la stratification géologique des substances radiochimiques relâchées durant la guerre (Leistner, 2023, p. 91). L'écosystème post-conflit est « radicalement différent de l'avant-conflit » (Leistner, 2023, p. 17), caractérisé par une perte de biodiversité et une toxicité latente. L'uranium, en tant que métal lourd, peut être absorbé par les plantes, ingéré par les animaux et se concentrer dans les organismes, transformant ainsi une pollution environnementale en un risque sanitaire direct pour les populations humaines qui dépendent de ces ressources pour leur subsistance (Massa-2023, p. 64). L'enjeu est d'autant plus critique que la localisation précise des sites contaminés n'est que rarement communiquée par les forces militaires, laissant les populations locales dans l'ignorance des dangers auxquels elles sont exposées. Ce manque de transparence crée des zones de risque où les activités agricoles, la collecte d'eau ou même les jeux d'enfants deviennent des vecteurs potentiels d'exposition, affectant de manière disproportionnée les communautés les plus pauvres, qui sont aussi « les moins susceptibles de faire l'objet d'une enquête scientifique » (Leistner, 2023, p. 59).

Sur le plan sanitaire, les risques associés à l'uranium appauvri se manifestent à travers une double toxicité, l'une avérée et l'autre vivement débattue. D'une part, sa toxicité chimique en tant que métal lourd est un fait toxicologique bien établi. Indépendamment de sa radioactivité, l'uranium, une fois dans l'organisme, cible préférentiellement les reins où il peut s'accumuler et provoquer des dysfonctionnements, voire une insuffisance rénale aiguë en cas de forte exposition (néphrotoxicité) (Gueguen Rouas, 2012, p. 1). D'autre part, sa faible radiotoxicité est au cœur d'intenses controverses, particulièrement dans le cas d'une exposition interne chronique par inhalation de particules insolubles. Contrairement à une irradiation externe, ces particules peuvent se loger durablement dans les poumons, les ganglions lymphatiques ou le squelette, émettant un rayonnement alpha à courte portée mais à haute énergie qui peut endommager l'ADN des cellules avoisinantes. C'est cette dernière voie d'exposition qui suscite les plus vives inquiétudes, car elle est associée par de nombreux chercheurs, vétérans et associations de victimes à l'émergence de pathologies graves. On observe en effet, chez les militaires comme chez les civils des zones de conflit (Irak, Balkans), une incidence anormalement élevée de leucémies, de cancers divers, de maladies neurodégénératives, d'insuffisances rénales et de malformations congénitales (Leistner, 2023, p. 100). Ces syndromes complexes, souvent regroupés sous le terme générique de « syndrome de la guerre du Golfe », ont alimenté une controverse scientifique et médiatique qui demeure non résolue, en partie à cause de la difficulté à établir un lien de causalité direct et unique dans un contexte multifactoriel (Lesna-2004, p. 5).

Face à l'incertitude scientifique persistante quant aux effets sanitaires à long terme d'une exposition à de faibles doses d'UA, le débat a largement dépassé le cadre académique pour devenir éminemment politique. Cette absence de consensus est exacerbée par les défis méthodologiques inhérents aux études en contexte post-conflit : la présence de multiples facteurs de confusion (exposition à d'autres agents toxiques, stress post-traumatique), l'absence de données sanitaires de référence pour les populations locales, la difficulté de reconstituer les doses d'exposition individuelles et les longs temps de latence de certaines pathologies comme les cancers. Cette incertitude est souvent instrumentalisée. Les États utilisateurs d'armes à l'UA tendent à minimiser les risques en se fondant sur l'absence de preuves scientifiques irréfutables, tandis que les organisations non gouvernementales et les pays affectés invoquent les témoignages et les études préliminaires pour exiger un moratoire ou une interdiction (Lesna-2004, p. 70). Dans ce contexte de polarisation, le « principe de précaution » émerge comme un cadre d'analyse et d'action pertinent. Consacré en droit international de l'environnement il stipule que « l'absence de certitudes, compte tenu des connaissances scientifiques et techniques du

moment, ne doit pas retarder l'adoption de mesures effectives et proportionnées visant à prévenir un risque de dommages graves et irréversibles » (Lesna-2004, p. 54). L'application de ce principe au cas de l'UA impliquerait un renversement de la charge de la preuve : il ne reviendrait plus aux victimes de prouver la nocivité de l'UA, mais aux utilisateurs de démontrer son innocuité.

Ce principe devient un outil conceptuel essentiel pour évaluer la responsabilité des États et questionner la légitimité éthique et juridique de l'emploi de telles armes.

Afin d'analyser méthodiquement ces enjeux complexes et multidimensionnels, ce chapitre s'articulera en trois parties interdépendantes. Il examinera d'abord en détail la contamination environnementale, en décrivant les mécanismes physico-chimiques de la dispersion de l'UA et en évaluant ses conséquences à long terme sur les sols, l'eau et la biosphère. Seront ensuite abordés en profondeur les risques sanitaires pour les combattants et les populations civiles, en faisant la distinction cruciale entre la toxicité chimique avérée, dont les mécanismes sont bien compris, et la radiotoxicité controversée, source de la plupart des inquiétudes. Enfin, une troisième section sera consacrée à l'analyse critique des controverses scientifiques et des limites des études épidémiologiques et toxicologiques, afin de comprendre les raisons structurelles et politiques pour lesquelles, des décennies après leur premier usage massif, ces armes continuent de susciter autant de débats et d'incertitudes. Cette analyse factuelle et nuancée des conséquences physiques est un prérequis indispensable pour aborder, dans les chapitres suivants, les dimensions éthiques, juridiques et géopolitiques de leur utilisation.

3.1 Contamination environnementale

La contamination environnementale constitue l'un des héritages les plus insidieux et les plus durables de l'utilisation des armes à l'uranium appauvri (UA). Dépassant largement le cadre temporel et géographique du champ de bataille, elle transforme les zones de conflit en sources de pollution à long terme, dont les conséquences s'étendent à l'ensemble des écosystèmes, affectant durablement la biosphère et les populations humaines qui en dépendent. Ce phénomène, qui s'inscrit dans une histoire plus large de la contamination du monde à l'âge industriel, est radicalisé par la pratique de la guerre (Leistner, 2023, p. 23). Loin d'être un simple dommage collatéral, la dissémination de l'UA est une conséquence directe et prévisible des propriétés physico-chimiques du matériau, qui, lors de son emploi militaire, se métamorphose d'un métal dense et solide en un contaminant volatile, persistant et biologiquement accessible. L'analyse de cette contamination requiert de comprendre son mécanisme de genèse, ses multiples vecteurs de dispersion, et enfin, la nature quasi éternelle de son empreinte sur l'environnement.

Le mécanisme central de la contamination réside dans la transformation de l'UA à l'impact. Comme détaillé au chapitre 2.2, la nature pyrophorique du projectile, combinée à l'énergie cinétique extrême libérée lors de la frappe d'une cible blindée, provoque une élévation de température fulgurante, estimée à environ 500°C ou plus (Mathieu Matieu, 2001, p. 1). Cette chaleur intense entraîne la vaporisation partielle, l'oxydation et l'inflammation spontanée de l'uranium. Une fraction significative de la masse du pénétrateur, pouvant atteindre jusqu'à 60 %, est ainsi pulvérisée en un aérosol composé de micro et nanoparticules d'oxydes d'uranium (principalement UO_2 et U_3O_8). Cette métamorphose est le point de bascule fondamental : une arme cinétique, conçue pour un effet perforant et incendiaire localisé, devient simultanément une arme de dispersion radiologique et chimique. La dangerosité de ces particules est accrue par leur volatilité, qui leur permet de se propager bien au-delà des points d'impacts (Mathieu Matieu, 2001, p. 1). Ainsi, l'acte de guerre ne se limite pas à la destruction visible et immédiate. Il sédimente une empreinte polluante invisible et pérenne au sein même des environnements touchés, modifiant durablement le rapport des sociétés à leur milieu (Leistner, 2023, p. 8). La guerre agit ici comme un catalyseur, révélant et aggravant des vulnérabilités environnementales, tout en introduisant de nouvelles formes de pollutions dont la gestion à long terme est un défi majeur (Leistner, 2023, p. 13).

Une fois l'aérosol d'oxydes d'uranium généré, sa dissémination s'opère par de multiples vecteurs, assurant une contamination étendue et multiforme des compartiments environnementaux : l'air, le sol et l'eau. Le premier vecteur, et le plus rapide, est la dispersion atmosphérique. Les particules, d'une taille micrométrique, sont suffisamment légères pour rester en suspension dans l'air et être transportées par les vents sur de très longues distances. Ce phénomène est particulièrement critique dans les régions désertiques comme l'Irak et le Koweït, où les vents forts et fréquents peuvent déplacer ces nuages de poussières contaminées sur des centaines de kilomètres (Mathieu Matieu, 2001, p. 1).

Des études soulignent que ces particules, plus fines que de la poudre de talc, peuvent s'agréger à de minuscules grains de sable. Ce processus de fixation et de remise en suspension par les tempêtes de sable crée un cycle de contamination continu, conférant à la retombée de l'aérosol une portée « virtuellement illimitée ». La contamination aérienne n'est donc pas un événement unique post-impact, mais un processus dynamique qui peut exposer des populations et des écosystèmes loin des zones de combat initiales, longtemps après la fin des hostilités.

Le second compartiment affecté est le sol, qui devient le réceptacle final des retombées atmosphériques et la source d'une contamination à long terme. Au-delà de ce dépôt diffus, une contamination plus concentrée provient des projectiles qui n'ont pas atteint leur cible, ou des fragments de ceux qui se sont brisés à l'impact. Dans les Balkans, par exemple, il a été documenté qu'un grand nombre de munitions à l'UA n'ont jamais été récupérées et demeurent enfouies dans les sols, agissant comme des sources ponctuelles de pollution chronique (Leistner, 2023, p. 61). Exposés aux conditions environnementales (humidité, oxygène, activité microbienne), ces fragments de métal d'uranium s'oxydent et se corrodent lentement. Ce processus de dissolution progressive libère de l'uranium sous des formes chimiques plus mobiles, qui peuvent ensuite migrer verticalement dans le profil du sol. Cette migration lente mais continue pose une menace directe pour les systèmes hydriques sous-jacents.

En effet, le troisième vecteur de contamination est l'eau, à la fois souterraine et de surface. L'uranium dissous dans la solution du sol peut percoler jusqu'à atteindre les nappes phréatiques, contaminant ainsi des réserves d'eau potable essentielles pour les populations locales (Leistner, 2023, p. 94). De même, le ruissellement des eaux de surface sur des sols contaminés peut transporter les particules d'uranium vers les rivières, les lacs et les réservoirs. Une fois dans les écosystèmes aquatiques, l'uranium peut s'intégrer dans la chaîne alimentaire : il est absorbé par les plantes aquatiques, consommé par les organismes benthiques, et se bioaccumule dans les poissons. L'utilisation de cette eau contaminée pour l'irrigation des cultures ou l'abreuvement du bétail constitue une autre voie d'entrée majeure dans la chaîne alimentaire humaine. La contamination de l'UA instaure ainsi une « destruction à retardement » (Leistner, 2023, p. 149), dont les effets peuvent n'apparaître que des années, voire des décennies après le conflit, affectant l'ensemble du vivant et hypothéquant la sécurité sanitaire et environnementale pour les générations futures. Cette dispersion suit une « chaîne le long de laquelle les pollutions se diffusent », touchant non seulement le lieu de l'impact mais aussi l'ensemble des systèmes écologiques et sociaux qui en dépendent (Leistner, 2023, p. 91).

Ce qui distingue fondamentalement la contamination par l'uranium appauvri des autres pollutions de guerre est sa persistance exceptionnelle, qui confine à la permanence. L'uranium 238, principal isotope de l'UA, possède une demi-vie radioactive de 4,51 milliards d'années, un ordre de grandeur comparable à l'âge de la Terre elle-même. Cette échelle temporelle géologique dépasse l'entendement humain. Par conséquent, « lorsqu'il pénètre dans l'environnement, l'UA le fait pour ainsi dire pour l'éternité, avec des conséquences que nous sommes incompétents à juger » (Leistner, 2023, p. 99). Une fois disséminée sous forme de particules fines sur de vastes territoires, la contamination est techniquement et économiquement impossible à décontaminer. Elle est « virtuellement omniprésente, définitive dès qu'elle est émise, irréversible dans ses effets et ineffaçable dans l'environnement » (Leistner, 2023, p. 93). L'utilisation de ces armes constitue un acte aux conséquences irréversibles, une modification permanente de la composition chimique et radiologique des écosystèmes affectés.

Cette persistance engendre une responsabilité transgénérationnelle écrasante. Les décisions militaires prises aujourd'hui imposent un fardeau sanitaire et environnemental aux générations futures qui n'ont eu aucune part dans le conflit (Leistner, 2023, p. 150). Ce phénomène n'est pas sans rappeler la dissémination d'autres polluants militaires durables, comme le Strontium 90 des essais nucléaires atmosphériques, qui retombe avec les pluies, s'intègre dans le sol, passe dans les végétaux et se fixe définitivement dans les os humains (Leistner, 2023, p. 93). La contamination par l'UA s'inscrit dans cette lignée de pollutions militaires qui s'insinuent dans les corps et les écosystèmes, créant une forme d'occupation invisible et durable. L'angoisse naît de cette durabilité, mais aussi du manque de connaissances précises sur l'ampleur des conséquences à très long terme (Leistner, 2023, p. 150). L'agir humain se retrouve alors « sous occupation » des conséquences environnementales de la guerre, contraint d'évoluer dans un contexte contaminé dont il semble impossible de s'extraire physiquement ou psychologiquement (Leistner, 2023, p. 8).

En conclusion, la contamination environnementale par l'UA est un phénomène complexe et multidimensionnel, caractérisé par une dissémination à grande échelle via l'air, l'eau et les sols, et une persistance quasi éternelle. Cette réalité scientifique, fondée sur les propriétés intrinsèques du matériau, se heurte cependant à des discours officiels qui tendent à en minimiser l'impact. Des rapports, comme ceux concernant les analyses menées sur des sites d'essais français, affirment n'avoir relevé aucune trace d'uranium autre que celle naturellement présente dans l'environnement (Lesna-2004, p. 38). De même, des belligérants comme l'OTAN ont pu avancer que l'usage d'armes sophistiquées visait à minimiser les dommages environnementaux (Leistner, 2023, p. 71), créant une déconnexion profonde entre la rhétorique de la « guerre propre » et la réalité d'une pollution durable.

De plus, l'évaluation précise de l'étendue et de la gravité de cette contamination est considérablement entravée par des difficultés pratiques et méthodologiques. Les équipes d'experts, y compris celles du Programme des Nations Unies pour l'Environnement (PNUE), font face à un manque flagrant de moyens qui les contraint à limiter leurs études à des « instantanés de quelques zones particulièrement sensibles » (« site-specific snapshots »), rendant impossible une représentation fidèle de l'ensemble des altérations (Leistner, 2023, p. 60). Les évaluations post-conflit sont souvent tardives, débutant parfois des années, voire des décennies après la fin des hostilités, lorsque les données sur l'état environnemental initial ont disparu et que la gouvernance locale est défaillante (Leistner, 2023, p. 56). Enfin, il est extrêmement difficile sur le terrain de distinguer formellement la part de contamination due à l'UA de celle provenant d'autres sources de pollution, qu'elles soient industrielles, préexistantes au conflit, ou liées à d'autres activités militaires (Leistner, 2023, p. 61, Leistner, 2023, p. 61). Cet ensemble d'incertitudes, de difficultés d'évaluation et de divergences d'interprétation, exacerbé par un « bouclier discursif » érigé par les utilisateurs (Leistner, 2023, p. 71), constitue le terreau fertile des controverses scientifiques et des limites des études qui seront abordées dans la section suivante.

3.2 Controverses scientifiques et limites des études

La disjonction béante entre, d'une part, la réalité tangible de la contamination environnementale et la gravité des pathologies rapportées par les vétérans et les populations civiles, et d'autre part, l'absence persistante d'un consensus scientifique définitif sur les effets de l'uranium appauvri (UA), constitue une arène de controverses scientifiques et politiques. Ce fossé n'est pas le simple résultat d'un manque de données ; il est le produit d'une interaction complexe et systémique entre des défis méthodologiques inhérents à la recherche post-conflit, la politisation profonde de l'expertise scientifique, et l'amplification sélective de l'incertitude par les médias. L'analyse de ces controverses révèle que la science, loin de fonctionner comme un arbitre neutre et objectif, est ici un espace contesté où s'affrontent des interprétations, des intérêts institutionnels et des paradigmes épistémologiques divergents.

Les premières limites, et les plus fondamentales, sont d'ordre épistémologique et méthodologique. Établir un lien de causalité irréfutable entre une exposition à l'UA et une pathologie à longue latence, comme un cancer, représente un obstacle scientifique considérable. Le champ de bataille moderne est un environnement multi-toxique, un « cocktail » complexe où les soldats ont été exposés à une multitude de facteurs de risque potentiels. Dans le cas de la guerre du Golfe, ces facteurs incluent l'administration préventive de bromure de pyridostigmine, des programmes de vaccinations multiples, l'exposition aux fumées toxiques des puits de pétrole incendiés, l'usage intensif de pesticides, un contact potentiel avec des agents chimiques irakiens, et le stress psychologique intense du combat (Lesna-2004, p. 62). Dans ce contexte, isoler la contribution spécifique de l'UA relève d'un défi épidémiologique presque insurmontable, d'autant plus que les effets synergiques entre ces différents agents sont largement méconnus. De surcroît, la charge de la preuve se heurte au principe de « l'impossible réfutation », tel que formulé par le professeur Salamon : un statisticien peut éventuellement prouver qu'un phénomène existe, mais il ne peut jamais prouver qu'il n'existe pas ; il peut seulement conclure qu'il ne l'a pas observé (Lesna-2004, p. 36). Cette incertitude fondamentale, inhérente à la méthode scientifique, alimente un doute persistant et déplace le débat du terrain scientifique vers celui du politique, où le principe de précaution devient un argument central (Lesna-2004, p. 54).

Au cœur de la polémique se trouve également un débat fondamental en radioprotection sur la validité du modèle « linéaire sans seuil » (LSS), ou LNT en anglais. Ce modèle, qui postule une relation de proportionnalité directe entre la dose de rayonnement reçue et le risque de cancer, même pour les doses les plus faibles, est largement utilisé par les instances réglementaires. Cependant, il est critiqué par une partie de la communauté scientifique pour sa tendance à surestimer les risques aux faibles expositions (Tubiana, 1996, p. 27). Les critiques arguent que les mécanismes biologiques de réparation de l'ADN, efficaces à faibles doses, peuvent être saturés à fortes doses, rendant l'extrapolation linéaire invalide. Certaines études épidémiologiques majeures, souvent citées pour justifier ce modèle, ont même été accusées de recourir à un raisonnement « circulaire ». Comme le souligne une analyse critique, ces études postulent la validité du modèle LSS pour justifier le regroupement de données de faibles et fortes doses ; ce regroupement conduit ensuite à un risque statistiquement significatif, ce qui est présenté comme une « démonstration » de l'effet des faibles doses. Or, si l'on n'adopte pas ce postulat et que l'on analyse de manière isolée les cohortes ayant reçu moins de 100 mSv, dit le milieu pronucléaire, « on ne trouve pas d'effet cancérogène significatif » (Tubiana et al., 2007, p. 20). Cette controverse de fond, qui dépasse largement le seul cas de l'UA, mine la possibilité d'évaluer sereinement son risque radiologique. Enfin, nombre d'études sur le terrain souffrent de problèmes méthodologiques criants : manque de ressources, évaluations menées des années après les conflits rendant la collecte de données initiales impossible, et difficulté à distinguer la contamination par l'UA des autres sources de pollution préexistantes, qu'elles soient industrielles ou liées à d'autres activités militaires (Leistner, 2023, p. 61).

À ces difficultés intrinsèques s'ajoute une profonde politisation de l'expertise, qui transforme le débat scientifique en une « bataille d'experts » publique et médiatisée. Le discours est polarisé entre, d'un côté, les institutions étatiques, notamment les ministères de la Défense, qui tendent à minimiser les risques, et de l'autre, des organismes indépendants et des scientifiques critiques. Le discours officiel oscille entre des affirmations catégoriques et des formulations ambiguës. Par exemple, le ministère de la Défense français a pu affirmer que l'UA « ne constitue pas une matière radioactive », une assertion qualifiée « d'inexacte » par des experts indépendants, avant que d'autres instances officielles comme l'Office de protection contre les rayonnements ionisants (OPRI) ne déclarent que sa radioactivité est « notable » et que le matériau est « tout sauf anodin » (Lesna-2004, p. 23). Cette communication contradictoire alimente la suspicion. La stratégie des autorités semble parfois consister à maintenir un flou, voire à submerger la critique sous un déluge d'informations inexploitables. Lorsqu'un député français a demandé au ministre de la Défense le dossier scientifique sur l'impact sanitaire de l'UA, il a reçu sept classeurs pesant près de dix kilos, un volume que « n'importe quel député n'a ni la disponibilité ni la compétence pour analyser » (Barrillot-2001, p. 98).

Cette démarche, qui s'apparente à une transparence de façade, renforce l'idée que la position officielle part d'une hypothèse de départ, celle de l'innocuité, plutôt que d'une investigation ouverte (Barrillot-2001, p. 98).

Cette politisation est exacerbée par des biais institutionnels patents. L'Organisation Mondiale de la Santé (OMS), par exemple, a été vivement critiquée pour son inaction. Sous la pression de l'Agence Internationale de l'Énergie Atomique (AIEA), dont le mandat inclut la promotion des usages pacifiques de l'énergie nucléaire, l'OMS aurait limité ses travaux à une simple « monographie » qui n'était qu'un « survol d'une sélection de la littérature existante ». Pire, cette sélection était largement biaisée,

Se concentrant quasi exclusivement sur la toxicité chimique et s'appuyant sur des sources émanant directement du Pentagone ou de la Rand Corporation, un think tank affilié (Parsons-2002, p. 4). Ce climat de suspicion est le terreau idéal pour les lanceurs d'alerte comme Thierry Lamireau et les experts dissidents. Le cas du Dr Asaf Durakovic, colonel, vétéran et spécialiste de médecine nucléaire, est emblématique. Il affirme que ses recherches sur les pathologies des soldats du Golfe ont été activement entravées, ses demandes d'analyses « prétendument perdues » et qu'il fut finalement « viré pour désobéissance » (Lesna-2004, p. 45). Bien que la fiabilité de ses analyses, qui prétendaient trouver des traces d'UA dans les urines de vétérans dix ans après le conflit, ait été par la suite « contestée » par une partie de la communauté scientifique (Lesna-2004, p. 19), son témoignage a eu un impact médiatique considérable. Il incarne la figure de l'expert dissident dont la parole est perçue comme « libre de tout devoir de respect du secret » mais aussi « éclairée » par son expérience interne, lui conférant une légitimité particulière face au discours officiel (Lesna-2004, p. 46).

Ce climat de controverse scientifique et de suspicion institutionnelle est ensuite amplifié, simplifié et cadré par sa mise en scène médiatique. Les médias jouent un rôle crucial, non pas tant en créant la polémique, mais en la structurant pour le grand public. L'analyse de la couverture médiatique montre que « l'inflation médiatique se concentre sur la période de doute, de suspicion quant à la réalité et au devenir du danger ». L'acmé médiatique se situe durant la période d'incertitude » (Lesna-2004, p. 70). Une fois que les premiers résultats scientifiques, souvent nuancés et complexes, sont publiés, l'intérêt des médias tend à s'estomper, laissant le public avec une impression d'incertitude non résolue (Lesna-2004, p. 70). La problématique est alors « réactivée de façon ponctuelle et superficielle » lors de nouveaux conflits, sans que le fond du débat n'ait véritablement avancé dans la sphère publique (Lesna-2004, p. 70). Dans ce processus, les problématiques complexes sont inévitablement simplifiées (Lesna-2004, p. 72). L'exemple de la transition sémantique et conceptuelle du « syndrome de la guerre du Golfe » au « syndrome des Balkans » est particulièrement éloquent. Alors que dans le premier cas, qui a émergé aux États-Unis, l'UA n'était qu'une des multiples causes potentielles invoquées pour une constellation de pathologies variées (Lesna-2004, p. 5), il est devenu dans la polémique européenne sur les Balkans « l'unique causalité revendiquée » (Lesna-2004, p. 25). Les médias ont ainsi cristallisé le débat autour d'un lien direct et unique : UA → Leucémie (Lesna-2004, p. 62).

Cette focalisation médiatique a également offert une tribune à des hypothèses alternatives qui, bien que scientifiquement non prouvées, répondaient à une quête de sens face à des pathologies inexpliquées. La « piste de la contamination des chaînes de fabrication » par des transuraniens comme le plutonium en est un bon exemple. Relayée par des journalistes d'investigation, cette théorie suggère que l'UA utilisé, issu non seulement de l'enrichissement mais aussi du retraitement de combustibles nucléaires usés, pourrait contenir des traces de plutonium, un « toxique nucléaire dangereux et hautement cancérigène ». Cette présence, même infime, « éclaire sur le déclenchement des maladies » et pourrait expliquer l'apparition rapide de pathologies graves, chose difficilement attribuable à la seule radiotoxicité de l'uranium 238 (Lesna-2004, p. 23). Il est crucial de noter que ce sont les acteurs de la société civile, en premier lieu les associations de vétérans comme Avigolfe en France, qui « font émerger le débat dans les médias » (Lesna-2004, p. 7). Poussées par la nécessité d'obtenir reconnaissance et compensation pour leurs souffrances, ces associations jouent un rôle de

premier plan en alertant l'opinion et en forçant les autorités à réagir. Rappelons aussi à nouveau les actions et articles du blogueur et réalisateur du film « Uranium en Limousin », Thierry Lamireau.

En définitive, les controverses scientifiques entourant l'uranium appauvri ne résultent pas d'une simple méconnaissance, mais d'une confluence de facteurs : les limites objectives de l'épidémiologie en zone de conflit, le débat fondamental sur les effets des faibles doses, l'influence des agendas politiques et militaires sur la recherche, et une couverture médiatique qui privilégie la dramaturgie de la controverse à la complexité de la science.

Cette situation a une conséquence sociétale majeure : elle engendre une érosion de la confiance publique envers la capacité de la science à « dire le vrai » et à offrir des solutions univoques.

Le public se retrouve face à une « science incapable d'offrir une solution qui emporte l'adhésion de tous ; donc d'une science dépassée par les propres outils qu'elle a produit » (Lesna-2004, p. 68). L'absence de clôture scientifique laisse les vétérans, les populations locales et les décideurs dans un vide où l'anxiété et la suspicion prospèrent. La controverse sur l'UA devient alors elle-même un « outil d'argumentation » dans des débats politiques plus larges, comme la critique des interventions de l'OTAN (Lesna-2004, p. 70). Ainsi, une question de santé publique et environnementale est transformée en un enjeu éthique, juridique et géopolitique de premier plan, dont les ramifications seront explorées dans les chapitres suivants.

3.3 Risques sanitaires

Dans le prolongement direct de la contamination durable des écosystèmes décrite au chapitre précédent, les risques sanitaires liés à l'uranium appauvri (UA) constituent la dimension la plus viscérale et la plus alarmante de son utilisation. La dissémination de l'UA dans l'environnement n'est pas une abstraction écologique ; elle se traduit par une exposition humaine concrète et multiforme, transformant les zones de conflit en sources de pathologies potentielles pour les décennies à venir. Une fois dispersé, l'UA pénètre dans l'organisme par plusieurs voies d'exposition distinctes. La voie la plus immédiate et la plus critique sur le champ de bataille est l'inhalation d'aérosols de micro et nanoparticules d'oxydes d'uranium, générés par la combustion pyrophorique des pénétrateurs lors de l'impact. Ces particules, suffisamment fines pour atteindre les alvéoles pulmonaires, représentent un risque aigu pour les combattants et les civils se trouvant à proximité des frappes. Cependant, le danger ne s'arrête pas avec la fin des hostilités. La remise en suspension de ces particules par les vents, particulièrement dans les environnements arides comme l'Irak, crée une menace d'inhalation chronique pour les populations locales. À plus long terme, la contamination des sols et des nappes phréatiques ouvre une seconde voie d'exposition, plus insidieuse : l'ingestion d'eau ou d'aliments contaminés, intégrant l'uranium dans la chaîne alimentaire humaine (Leistner, 2023, p. 94). Une troisième voie, concernant principalement les soldats et les démineurs, est la contamination de plaies ouvertes par des fragments de munitions ou de la terre contaminée.

Face à ces multiples voies d'exposition, la toxicité de l'uranium appauvri se manifeste selon une dualité fondamentale qui structure l'ensemble de la controverse scientifique et médicale. D'une part, l'UA agit comme un métal lourd, dont la toxicité chimique est avérée, documentée et scientifiquement peu contestée. D'autre part, il se comporte comme une substance radioactive émettrice de particules alpha, dont les effets stochastiques à long terme, notamment son potentiel cancérogène et génotoxique, font l'objet d'intenses controverses, de profondes incertitudes et de vives inquiétudes publiques. Cette double nature, chimique et radiologique, est la clé pour comprendre la complexité des risques sanitaires et l'apparente contradiction entre les discours rassurants de certaines autorités militaires et les témoignages alarmants des vétérans et des populations affectées.

La toxicité chimique de l'uranium est la mieux caractérisée et constitue le socle des risques sanitaires avérés. En tant que métal lourd, l'UA exerce une néphrotoxicité prononcée, le rein étant universellement reconnu comme son principal organe cible (Gueguen Rouas, 2012, p. 2). Le processus pathophysiologique est bien compris. Après son absorption dans la circulation sanguine, que ce soit

par voie pulmonaire ou digestive, l'uranium est transporté et rapidement filtré par les glomérules rénaux. C'est au niveau des tubules contournés proximaux (TCP) que sa toxicité se manifeste avec le plus d'acuité. Les cellules épithéliales de ces tubules, responsables de la réabsorption d'éléments essentiels, accumulent préférentiellement l'uranium (Gueguen Rouas, 2012, p. 1). Cette accumulation intracellulaire perturbe de multiples fonctions métaboliques et conduit, notamment par le biais du stress oxydant, à la mort cellulaire (apoptose ou nécrose) (Gueguen Rouas, 2012, p.1).

Les conséquences cliniques de cette attaque cellulaire dépendent de la dose et de la durée de l'exposition. Une exposition aiguë à une forte dose d'uranium peut provoquer une néphrite tubulaire aiguë, une condition grave se manifestant par une protéinurie (présence anormale de protéines dans les urines), une glycosurie et une diminution significative du débit de filtration glomérulaire, pouvant évoluer vers une insuffisance rénale sévère (Gueguen Rouas, 2012, p.1). Dans le contexte post-conflit, ce sont surtout les expositions chroniques à de faibles doses qui préoccupent. Ces expositions, bien qu'insuffisantes pour déclencher une crise aiguë, sont suspectées d'induire des altérations rénales légères mais progressives. Le développement de biomarqueurs urinaires plus spécifiques et sensibles, tels que la bêta-2-microglobuline ou la protéine Kim-1 (Kidney injury molecule-1), a permis de détecter de telles atteintes subcliniques dans des études expérimentales, bien avant l'apparition de symptômes manifestes (Gueguen Rouas, 2012, p.1, Gueguen Rouas, 2012, p. 1). Cette toxicité rénale, solidement établie par des décennies de recherche toxicologique, constitue une base de risque sanitaire incontestable. Elle prouve que même en faisant abstraction de sa radioactivité, l'uranium appauvri n'est en rien un matériau « anodin » (Lesna-2004, p. 23). Bien que le rein soit l'organe le plus sensible, d'autres tissus peuvent être affectés par la toxicité chimique de l'UA, qui peut s'accumuler dans le foie et le système osseux, où il peut potentiellement interférer avec le métabolisme du calcium (Leistner, 2023, p. 94, Mathieu Matieu, 2001, p.1).

Si la chimiotoxicité de l'UA est un fait scientifique, sa radiotoxicité est le domaine de l'incertitude et de la polémique la plus virulente (Lesna-2004, p. 5). C'est ici que se cristallisent les peurs les plus profondes, car les risques évoqués ne sont plus des dysfonctionnements organiques, mais des pathologies redoutables comme le cancer, la leucémie et les malformations congénitales. La controverse naît de la nature même du rayonnement de l'UA. Composé majoritairement d'uranium 238, il est un émetteur de particules alpha. Ces particules, lourdes et chargées, sont très énergétiques mais ont un très faible pouvoir de pénétration ; elles sont arrêtées par une simple feuille de papier ou la couche cornée de la peau. Le risque radiologique de l'UA est donc plus faible en cas d'exposition externe. Le danger surgit lorsque les particules d'UA sont internalisées, par inhalation ou ingestion. Une fois fixées dans un organe, par exemple une particule d'oxyde d'uranium insoluble logée dans le tissu pulmonaire, elles délivrent leur énergie alpha sur un très petit volume, irradiant de manière chronique et à haute dose les cellules environnantes. C'est cette irradiation localisée et persistante qui est suspectée d'induire des dommages à l'ADN, pouvant potentiellement mener à des mutations et au développement de cancers.

Les craintes les plus importantes et les plus médiatisées concernent le potentiel cancérogène de l'UA, et plus spécifiquement l'induction de leucémies et de lymphomes. La question a émergé publiquement aux États-Unis peu après la guerre du Golfe de 1991, lorsque des vétérans, regroupés en associations, ont commencé à rapporter une incidence anormalement élevée de pathologies variées, dont des cancers (Lesna-2004, p. 5, Lesna-2004, p. 5). Le débat a ensuite traversé l'Atlantique pour exploser en Europe à la fin des années 1990 et au début des années 2000, suite aux opérations de l'OTAN dans les Balkans. Des cas de leucémie chez des soldats italiens, portugais, belges et français ayant servi en Bosnie et au Kosovo ont déclenché une véritable crise politique et médiatique, plaçant l'UA au centre des accusations (Lesna-2004, p. 21, Mathieu Matieu, 2001, p. 3). Simultanément, des rapports provenant de médecins et de chercheurs irakiens faisaient état d'une augmentation dramatique de l'incidence des cancers et des leucémies, particulièrement dans le sud du pays, une région massivement bombardée avec des munitions à l'UA en 1991 et 2003. Une étude menée par la professeure Mona Kamma de l'Université de Bagdad a ainsi conclu à une « augmentation de presque

cinq fois des cas de cancers » dans un groupe de personnes exposées aux combats (Mathieu Matieu, 2001, p. 2). Ces observations convergentes, émanant de sources aussi diverses que des vétérans occidentaux et la population civile irakienne, ont constitué un faisceau d'indices suffisamment troublant pour ancrer durablement le lien suspecté entre UA et cancer dans le débat public (Lesna-2004, p.14).

Pour complexifier davantage le tableau, une sous-controverse a émergé concernant la composition même de l'uranium dit « appauvri ». Des journalistes d'investigation et des scientifiques indépendants ont avancé l'hypothèse que l'UA utilisé dans les munitions, provenant de l'enrichissement de l'uranium mais aussi du retraitement de combustibles nucléaires usés, pourrait être contaminé par des traces d'éléments transuraniens beaucoup plus radiotoxiques, comme le plutonium 239 (Lesna-2004, p. 23).

La présence, même infime, de plutonium, un puissant agent cancérigène, changerait radicalement l'évaluation du risque radiologique. Cette « piste de la contamination des chaînes de fabrication » a été évoquée pour expliquer pourquoi des pathologies aussi graves pourraient se déclarer si rapidement, arguant que le plutonium est un « toxique nucléaire dangereux et hautement cancérigène » (Lesna-2004, p. 23).

Au-delà du risque cancérogène, une autre source d'angoisse majeure, peut-être la plus profonde, est liée aux effets reprotoxiques et génotoxiques potentiels de l'uranium. Cette crainte touche à la pérennité de la vie et soulève le spectre d'un héritage pathologique transmis aux générations futures. Les mêmes sources qui alertaient sur la hausse des cancers en Irak ont également rapporté une « augmentation de plus de trois fois des avortements spontanés et d'une augmentation de presque trois fois des anomalies congénitales » dans les populations exposées aux combats (Mathieu Matieu, 2001, p. 2). Des témoignages poignants de vétérans américains et britanniques ont corroboré ce tableau macabre, faisant état de la naissance d'enfants atteints de malformations « monstrueuses » et de pathologies rares après leur retour du Golfe (Mathieu Matieu, 2001, p. 1). Ces syndromes, observés de manière récurrente dans les différentes zones de conflit où l'UA a été employé (Koweït, Serbie, Bosnie, Kosovo), ont conduit des observateurs comme l'écrivain Rob Nixon à parler d'une « violence lente » (« slow violence »), une destruction à retardement qui contamine durablement l'eau, les chaînes alimentaires et, finalement, les corps et leur descendance (Leistner, 2023, p. 100). L'impact de l'arme n'est plus seulement physique et immédiat, il acquiert une dimension « géo temporelle », compromettant la santé des générations futures et instaurant une contamination qui continue de se propager longtemps après le silence des canons.

Finalement, ces pathologies spécifiques (insuffisance rénale, leucémies, malformations) s'inscrivent souvent dans un tableau clinique beaucoup plus large, diffus et déroutant, fréquemment désigné par le terme controversé de « syndrome de la guerre du Golfe » ou, plus tard, de « syndrome des Balkans ». Ce terme ne désigne pas une maladie unique et bien définie, mais plutôt une constellation de symptômes et de pathologies hétérogènes, chroniques et souvent invalidantes, rapportées par un nombre significatif de vétérans. La liste des affections regroupées sous cette bannière est longue et variée : lésions irréversibles des poumons, du foie et des os, immunodéficience, fatigue chronique extrême, douleurs musculaires et articulaires, troubles neurologiques (pertes de mémoire, difficultés de concentration, troubles de la vision), troubles hématologiques, respiratoires, digestifs et cutanés (Mathieu Matieu, 2001, p. 1, Lesna-2004, p. 13).

L'étiologie de ce syndrome est l'un des plus grands mystères de la médecine militaire contemporaine. Il est crucial de souligner que l'exposition à l'uranium appauvri, bien que souvent mise en avant dans les médias, n'est qu'une des multiples causes potentielles invoquées. Le champ de bataille moderne est un environnement multi-toxique, et les soldats de la coalition durant la guerre du Golfe ont été exposés à un cocktail complexe de dangers potentiels. Parmi les autres facteurs étiologiques suspectés figurent : l'administration préventive de bromure de pyridostigmine comme antidote contre les gaz neurotoxiques, les programmes de vaccinations multiples (notamment contre l'anthrax et la toxine botulique), l'exposition aux fumées toxiques des centaines de puits de pétrole koweïtiens incendiés par l'armée irakienne, l'exposition à des pesticides et insecticides utilisés massivement dans les camps, un contact potentiel avec des agents chimiques irakiens de bas niveau suite à la destruction de dépôts de munitions, et enfin, le stress psychologique intense du combat (syndrome de stress post-traumatique) (Lesna-2004, p. 62, Lesna-2004, p. 13).

Face à cette « toile causale » extraordinairement complexe, isoler la contribution spécifique de l'UA est une tâche scientifiquement ardue. Il est d'ailleurs probable que le syndrome ne résulte pas d'une cause unique, mais plutôt d'effets synergiques entre plusieurs de ces facteurs, ce qui pousse toutes instances internationales et les armées à dire que « les armes à l'uranium appauvri sont sans danger prouvé » ! Un organisme dont le système immunitaire est déjà sollicité par des vaccinations multiples et le stress, et exposé à un large éventail de polluants chimiques, pourrait ainsi développer une sensibilité accrue aux effets toxiques, chimiques comme radiologiques, de l'uranium appauvri. L'histoire même de la polémique illustre cette complexité : alors que dans le débat sur le syndrome de la guerre du Golfe, l'UA n'était qu'une cause parmi d'autres, la controverse sur le « syndrome des Balkans » qui a éclaté quelques années plus tard s'est, elle, focalisée presque exclusivement sur l'uranium, qui en est devenu « l'unique objet de débat » (Lesna-2004, p. 10).

En somme, l'analyse des risques sanitaires liés à l'uranium appauvri révèle un paysage contrasté et profondément problématique. Il s'étend de la certitude toxicologique, avec une néphrotoxicité chimiquement induite et scientifiquement démontrée, à la plus grande incertitude épidémiologique concernant ses effets radiologiques à long terme. La juxtaposition frappante entre, d'un côté, des pathologies graves, des syndromes complexes et des témoignages récurrents émanant des vétérans et des populations civiles sur plusieurs continents, et de l'autre, l'extrême difficulté à établir un lien de causalité scientifique formel et irréfutable, constitue le terreau fertile des controverses scientifiques, des limites méthodologiques des études et des batailles d'experts qui seront explorées en détail dans la section suivante.

Controverses éthiques et juridiques

Prolongeant l'analyse des impacts physiques et de l'héritage toxique des armes à l'uranium appauvri (UA), ce chapitre déplace le questionnement du terrain factuel vers le champ normatif de leur légitimité. Le chapitre précédent a établi une tension fondamentale : à l'efficacité balistique de l'UA s'oppose une « menace invisible » (Lesna-2004, p. 75) dont les effets à long terme sont marqués par de profondes incertitudes scientifiques. C'est précisément cette incertitude qui constitue le pivot de la controverse, transformant un enjeu technique en un profond dilemme éthique et juridique. Loin de justifier l'inaction, l'absence de certitudes scientifiques sur la gravité des risques impose de questionner la responsabilité morale et légale des États qui déploient une technologie aux conséquences potentiellement graves et irréversibles pour les populations et les écosystèmes (Lesna-2004, p. 56). Cette situation engendre une polarisation caractéristique : les États utilisateurs tendent à minimiser les risques en arguant de l'absence de preuves irréfutables, tandis que les organisations non gouvernementales et les pays affectés invoquent témoignages et études préliminaires pour exiger une régulation stricte. L'incertitude devient ainsi un champ de bataille sémantique et politique où se joue l'acceptabilité d'une arme dont la pollution ne s'estompe pas avec la cessation des combats, mais laisse une empreinte pérenne qui reconfigure durablement les territoires.

Ce chapitre a pour objectif d'examiner les principes mobilisés pour réguler une technologie de guerre dont les effets excèdent le cadre spatio-temporel du champ de bataille. Le débat éthique, qui en constitue la première strate, transcende la question traditionnelle de la violence armée pour interroger la nature même du dommage infligé. Il met en jeu la responsabilité envers les générations futures, condamnées à cohabiter avec un héritage toxique, et soulève la figure emblématique de la victime innocente, incarnée par l'enfant exposé à des risques de malformations congénitales (Lesna-2004 p. 74). Parallèlement, il pose une question éthique interne aux forces armées : une institution peut-elle légitimement mettre en péril la santé de ses propres membres par les technologies qu'elle déploie (Lesna-2004, p. 81) ? Face à ces dilemmes, le « principe de précaution » émerge comme un cadre d'analyse central. Il propose un renversement de la charge de la preuve : en cas de risque de dommage grave et irréversible, l'absence de certitude scientifique ne doit pas retarder l'adoption de mesures préventives (Lesna-2004, p. 55). Appliqué à l'UA, il suggère que la responsabilité ne revient plus aux victimes de prouver le lien de causalité, mais aux utilisateurs de démontrer l'innocuité de leurs armes.

Cette approche, bien que contestée pour son potentiel paralysant, est défendue comme la seule réponse rationnelle face à un paradoxe : elle incite à « modifier des causes dont on admet qu'elles ne sont peut-être pas les bonnes, pour empêcher des effets dont on ne sait pas décider s'ils sont néfastes ou non » (Lesna-2004, p. 56). Cette logique trouve un écho dans des cadres philosophiques plus larges, notamment l'« éthique de la peur » et du « principe responsabilité » développée par Hans Jonas.

Face aux capacités techniques démesurées de l'humanité, Jonas postule que l'anticipation du pire scénario, même improbable, doit devenir un guide pour l'action morale (Leistner, 2023, p. 155). La peur, loin d'être paralysante, devient une heuristique, un outil cognitif qui révèle la fragilité de la vie et contraint à un agir prudent et préventif (Leistner, 2023, p. 156).

Sur le plan juridique, les armes à l'UA occupent une zone grise. N'étant explicitement proscrites par aucun traité spécifique, leur légalité est contestée à l'aune des principes fondamentaux du droit international humanitaire (DIH). Le premier principe mis à l'épreuve est celui de la distinction, qui exige que les attaques différencient combattants et civils. Or, l'aérosol d'UA libéré à l'impact se disperse de manière incontrôlable, contaminant l'environnement sans distinction et affectant potentiellement les civils des années après le conflit. Le second est le principe de proportionnalité, qui interdit les attaques dont les dommages collatéraux seraient excessifs par rapport à l'avantage militaire concret et direct attendu. L'évaluation de cette proportionnalité devient quasi impossible lorsque les dommages incluent des risques sanitaires et environnementaux latents, non quantifiables et s'étalant sur des décennies. Enfin, l'interdiction des armes causant des maux superflus ou des souffrances inutiles est invoquée. Si la toxicité de l'UA n'est pas son mode d'action principal, ses effets radiologiques et chimiques à long terme pourraient être considérés comme une forme de souffrance additionnelle non justifiée par la nécessité militaire, plaçant l'UA dans une catégorie similaire à celle des armes incendiaires ou des mines antipersonnel, dont les effets frappent « sans discrimination » (Lesna-2004, p. 53). La tentative de régulation la plus directe se trouve dans le Protocole additionnel I de 1977 aux Conventions de Genève, qui interdit l'utilisation de méthodes ou moyens de guerre « conçus pour causer ou dont on peut attendre qu'ils causent des dommages étendus, durables et graves à l'environnement naturel » (Tranquillo-2023, p. 10). Cependant, l'effectivité de cette disposition est fortement limitée. D'une part, le seuil cumulatif des trois conditions (« étendus, durables et graves ») est extrêmement élevé et difficile à prouver. D'autre part, plusieurs puissances militaires n'ont pas ratifié ce protocole ou ont émis des réserves, ce qui, combiné à la faiblesse générale des mécanismes de sanction en DIH, rend son application quasi illusoire (Tranquillo-2023, p. 11, Massa-2023, p. 20). Face à ces lacunes, certains juristes et militants proposent des cadres conceptuels plus audacieux, comme la reconnaissance du crime d'« écocide », qui viserait à protéger non seulement l'humain, mais l'« habitabilité du monde » dans son ensemble, en reconnaissant les interdépendances profondes entre les écosystèmes et la vie humaine (Leistner, 2023, p. 162).

Cette vacuité juridique a catalysé une mobilisation intense de la société civile et d'organisations internationales, qui s'efforcent de politiser l'enjeu et de construire une norme coutumière contre l'utilisation de l'UA. S'inspirant du succès de la campagne internationale pour l'interdiction des mines antipersonnel qui a abouti au Traité d'Ottawa, des coalitions d'ONG militent activement pour un moratoire international sur la production, le transfert et l'utilisation des armes à l'UA. Leur stratégie consiste à contourner le blocage des forums de désarmement traditionnels en sensibilisant l'opinion publique, en documentant les conséquences sur le terrain et en exerçant une pression politique sur les États. Cette dynamique a conduit à plusieurs résolutions au Parlement européen et à l'Assemblée générale des Nations unies, appelant à la prudence et à une plus grande transparence de la part des utilisateurs (Lesna-2004, p. 26). Ces réactions internationales, bien que non contraignantes, contribuent à stigmatiser l'arme et à renforcer l'argumentaire en faveur de sa régulation, illustrant comment, en l'absence d'une interdiction formelle, la bataille se joue autant sur le terrain du droit que sur celui de la légitimité politique et morale.

Afin d'analyser méthodiquement ces enjeux multidimensionnels, ce chapitre s'articulera en trois temps. Nous aborderons d'abord les débats éthiques qui structurent la controverse, en explorant en profondeur les arguments moraux et les cadres philosophiques, tels que le principe de précaution et l'éthique de

la responsabilité, qui sont mobilisés pour contester l'acceptabilité de ces armes. Nous examinerons ensuite le cadre juridique international applicable, en procédant à une analyse critique des principes du DIH et des traités existants afin de mettre en lumière leurs ambiguïtés, leurs limites et les défis liés à leur mise en œuvre.

Enfin, une troisième section sera consacrée à l'étude des réactions internationales et rôle des ONG, illustrant comment les pressions politiques, les campagnes de la société civile et les initiatives diplomatiques cherchent à combler les vides juridiques et à influencer les pratiques étatiques vers une interdiction de facto, sinon de jure.

4.1 Cadre juridique international

Le statut des armes à l'uranium appauvri (UA) au regard du droit international se caractérise par une indétermination normative notable. En l'absence de traité international interdisant spécifiquement leur production, leur stockage ou leur emploi, leur légalité doit être examinée à l'aune des principes et des règles du Droit International Humanitaire (DIH), dont l'objet est de limiter les effets des conflits armés en protégeant les non-combattants et en restreignant les moyens et méthodes de guerre (Tranquillo-2023, p. 10). Les premières préoccupations relatives aux dommages environnementaux causés par les conflits n'ont émergé que tardivement dans le corpus juridique international, principalement en réaction aux destructions massives observées durant la guerre du Vietnam (Massa-2023, p. 15). Cette évolution a conduit à l'adoption d'instruments qui, s'ils ne visent pas explicitement l'UA, fournissent le cadre principal pour son évaluation. Cette situation situe ces armements dans un limbe juridique, où leur conformité au droit est ardemment contestée, non pas sur la base d'une prohibition directe, mais à travers un processus complexe d'interprétation, d'analogie et d'application de principes généraux.

Les instruments conventionnels les plus pertinents pour cette analyse sont ceux qui traitent de la protection de l'environnement en temps de conflit armé. Le Protocole Additionnel I de 1977 aux Conventions de Genève est à cet égard central. Fruit des leçons tirées du Vietnam, où l'usage d'herbicides comme l'Agent Orange a mis en lumière la vulnérabilité de l'environnement en tant que victime de guerre (Massa-2023, p. 17, Massa-2023, p. 17), ce protocole a introduit des protections environnementales explicites. Son article 35(3) interdit « d'utiliser des méthodes ou moyens de guerre qui sont conçus pour causer, ou dont on peut attendre qu'ils causent, des dommages étendus, durables et graves à l'environnement naturel » (Massa-2023, p. 17). Cette interdiction est renforcée par l'article 55, qui protège l'environnement naturel contre de tels dommages et interdit les attaques contre lui à titre de représailles (Tranquillo-2023, p. 10). Parallèlement, la Convention sur l'interdiction d'utiliser des techniques de modification de l'environnement à des fins militaires ou toutes autres fins hostiles (ENMOD) de 1976 proscrit l'utilisation de l'environnement comme une arme, par exemple en provoquant des séismes ou en modifiant le climat (Massa-2023, p. 21). Toutefois, son champ d'application, axé sur la manipulation délibérée des forces de la nature, diffère de celui du Protocole I, ce qui crée de potentielles ambiguïtés et des seuils d'application distincts (Tranquillo-2023, p. 10, Leistner, 2023, p. 68).

L'application de ces dispositions aux armes à l'UA se heurte cependant à un obstacle majeur : le seuil d'application particulièrement élevé et l'imprécision des critères cumulatifs étendu, durable et grave. Ces termes n'étant définis dans aucun traité, ils laissent une large marge d'interprétation, ce qui constitue une faille juridique significative (Massa-2023, p. 75). - Étendu : Ce critère pose la question de l'échelle. La contamination par l'UA est diffuse, se concentrant autour des points d'impact mais pouvant être dispersée par les vents sous forme d'aérosols. Les États utilisateurs arguent que cette contamination ne couvre pas des surfaces suffisamment vastes – souvent interprétées comme plusieurs centaines de kilomètres carrés – pour être qualifiée d' « étendue ». - Durable : C'est le critère le plus facilement rempli par l'UA, dont la demi-vie radiologique se compte en milliards d'années. Cependant, l'interprétation de la « durabilité » varie elle-même entre les traités. Pour la Convention ENMOD, elle peut signifier quelques mois ou saisons, tandis que pour le Protocole I, elle est généralement comprise comme s'étendant sur plusieurs décennies (Tranquillo-2023, p. 10).

La persistance de l'UA excède de loin ces deux interprétations. - Grave : Ce critère est le plus subjectif et le plus contesté. La gravité doit-elle être évaluée en termes de perturbation écologique immédiate ou de risques sanitaires à long terme pour les populations humaines ?

En l'absence de consensus scientifique définitif sur les effets de l'exposition chronique à de faibles doses d'UA, il est difficile de prouver un dommage d'une « gravité » suffisante pour satisfaire ce critère juridique.

Cette ambiguïté sémantique confère à ces protections une « efficacité relative » (Massa-2023, p. 20) et est aggravée par des obstacles pratiques. Des États clés, tels que les États-Unis ou la France, n'ont pas ratifié le Protocole I ou ont émis des réserves, limitant ainsi sa portée contraignante (Massa-2023, p. 20). De plus, la faiblesse générale des mécanismes d'application du DIH contribue à une faible conformité des États (Tranquillo-2023, p. 11).

Face aux limites manifestes du droit conventionnel, l'analyse doit se déplacer vers les principes coutumiers du DIH, qui lient tous les États, indépendamment de leurs ratifications de traités. Le premier est l'interdiction de causer des « maux superflus » ou des souffrances inutiles, codifiée à l'article 35(2) du Protocole I (Massa-2023, p. 17). La Cour internationale de justice a défini ces maux comme « des souffrances supérieures aux maux inévitables que suppose la réalisation d'objectifs militaires légitimes » (Massa-2023, p. 71). Dans le cas de l'UA, l'avantage militaire légitime est sa capacité cinétique à perforer les blindages. Les opposants soutiennent que les effets qui s'ensuivent – la contamination radiologique et chimique à long terme, les pathologies rénales, les risques cancérigènes potentiels et les malformations congénitales alléguées – constituent des souffrances qui excèdent largement cet objectif militaire initial. Elles n'ajoutent aucune valeur militaire à la neutralisation de la cible et infligent un préjudice durable aux combattants survivants et aux populations civiles.

Le second principe est celui de la distinction, pierre angulaire du DIH, qui exige que les attaques soient dirigées uniquement contre des objectifs militaires. Si l'emploi de munitions à l'UA respecte *a priori* ce principe en visant des cibles militaires précises (chars, véhicules blindés), leurs effets *a posteriori* s'avèrent indiscriminés. Une fois le projectile pulvérisé à l'impact, l'aérosol d'oxydes d'uranium se dépose sur les sols et les sources d'eau, entrant dans la chaîne alimentaire et contaminant l'environnement sans distinction entre zones militaires et civiles. Cette persistance toxique a conduit à une analogie récurrente avec les mines antipersonnel, qui, elles aussi, continuent de « frapper sans discrimination » longtemps après la fin des hostilités, constituant un héritage mortifère qui entrave la reconstruction et la sécurité des civils (Lesna-2004, p. 53).

Le troisième principe est celui de la proportionnalité, qui interdit les attaques dont on peut attendre qu'elles causent incidemment des pertes en vies humaines dans la population civile, des blessures aux civils ou des dommages aux biens de caractère civil, qui seraient excessifs par rapport à l'avantage militaire concret et direct attendu (Tranquillo-2023, p. 10). L'application de ce principe à l'UA est particulièrement complexe. L'avantage militaire est clair et immédiat : la destruction d'une cible blindée. Le dommage incidentiel, cependant, est diffus, incertain et différé dans le temps. Il inclut les coûts de décontamination, les risques sanitaires à long terme pour des générations, et la perte de terres agricoles. Peser un avantage militaire quantifiable contre un préjudice environnemental et humain qualitatif et à long terme est un défi redoutable qui rend le test de proportionnalité difficile à appliquer de manière concluante.

Enfin, l'intense controverse scientifique sur les impacts sanitaires, documentée au chapitre précédent, place le principe de précaution au cœur du débat juridique. Issu du droit international de l'environnement, ce principe gagne en pertinence dans le DIH. Il postule qu'en cas de risque de dommages graves ou irréversibles, l'absence de certitude scientifique absolue ne doit pas servir de prétexte pour différer l'adoption de mesures effectives (Lesna-2004, p. 56). Des juristes, des ONG et des institutions internationales soutiennent que, face aux incertitudes persistantes et aux risques

potentiellement catastrophiques, l'utilisation de l'UA devrait être suspendue en vertu de ce principe. L'argument est qu'il « recommande précisément de ne pas attendre des preuves complètes pour contrecarrer des risques potentiellement graves » (Lesna-2004, p. 55).

En l'état actuel du droit positif, les armes à l'UA échappent aux classifications existantes. Elles ne sont pas considérées comme des armes nucléaires, car elles ne provoquent pas d'explosion par fission ou fusion et ne sont pas conçues pour tuer par rayonnement (Massa-2023, p. 70). Elles ne sont pas non plus des armes chimiques au sens de la Convention sur les armes chimiques, car l'uranium appauvri n'est pas listé comme un agent toxique interdit et sa fonction première est cinétique, non chimique (Massa-2023, p. 70). Ce vide normatif a cependant provoqué des réactions politiques significatives. L'Assemblée Générale des Nations Unies a adopté plusieurs résolutions non contraignantes qui expriment de « sérieuses préoccupations » quant aux effets sanitaires et environnementaux de l'UA et invitent les États utilisateurs à faire preuve de transparence quant aux zones de frappe (Massa-2023, p. 80). De même, le Parlement européen a appelé à une interdiction mondiale (Massa-2023, p. 80).

Face à l'inadéquation du cadre actuel, plusieurs pistes *de lege ferenda* (le droit tel qu'il devrait être) sont explorées. La première est l'élaboration d'un traité d'interdiction spécifique, sur le modèle de la Convention d'Ottawa sur les mines antipersonnel ou de la Convention d'Oslo sur les armes à sous-munitions (Massa-2023, p. 80). Une telle approche aurait l'avantage de créer une norme claire et non ambiguë, contournant les difficultés d'interprétation des traités existants et stigmatisant l'arme au niveau international. Une seconde proposition, plus ambitieuse, est celle d'une « cinquième Convention de Genève » consacrée exclusivement à la protection de l'environnement en temps de guerre (Massa-2023, p. 81). Cette initiative, bien que n'ayant pas trouvé d'écho politique suffisant à ce jour, répond au constat que le DIH reste fondamentalement anthropocentrique et peine à protéger l'environnement en tant que tel. Enfin, une troisième voie est celle de la criminalisation par la reconnaissance du crime d'« écocide » en droit pénal international (Massa-2023, p. 78). Ce concept, qui vise à sanctionner les destructions massives et délibérées de l'environnement, pourrait créer une responsabilité pénale individuelle pour les décideurs ordonnant l'utilisation d'armes aux conséquences environnementales dévastatrices. Une telle approche représenterait un changement ontologique, protégeant non seulement l'humain mais aussi « l'habitabilité du monde » dans son ensemble (Leistner, 2023, p. 162). Ces débats, bien que prospectifs, témoignent d'une prise de conscience croissante de l'insuffisance du droit positif face aux défis posés par les héritages toxiques de la guerre moderne.

4.2 Débats éthiques

L'utilisation des armes à l'uranium appauvri (UA) transcende largement les cadres d'analyse purement militaires, techniques ou même sanitaires, pour plonger au cœur de dilemmes moraux fondamentaux. Ces derniers interrogent la responsabilité des États, la nature de la guerre moderne et l'héritage imposé aux générations futures. Les impacts documentés dans les chapitres précédents – une contamination environnementale quasi éternelle et des risques sanitaires graves, avérés pour certains, fortement suspectés pour d'autres – constituent le terreau sur lequel s'est développée une controverse éthique profonde. Celle-ci met en tension la logique de l'efficacité tactique à court terme et celle des conséquences indiscriminées, irréversibles et différées dans le temps. Ces armes, qualifiées par certains critiques d'« armes si peu conventionnelles », brouillent les lignes de démarcation traditionnelles entre l'armement conventionnel, chimique et radiologique, précisément parce que leurs effets ne se limitent pas à la destruction cinétique immédiate, mais instaurent une forme de violence lente et insidieuse. La controverse éthique se nourrit de cette ambiguïté fondamentale, opposant un discours officiel valorisant la précision chirurgicale à la réalité d'une pollution durable et incontrôlable, dissimulée derrière un « bouclier discursif » érigé par les utilisateurs (Leistner, 2023, p. 71).

Au centre de ce débat se trouve la question de la responsabilité face à une technologie dont les effets à long terme ne peuvent être entièrement connus ou maîtrisés. Cette situation fait écho aux travaux du philosophe Hans Jonas et à son Principe Responsabilité.

Face à la capacité technique démesurée de l'humain, Jonas propose une « heuristique de la crainte » non pas une peur paralysante, mais une angoisse mobilisatrice qui doit contraindre l'agir face au dévoilement de la fragilité du monde (Leistner, 2023, p. 156). Cette angoisse, née de « l'indéterminé » (Leistner, 2023, p. 154), devient un moteur éthique essentiel.

L'UA est un cas d'école pour cette éthique : la dissémination d'un polluant dont la demi-vie se mesure en milliards d'années et dont les conséquences sanitaires sont l'objet d'intenses polémiques incarne cette situation où la technique menace les conditions ontologiques de la vie (Leistner, 2023, p. 155). L'éthique jonassienne plaide ainsi pour une « éthique de la conservation, de la préservation et de l'empêchement, plutôt qu'une éthique du progrès et du perfectionnement » (Leistner, 2023, p. 155), entrant en collision frontale avec la rhétorique militaire du progrès technologique permanent.

Cette approche philosophique trouve une traduction plus concrète et politique dans le Principe de Précaution. Ce principe stipule que l'absence de certitude scientifique absolue ne doit pas servir de prétexte pour reporter l'adoption de mesures visant à prévenir un risque de dommage grave et irréversible pour l'environnement ou la santé humaine (Lesna-2004, p. 56). Pour de nombreux acteurs de la société civile, experts et ONG, les risques sanitaires et la contamination durable associés à l'UA justifient pleinement l'application de ce principe. Ils soutiennent que le doute raisonnable sur les effets à long terme devrait conduire à une interdiction totale de la production, de la détention et de l'emploi de ce type d'armement, arguant qu'il est impératif « de ne pas attendre des preuves complètes pour contrecarrer des risques potentiellement graves » (Lesna-2004, p. 55, Lesna-2004, p. 55). La question n'est plus de prouver le danger avec une certitude absolue, mais de décider si la société peut accepter de prendre un tel risque, dont la contrepartie positive, un avantage militaire, n'est ni directement perceptible ni partagée par les populations qui en subissent les conséquences à long terme (Lesna-2004, p. 82). Toutefois, l'application de ce principe n'est pas sans complexité, comme le souligne le paradoxe relevé par Philippe Mongin : la précaution « incite à modifier des causes dont on admet qu'elles ne sont peut-être pas les bonnes, pour empêcher des effets dont on ne sait pas décider s'ils sont néfastes ou non » (Lesna-2004, p. 56). Cette aporie est illustrée par le dilemme des autorités militaires elles-mêmes : l'administration préventive de pyridostigmine aux soldats durant la guerre du Golfe, suspectée d'être une des causes du syndrome éponyme, fut justifiée comme une application du principe de précaution contre une attaque chimique potentielle (Lesna-2004, p. 57). La question éthique devient alors : où situer la précaution quand la mesure préventive engendre elle-même un risque d'une autre nature ? Dans le cas de l'UA, les partisans de son interdiction estiment que la nature du dommage potentiel – pathologies graves, contamination irréversible – est d'une telle magnitude qu'elle tranche le débat en faveur d''une prohibition totale.

Le débat éthique s'élargit bien au-delà des victimes immédiates du conflit. Il engage une responsabilité transgénérationnelle écrasante. En contaminant de manière permanente les sols et les eaux, l'utilisation de l'UA impose un fardeau sanitaire et écologique aux générations futures, remettant en cause « l'habitabilité du monde » pour ceux qui n'ont eu aucune part dans les décisions de guerre (Leistner, 2023, p. 18, Leistner, 2023, p. 162). Cet héritage toxique n'est pas une abstraction ; il se traduit par une modification pérenne des conditions de vie, où le sol cultivé, l'eau bue et l'air respiré deviennent des vecteurs de risque potentiels pour des décennies, voire des siècles. Cette perspective transforme l'acte de guerre en un potentiel « crime contre l'habitabilité », une forme d'écocide qui affecte les relations complexes entre les humains et le reste du vivant (Leistner, 2023, p. 162). Cette vision, qui promeut une « ontologie de la connectivité » reconnaissant les interdépendances profondes entre tous les êtres vivants et leur milieu (Leistner, 2023, p. 162), s'oppose radicalement à l'approche technoscientifique de la guerre moderne qui tend à réduire l'environnement à un « vaste champ neutre à exploiter » ou à « phusiomorphiser » les entités naturelles, les privant de toute valeur intrinsèque

(Leistner, 2023, p. 166). Cette dissémination d'un fardeau toxique soulève également une question aiguë de justice environnementale. L'emploi de l'UA s'apparente à une forme de colonialisme toxique, où les nations les plus puissantes exportent leurs déchets nucléaires et les risques sanitaires associés sur les territoires et dans les corps de populations plus vulnérables, souvent dans des États affaiblis par le conflit. Cette dynamique, où la charge environnementale est inégalement répartie, constitue une violation flagrante des principes de traitement équitable.

Elle n'est pas sans rappeler l'injustice subie par des communautés indigènes comme les Navajos, dont les terres et la santé ont été sacrifiées pour l'extraction de l'uranium, les plaçant dans une position de « population à haut risque » (Berthier-Foglar, 2011, p. 8). L'utilisation de l'UA sur les champs de bataille internationaux reproduit cette injustice à une échelle géopolitique, imposant un fardeau durable à des populations qui n'ont ni les moyens de se protéger, ni ceux de décontaminer leur environnement.

Enfin, le dilemme éthique prend un visage humain poignant et se décline sur deux fronts. Il met d'abord en cause le contrat moral entre l'État et ses propres forces armées. Une question fondamentale se pose : « l'institution militaire peut-elle porter atteinte à la sécurité sanitaire de ses propres membres par l'utilisation des technologies qu'elle met en œuvre ou qu'elle teste ? » (Lesna-2004, p. 81). Le développement du « syndrome de la guerre du Golfe » puis du « syndrome des Balkans » a placé cette question au centre du débat public. Des milliers de vétérans ont rapporté des pathologies chroniques invalidantes, tandis que les institutions militaires étaient accusées de minimiser les risques, de nier les liens de causalité et, dans certains cas, de dissimuler ou détruire des documents médicaux compromettants (DU KOSOVO, 2024, p. 4). L'État demande à ses soldats de risquer leur vie face à l'ennemi, un risque inhérent à la fonction militaire. Cependant, la ligne éthique est franchie lorsque ces mêmes soldats sont exposés, sans consentement pleinement éclairé, à des menaces toxiques insidieuses dont les effets se manifestent des années après, et que leur souffrance est ensuite accueillie par le déni institutionnel. De manière encore plus frappante, la controverse est portée par la figure de la victime innocente par excellence : l'enfant. Comme le souligne un analyste, dans tout conflit, l'enfant « incarne la victime innocente inconcevable, et c'est à travers son image que s'impose d'autorité l'horreur d'un événement » (Lesna-2004, p. 74). Les témoignages et rapports récurrents faisant état d'une augmentation des malformations congénitales dans les zones massivement bombardées – « en Irak des bébés naissent sans tête », « les soldats irakiens ont donné naissance à des bébés présentant de monstrueuses malformations » – mobilisent une condamnation morale qui transcende les débats d'experts (Lesna-2004, p. 74). Cette imagerie symbolique, qui évoque un futur corrompu et une humanité « monstrueuse » et « non viable » (Lesna-2004, p. 74), s'oppose frontalement au discours rationnel et scientifique déployé par les institutions de Défense. C'est un affrontement direct entre deux modes d'argumentation : d'un côté, « l'outil rationnel » des gestionnaires de la polémique, et de l'autre, la « manipulation des images symboliques » qui s'adresse à l'émotionnel pour convaincre de l'inacceptabilité morale de la situation (Lesna-2004, p. 44).

En définitive, les débats éthiques sur l'uranium appauvri mettent en lumière un conflit de valeurs irréductible. D'un côté, une logique pragmatique et cynique, portée par le complexe militaro-industriel (Barrillot-2001, p. 8), qui valorise l'efficacité militaire et les intérêts économiques. Dans cette perspective, les armes à l'UA sont présentées comme une solution « bon marché » et stratégiquement efficace, offrant de surcroît « un bon débouché » pour des stocks de déchets nucléaires encombrants (Lesna-2004, p. 15, Lesna-2004, p. 64). De l'autre côté, une éthique de la précaution et de la responsabilité qui place la préservation de la vie, la santé des écosystèmes et l'avenir des générations futures au-dessus de tout impératif stratégique. Cette tension fondamentale est souvent exacerbée par une « désinformation » délibérée et une stratégie discursive visant à minimiser la nature nucléaire du matériau – le terme « appauvri » servant à « occulter quasiment le fait qu'il s'agit bien d'uranium » (Barrillot-2001, p. 8) – et à promouvoir le mythe d'une « guerre propre » (DU KOSOVO, 2024, p. 4) pour rassurer les décideurs politiques et l'opinion publique. C'est à l'intersection de ces impératifs moraux contradictoires que le droit international tente avec difficulté de trouver sa place, peinant à qualifier et à réguler une arme dont les effets se déploient à une échelle temporelle et biologique qui défie ses catégories traditionnelles.

4.3 Réactions internationales et rôle des ONG

Face au vide juridique et aux profonds dilemmes éthiques que soulève l'utilisation des armes à l'uranium appauvri (UA), l'inaction et l'ambiguïté des États ont catalysé l'émergence d'un front de contestation transnational. Cette vacance normative et politique n'est pas fortuite ; elle est le produit d'une stratégie délibérée de la part du complexe militaro-industriel visant à déclassifier l'UA de son appartenance aux matières nucléaires et à minimiser ses effets, notamment par une désinformation scrupuleusement orchestrée à l'intention des décideurs politiques (Barrillot-2001, p. 8). En occultant la nature radiologique du matériau derrière l'adjectif rassurant d' « appauvri », les utilisateurs ont créé un « bouclier discursif » qui a longtemps paralysé toute tentative de régulation. C'est précisément cet espace, laissé vacant par des institutions étatiques réticentes à remettre en cause une technologie militaire jugée efficace et économique, qui a été investi par une coalition hétéroclite d'acteurs de la société civile. Portée par les organisations non gouvernementales (ONG), les associations de victimes et les médias, cette mobilisation a transformé une question initialement confinée aux sphères techniques et balistiques en un enjeu sociopolitique majeur, articulé autour de la santé publique, de la justice environnementale et de la transparence de l'action militaire. Cette dynamique s'est d'autant plus affirmée qu'elle s'inscrivait dans un contexte sociétal de perte de confiance généralisée envers l'information officielle et la capacité des pouvoirs publics à gérer les risques sanitaires, une méfiance exacerbée en France par des crises comme celle du sang contaminé (Lesna-2004, p. 8).

L'impulsion initiale et la force morale de cette mobilisation émanent de ses victimes les plus directes et les plus légitimes : les vétérans. À la suite de la guerre du Golfe de 1991, puis des conflits dans les Balkans, des associations comme Avigolfe en France se sont constituées pour défendre les militaires atteints de pathologies chroniques et inexpliquées, qualifiées de « syndrome de la guerre du Golfe ». Leur combat n'était pas seulement une demande d'indemnisation, mais une quête de reconnaissance de leur souffrance face au déni institutionnel. Le statut de la victime, et en particulier du soldat loyal mais potentiellement trahi par sa propre hiérarchie, a conféré une charge symbolique et émotionnelle puissante au débat public, déplaçant l'enjeu du terrain technique vers celui de la responsabilité morale de l'État envers ses propres forces (Lesna-2004, p. 75). Des actions juridiques individuelles, comme celle du vétéran Hervé Desplat en France, ont été largement médiatisées, incarnant le combat de milliers d'autres et forçant l'ouverture d'informations judiciaires pour « homicides et blessures involontaires » (Lesna-2004, p. 17, Lesna-2004, p. 59). Ces groupes pionniers, dont l'expertise reposait sur l'expérience vécue, ont rapidement été rejoints par une coalition d'acteurs aux motivations convergentes. Des organisations écologistes, alertées par la contamination environnementale durable, des mouvements antinucléaires, voyant dans l'UA une forme de réintroduction insidieuse du nucléaire sur les champs de bataille conventionnels, et des ONG de défense des droits humains, préoccupées par les effets sur les populations civiles, ont uni leurs forces (Lesna-2004, p. 8). L'objectif stratégique de cette société civile organisée s'est cristallisé autour d'un modèle éprouvé : la campagne internationale qui avait abouti au Traité d'Ottawa sur les mines antipersonnel. L'ambition était de reproduire ce succès en obtenant d'abord un moratoire, puis une interdiction complète de la production, du commerce et de l'emploi des armes à l'UA (Lesna-2004, p. 16). Cette approche visait à contourner l'impasse du droit positif en créant une nouvelle norme internationale par la stigmatisation politique et morale de l'arme, en la requalifiant comme une arme aux effets indiscriminés, à l'instar des mines qui continuent de frapper longtemps après la fin des hostilités.

L'essor de ce mouvement et son impact politique sont indissociables du rôle d'amplificateur joué par les médias. La polémique, initialement circonscrite aux cercles de vétérans américains, a trouvé une résonance explosive sur la scène publique européenne lors de la médiatisation du « syndrome des Balkans » entre 2000 et 2001 (Lesna-2004, p. 22). Cet événement a agi comme un catalyseur, créant un effet domino où les médias de chaque pays européen ayant participé aux opérations de l'OTAN (Italie, Portugal, Belgique, etc.) ont commencé à enquêter sur la santé de leurs propres soldats, créant une crise à l'échelle continentale (Lesna-2004, p. 21). La presse a alors exercé une fonction cruciale, allant bien au-delà de la simple diffusion d'informations. Elle a activement construit un contre-récit, opposé à la version officielle des états-majors.

En donnant une plateforme à des experts dissidents – physiciens, médecins, ou même anciens officiers comme un expert du Pentagone ou un officier de l'US Navy cités dans la presse – les médias ont légitimé la controverse et l'ont élevée au rang de débat scientifique crédible aux yeux du public (Lesna-2004, p. 15). Surtout, ils ont cadré le débat autour de la question de la crédibilité institutionnelle. Des titres accusateurs ont fleuri, affirmant que « les plus hautes autorités militaires ont menti pendant des années » et que le Pentagone a accumulé les négligences et « multiplié les faux-fuyants » (Lesna-2004, p. 22). En accusant frontalement l'OTAN et ses États-majors d'avoir « occulté l'information » sur l'utilisation et les dangers de ces munitions (Lesna-2004, p. 15), la presse a forgé un narratif puissant de dissimulation et de mépris, qui a trouvé un écho profond dans une opinion publique déjà ébranlée par d'autres scandales sanitaires et de plus en plus critique envers les discours officiels sur la « guerre propre » (Dorsouma Bouchard, 2006, p. 11, DU KOSOVO, 2024, p. 3).

Cette pression conjuguée de la société civile et des médias a provoqué une réaction en chaîne, bien que souvent désordonnée et fragmentée, au niveau des organisations intergouvernementales, révélant des lignes de fracture au sein même des alliances occidentales. Au sein de l'Union européenne, la controverse est passée du domaine sanitaire au champ politique lorsque, début janvier 2001, le Premier ministre italien, Giuliano Amato, a publiquement interpellé l'OTAN pour exiger la vérité, une démarche rapidement suivie par la Belgique et le Portugal (Lesna-2004, p. 21). Cette contestation émanant de pays membres de l'Alliance a marqué une étape décisive, transformant la crise en un problème politique interne à l'OTAN. Peu après, le Parlement européen, agissant comme la conscience politique du continent, a adopté une position marquante en votant une résolution qui appelait à un moratoire sur l'utilisation des armes à l'UA. Cet acte, bien que non contraignant, a eu un poids symbolique considérable, car il alignait une institution européenne majeure sur la principale revendication des ONG et augmentait la pression sur la Commission européenne, dont le président, Romano Prodi, avait déjà évoqué une interdiction si les risques étaient avérés (Lesna-2004, p. 26). Prise pour cible et contestée de l'intérieur, l'OTAN s'est retrouvée sur la défensive, contrainte de multiplier les communiqués et de mettre en place des comités d'experts pour tenter de regagner une crédibilité sérieusement entamée par les accusations de manque de transparence envers ses propres alliés (Lesna-2004, p. 22).

Parallèlement, le système des Nations Unies a été universellement sollicité pour assumer un rôle d'arbitre, à la fois scientifique et diplomatique, dans une controverse où chaque partie se prévalait de sa propre expertise (Lesna-2004, p. 11). Des agences spécialisées comme le Programme des Nations Unies pour l'Environnement (PNUE) et l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS), ont été mandatées pour conduire des évaluations post-conflit au Kosovo, en Bosnie-Herzégovine puis plus tard en Irak. Leurs rapports, souvent méthodologiquement prudents et scientifiquement nuancés, n'ont cependant pas mis fin à la polémique ; ils sont au contraire devenus un nouveau champ de bataille interprétatif. D'un côté, les partisans de l'utilisation de l'UA, comme le Pentagone, se sont saisis de l'absence de preuves scientifiques définitives d'un lien de causalité direct avec des pathologies graves pour conclure à une relative innocuité (Parsons-2002, p. 3). De l'autre, les ONG et les pays critiques ont souligné que ces mêmes rapports confirmaient la contamination durable de l'environnement, identifiaient des risques pour certains groupes de population et recommandaient des mesures de décontamination et de surveillance, plaidant ainsi pour une application stricte du principe de précaution. Cette « bataille des interprétations » a démontré à quel point la science elle-même était devenue un enjeu politique. Sur le plan diplomatique, la pression continue de la société civile et d'un nombre croissant d'États non-utilisateurs a culminé avec l'adoption, à partir de 2007, de plusieurs résolutions par l'Assemblée Générale de l'ONU. Bien que non contraignantes, ces résolutions, en exprimant de « sérieuses préoccupations » sur les effets sanitaires et environnementaux de l'UA et en appelant les États utilisateurs à une plus grande transparence sur les zones de frappe, ont consacré la reconnaissance officielle du problème au plus haut niveau international.

En définitive, les réactions internationales à l'emploi des armes à l'UA illustrent de manière exemplaire la dynamique d'un réseau de plaidoyer transnational. Une mobilisation initiée « par le bas » portée par la légitimité morale des victimes et la ténacité d'un réseau d'ONG, puis relayée et amplifiée par la

sphère médiatique, est parvenue à fissurer le « bouclier discursif » érigé par les institutions militaires. Cette campagne a contraint les organisations intergouvernementales, de l'OTAN à l'ONU en passant par l'Union Européenne, à sortir de leur silence et à se positionner, révélant les tensions irréductibles entre les logiques stratégiques et économiques des États utilisateurs et les impératifs éthiques et de précaution défendus par une part croissante de la communauté internationale. Même en l'absence d'un traité d'interdiction formel, cette mobilisation a durablement accru le coût politique et réputationnel associé à l'emploi de ces armes. Elle a ainsi inscrit la question de l'uranium appauvri à l'agenda politique global, non plus comme un simple sujet technique, mais comme un symbole puissant et dérangeant des héritages toxiques de la guerre moderne et de la responsabilité qui en découle pour les générations présentes et futures.

Analyse géopolitique et stratégique

Prolongeant l'analyse des impacts matériels et des controverses normatives soulevées par les armes à l'uranium appauvri (UA), le présent chapitre aborde la dimension géopolitique et stratégique qui sous-tend la pérennité de leur emploi. Il a été établi que l'efficacité tactique de ces munitions est contrebalancée par une « menace invisible » et une incertitude scientifique persistante, instaurant une zone grise juridique. Loin de constituer un simple vide normatif, cet espace d'ambiguïté est activement instrumentalisé : il devient le théâtre où se déploient les logiques de puissance, les intérêts économiques et les stratégies discursives des États. Ce chapitre se propose donc de décrypter les dynamiques de pouvoir qui expliquent le maintien de ces armes dans les arsenaux contemporains, en dépit des pressions normatives croissantes. Il s'agit de dépasser l'examen des conséquences pour interroger les causes profondes de ces « choix techno politiques » (Lesna-2004, p. 3), en analysant comment des considérations de politique internationale et des impératifs économiques priment sur les enjeux sanitaires et environnementaux. La problématique de l'UA illustre ainsi de manière emblématique la tension, inhérente aux guerres modernes, entre la recherche d'une efficacité militaire immédiate et la gestion d'un héritage toxique dont les effets s'étalent sur le temps long, reconfigurant durablement les territoires et la vie des populations civiles bien après la cessation des hostilités. Le débat sur l'UA met en lumière la difficulté pour les sociétés contemporaines d'accepter un risque militaire dont l'intérêt stratégique est difficilement perceptible pour le citoyen, qui n'en retire aucun bénéfice direct et est donc enclin à n'en retenir que les inconvénients (Lesna-2004, p. 82).

La persistance de l'emploi de ces armes s'explique par un entrelacement complexe d'intérêts où se mêlent avantages stratégiques, impératifs économiques et calculs politiques. Sur le plan militaire, les munitions à l'UA répondent à une exigence centrale des conflits asymétriques post-Guerre Froide : la capacité de détruire des cibles durcies, notamment les centres de commandement ennemis enterrés dans des bunkers renforcés. Le recours à une ogive à l'UA apparaît alors comme une solution tactiquement « propre » : elle offre une puissance de pénétration quasi équivalente à une frappe nucléaire tactique, mais sans générer l'opprobre politique et médiatique associé à l'image du champignon atomique (Parsons-2002, p. 5). À cette efficacité stratégique s'ajoute un avantage économique décisif. Les « intérêts économiques et stratégiques qui auraient présidé à la production et à l'utilisation d'armes à uranium appauvri » (Lesna-2004, p. 63) sont au cœur de la controverse. En effet, la fabrication de ces armes permet d'écouler à faible coût les stocks massifs d'uranium appauvri, un déchet de l'industrie de l'enrichissement de l'uranium, transformant ainsi un passif coûteux et encombrant en un actif militaire de grande valeur (Lesna-2004, p. 59). Cette double rationalité, à la fois militaire et économique, constitue un puissant incitatif pour les États dotés d'une filière nucléaire, d'autant que le développement d'alternatives technologiques aussi performantes impliquerait des coûts de substitution extrêmement élevés (Lesna-2004, p. 59).

Afin de préserver ces avantages face à la contestation croissante, les États utilisateurs ont développé une stratégie discursive et politique reposant sur l'opacité et la minimisation systématique des risques. Une tactique centrale a été de « déclasser l'uranium appauvri de son appartenance à la catégorie des matières nucléaires », une manœuvre sémantique où le qualificatif « appauvri » vient opportunément occulter « le fait qu'il s'agit bien d'uranium » (Barrillot-2001, p. 8). Cette désinformation scrupuleusement entretenue à l'intention des décideurs politiques et du public vise à dissocier ces armes de l'imaginaire de la guerre nucléaire et de sa radioactivité (Lesna-2004, p. 63).

Cette culture du secret est renforcée par des mécanismes institutionnels comme le « Secret Défense », qui a été « totalement appliqué aux armes à uranium appauvri en France » (Lesna-2004, p. 16). Cette opacité s'est manifestée de manière flagrante par le manque de transparence des autorités militaires, notamment du Pentagone et de l'OTAN, accusés d'avoir « menti pendant des années » (Lesna-2004, p. 22) et d'avoir délibérément occulté l'information sur l'utilisation de ces munitions et les risques associés, y compris auprès de leurs propres alliés (Lesna-2004, p. 22, Lesna-2004, p. 15). Le déni des risques s'explique également par la volonté d'éviter les conséquences financières potentiellement colossales qu'impliqueraient la reconnaissance d'un lien de causalité : coûts de décontamination des sites, mais aussi indemnisation des vétérans et des populations civiles affectées (Lesna-2004, p. 59).

Cette dissonance fondamentale entre, d'une part, un discours officiel se voulant rassurant et, d'autre part, les préoccupations sanitaires et environnementales exprimées par les vétérans, les populations locales, les ONG et certains États, a généré de vives tensions géopolitiques. L'emploi de ces armes est devenu un point de friction majeur, y compris au sein de l'Alliance atlantique lors des conflits dans les Balkans. La polémique, initialement confinée à des cercles militants, a pris un tournant européen lorsque des pays comme l'Italie, la Belgique et le Portugal ont publiquement demandé des comptes à l'OTAN après la découverte de cas de leucémies chez leurs soldats (Lesna-2004, p. 21). Cette crise a révélé une profonde fracture de confiance, les alliés des États-Unis réalisant qu'ils n'avaient pas été informés des risques auxquels leurs troupes étaient exposées (Lesna-2004, p. 22). En outre, la controverse sur la toxicité de l'UA s'est transformée en un « outil d'argumentation » politique, régulièrement réactivé à l'occasion de nouveaux conflits comme en Afghanistan ou en Irak (2003) pour contester la légitimité des interventions militaires occidentales (Lesna-2004, p. 70). Le doute scientifique persistant devient ainsi le carburant d'une contestation politique qui ne peut être définitivement éteinte, illustrant une mutation où la confiance des citoyens se déplace des institutions verticales (gouvernants) vers des regroupements horizontaux issus de la société civile, qui agissent comme des contre-pouvoirs (Lesna-2004, p. 83).

Afin d'examiner méthodiquement ces dynamiques complexes, ce chapitre s'articulera en quatre temps. Il analysera d'abord les tensions géopolitiques et les réactions des pays affectés, en démontrant comment l'usage de l'UA a généré des frictions diplomatiques et révélé les fissures au sein des alliances militaires traditionnelles. Seront ensuite étudiées en profondeur les raisons de l'utilisation continue de ces armes, en déconstruisant l'argumentaire officiel pour mettre en lumière le poids déterminant des motivations économiques et industrielles. Une troisième section portera sur les spéculations récentes et l'opacité systémique qui caractérisent ce dossier, illustrant les stratégies de contrôle de l'information et de gestion de la controverse par les États. Enfin, le chapitre traitera de manière spécifique de la gestion des déchets nucléaires comme facteur explicatif majeur, bien que souvent occulté, de la pérennité de cette technologie militaire, révélant ainsi l'imbrication profonde entre les enjeux civils et militaires du nucléaire.

5.1 Raisons de l'utilisation continue

Malgré les controverses éthiques, juridiques, sanitaires, et la pression exercée par la société civile en faveur d'un moratoire (Lesna-2004, p. 26), la majorité des puissances militaires persiste à produire et à utiliser des armes à l'uranium appauvri (UA). Cette continuité ne relève pas d'une simple obstination, mais d'une convergence de justifications stratégiques, de logiques économiques et de stratégies institutionnelles de gestion du risque qui, ensemble, constituent un puissant obstacle aux appels à l'interdiction. L'analyse de ces raisons révèle une hiérarchie claire où l'efficacité militaire immédiate et les intérêts économiques priment sur les incertitudes sanitaires et environnementales à long terme. Pour comprendre cette persistance, il est nécessaire de déconstruire les trois piliers interdépendants qui la soutiennent : la primauté de la supériorité tactique, les impératifs économiques et industriels, et enfin, la stratégie discursive et institutionnelle de gestion de la controverse.

Le premier pilier, et le plus ostensiblement invoqué par les états-majors, est la supériorité tactique et stratégique de l'UA. Dans la doctrine militaire contemporaine, l'avantage technologique est un facteur décisif. Les armes à l'UA incarnent cette quête de supériorité matérielle. Comme détaillé au chapitre 2.1, leurs propriétés physiques uniques, notamment une densité extrême alliée à un phénomène d'auto-affûtage (cisaillement adiabatique) lors de l'impact, leur confèrent une capacité de pénétration des blindages les plus résistants, supérieure à celle de leur principal concurrent, le tungstène. Cette efficacité balistique n'est pas un avantage marginal ; elle est perçue comme un facteur déterminant sur les champs de bataille modernes, où la neutralisation rapide et définitive des véhicules blindés ennemis est cruciale. Cette position est explicitement assumée par les utilisateurs. Le ministère français de la Défense, par exemple, déclarait en 2001 que « tout autre choix technologique impliquerait une perte importante des capacités opérationnelles de nos forces » et qu'il n'envisageait pas, en conséquence, de mettre un terme à la production de ce type de munitions (Barrillot-2001, p. 56). Cette logique opérationnelle, centrée sur la performance immédiate, est souvent présentée comme une évidence pragmatique, comme l'illustre cette interrogation rhétorique formulée dans les médias lors du conflit en Afghanistan : « S'il s'agit d'une arme redoutable pourquoi les militaires s'en priveraient-ils ? » (Lesna-2004, p. 61). Cette perspective tend à écarter les considérations à long terme, jugées secondaires face à l'impératif de la victoire militaire et de la protection des forces engagées.

Au-delà de son rôle antichar, l'UA offre une solution à un dilemme stratégique majeur apparu à la fin de la Guerre Froide : la destruction de cibles durcies, telles que les bunkers et les centres de commandement souterrains. Le programme de réarmement américain lancé sous l'administration Reagan reposait sur la conviction que la victoire dans les conflits futurs dépendrait de la capacité à neutraliser efficacement de telles infrastructures (Parsons-2002, p. 5). Si une frappe nucléaire tactique pourrait atteindre cet objectif, son usage est politiquement et diplomatiquement inenvisageable en raison du stigmate qui y est associé et de ses conséquences dévastatrices, qualifiées de « redoutables pour les relations publiques » (Parsons-2002, p. 5). Les armes conventionnelles, quant à elles, manquent souvent de la puissance de pénétration nécessaire. Les ogives à l'UA se présentent alors comme une solution intermédiaire idéale, capable de percer des mètres de béton armé et de provoquer des effets incendiaires dévastateurs à l'intérieur de la cible, sans franchir le seuil nucléaire. Elles permettent d'atteindre un objectif stratégique maximal avec un coût politique minimal, offrant l'apparence d'une frappe « propre » du point de vue de l'opinion publique internationale (Parsons-2002, p. 5). Cette capacité a été perçue comme un avantage décisif lors des conflits en Irak et dans les Balkans, et elle continue de justifier le maintien de ces armes dans les arsenaux pour d'éventuels conflits contre des adversaires dotés d'infrastructures fortifiées. De plus, la tendance observée à la généralisation de l'UA, avec le développement par des consortiums européens de munitions de moyen calibre (40 mm), montre que cette logique de supériorité n'est plus confinée aux obus de chars lourds, mais s'étend à toute la « panoplie des artilleurs », normalisant ainsi son usage à différents échelons du combat (Barrillot-2001, p. 54).

Le deuxième pilier justifiant l'utilisation continue de l'UA est d'ordre économique et industriel. Il repose sur une symbiose particulièrement avantageuse entre deux secteurs stratégiques de l'État : l'industrie nucléaire et le complexe militaro-industriel. L'uranium appauvri est, par définition, un sous-produit du processus d'enrichissement de l'uranium destiné aux réacteurs nucléaires et à l'armement atomique. Ce processus génère des quantités massives d'UA, dont les stocks mondiaux s'élèvent à plusieurs centaines de milliers de tonnes. Ce matériau, loin d'être rare, constitue un déchet abondant dont la gestion (stockage sécurisé à très long terme) représente une contrainte environnementale et une charge financière considérable pour les États dotés d'un programme nucléaire. L'utilisation de l'UA dans l'armement opère une transformation quasi alchimique : elle convertit une responsabilité coûteuse en un atout militaire et économique. Cette logique est au cœur des accusations portées par les critiques, qui soutiennent que la fabrication d'armes à l'UA permet avant tout d' « écouler l'énorme stock de déchets nucléaires » (Lesna-2004, p. 59). Pour l'industrie de la défense, l'UA est une matière première quasiment gratuite, ce qui rend la production de munitions perforantes particulièrement rentable. Cet avantage économique est un argument marketing de poids, comme en témoigne le slogan

d'un consortium européen pour ses nouvelles munitions : « Létal, compact, bon marché, disponible » (Barrillot-2001, p. 54).

Cette convergence d'intérêts a créé un puissant « verrouillage technologique » (technological lock-in). L'ensemble de la chaîne de production, de la recherche et développement à la fabrication en série par des entreprises comme Giat Industries (aujourd'hui Nexter puis KNDS France) en France ou Starmet aux États-Unis, est optimisé pour l'UA. La substitution de ce matériau par des alternatives aux performances équivalentes, comme des alliages de tungstène plus performants mais aussi beaucoup plus rares et onéreux, serait « extrêmement coûteuse » (Lesna-2004, p. 59). Un tel changement impliquerait non seulement des coûts de production plus élevés, mais aussi une refonte des chaînes logistiques, des programmes de formation et potentiellement des doctrines d'emploi. L'inertie de ce système militaro-industriel est donc immense. La guerre, en tant que moteur d'une production et d'une mobilisation intenses, façonne durablement les structures économiques et les réseaux d'approvisionnement en ressources jugées cruciales (Leistner, 2023, p. 22, Leistner, 2023, p. 48). Dans le cas de l'UA, cette logique s'applique de manière paradoxale à un déchet, mais le résultat est le même : un écosystème économique et industriel s'est construit autour de cette technologie, rendant toute transition difficile et coûteuse. Ce système bénéficie en outre de l'interruption, au début des années 1990 — coïncidant avec le premier usage massif de l'UA pendant la guerre du Golfe —, des négociations à l'ONU visant à interdire les armes radiologiques, une catégorie dans laquelle les armes à l'UA auraient pu être classées. Cette interruption a permis au complexe militaro-industriel de faire adopter massivement ces armes avant qu'une interdiction préventive ne puisse être mise en place (Barrillot-2001, p. 107).

Le troisième pilier, enfin, est d'ordre institutionnel et discursif. Face à la pression croissante de l'opinion publique, des médias et des ONG, les États utilisateurs ont développé une stratégie argumentative sophistiquée pour gérer la controverse et justifier le statu quo. L'axe central de cette stratégie est la notion de « risque non avéré » (Lesna-2004, p. 54). En l'absence d'un consensus scientifique établissant un lien de causalité irréfutable et universellement accepté entre l'exposition à l'UA et les pathologies observées chez les vétérans et les civils, les autorités estiment que les conditions pour une interdiction ne sont pas réunies. Cette posture épistémologique est cruciale : elle exige un niveau de preuve quasi impossible à atteindre dans des environnements post-conflit complexes et multifactoriels, où de nombreux autres agents toxiques sont présents. De ce fait, la charge de la preuve est inversée : ce n'est plus à l'utilisateur de démontrer l'innocuité de son arme, mais aux victimes de prouver la causalité de leurs maux. Cette approche constitue un rejet de facto du principe de précaution qui commanderait précisément l'adoption de mesures préventives en cas de risque de dommage grave et irréversible, même en l'absence de certitudes scientifiques complètes (Lesna-2004, p. 54).

Cette stratégie du doute est renforcée par une politique active d'opacité et de dissimulation. Des accusations récurrentes (cf. le lanceur d'alerte Thierry Lamireau) font état d'une volonté des institutions, notamment l'OTAN et le Pentagone, d' « occulter l'information » et de minimiser la portée des risques (Lesna-2004, p. 15). Les médias ont rapporté que les états-majors de l'OTAN avaient connaissance des risques mais ont « accumulé les négligences », « multiplié les faux-fuyants et les propos incomplets » (Lesna-2004, p. 22). L'utilisation de termes techniques ou de noms de code comme « staballoy » (Barrillot-2001, p. 80) ou la disparition soudaine des munitions à l'UA des catalogues d'armement français après une médiatisation accrue témoignent de cette volonté de contrôler l'information. Cette réticence à la transparence est également alimentée par la crainte des conséquences financières et juridiques qu'entraînerait une reconnaissance officielle du danger. Le coût potentiel d'une décontamination systématique des vastes territoires touchés en Irak et dans les Balkans, combiné à celui de l'indemnisation des milliers de vétérans et de civils affectés, serait astronomique (Lesna-2004, p. 59). Des procédures judiciaires ont d'ailleurs été engagées dans plusieurs pays, comme en Italie où un lien de causalité a été reconnu pour certains soldats, ou en France avec l'ouverture d'une information judiciaire pour « homicides et blessures involontaires » (Lesna-2004, p. 59). La minimisation du risque devient ainsi une stratégie de limitation de la responsabilité légale et financière de l'État.

Cette posture institutionnelle est consolidée par le fait que les décideurs politiques s'appuient principalement sur les expertises fournies par le complexe militaro-industriel lui-même, qui a tout intérêt à déclasser l'UA de sa catégorie de matière nucléaire et à en souligner l'innocuité relative pour pérenniser son usage (Barrillot-2001, p. 8). Les voix dissidentes au sein même de l'appareil militaire et scientifique, comme celle du Dr Asaf Durakovic, un ancien colonel et spécialiste de médecine nucléaire dont les recherches sur les vétérans du Golfe ont été entravées, suggèrent une volonté de filtrer les informations discordantes (Lesna-2004, p. 45). Enfin, cette stratégie de déni s'inscrit parfois dans des logiques politiques plus larges. Il a été avancé que, durant le conflit des Balkans, toute critique de l'utilisation de l'UA par l'OTAN était perçue comme un soutien implicite au régime serbe, ce qui a contribué à étouffer le débat au nom de l'unité politique occidentale. Inversement, la polémique sur l'UA est parfois réactivée par les détracteurs de l'OTAN, ce qui incite l'organisation à adopter une posture défensive et peu transparente, entretenant ainsi un cycle de méfiance.

En conclusion, la persistance de l'utilisation des armes à l'uranium appauvri ne peut être attribuée à une cause unique. Elle est le produit d'un système robuste et interdépendant où la rationalité tactique de la supériorité militaire, les puissants incitatifs économiques d'une filière militaro-nucléaire intégrée, et une stratégie institutionnelle sophistiquée de gestion du risque et de contrôle de l'information convergent et se renforcent mutuellement. Cette triple logique crée une formidable barrière au changement, marginalisant systématiquement les préoccupations sanitaires, environnementales et éthiques au profit d'impératifs de court terme jugés supérieurs par les États utilisateurs.

5.2 Spéculations récentes et opacité

L'analyse géopolitique de l'uranium appauvri (UA) est indissociable d'une de ses caractéristiques structurelles et permanentes : l'opacité. Loin de constituer une simple conséquence du secret inhérent aux opérations militaires, le manque de transparence sur la production, le stockage et l'emploi de ces armes s'apparente à une stratégie délibérée et multidimensionnelle. Cette culture du secret, entretenue par les autorités militaires, les sphères politiques et les acteurs industriels, n'a pas seulement entravé la compréhension scientifique et historique des conflits passés ; elle constitue le terreau fertile sur lequel prospèrent les spéculations à chaque nouvelle intervention armée. L'opacité n'est donc pas un simple obstacle à l'analyse, elle est un objet d'analyse en soi. Elle fonctionne comme un outil politique actif, visant à gérer la perception des risques, à perpétuer l'incertitude scientifique et juridique, et à prévenir toute forme de reddition de comptes. Ce phénomène est d'autant plus saillant qu'il entre en collision frontale avec l'impératif de transparence qui irrigue les sociétés démocratiques contemporaines où les citoyens exigent des institutions un droit de regard sur les risques qu'elles génèrent (Lesna-2004, p. 49).

Les mécanismes de cette opacité sont complexes et s'articulent à différents niveaux. Au cœur de cette stratégie se trouve une culture institutionnelle du secret, particulièrement prégnante dans le domaine de la défense. En France, l'invocation du « Secret Défense » est « totalement appliqué aux armes à uranium appauvri », une pratique qui s'inscrit dans une « religion du secret » plus large au sein de la recherche militaire, où l'innovation est rarement soumise à un contrôle par des experts extérieurs à la défense (Barrillot-2001, p. 94). Cette endogamie informationnelle crée un circuit fermé où les informations sont produites, validées et contrôlées par les mêmes acteurs, empêchant toute forme de contre-expertise indépendante. L'information est ainsi « scrupuleusement dévoyée », notamment à l'intention des décideurs politiques qui, pour les questions jugées « techniques », dépendent quasi exclusivement des experts du complexe militaro-industriel (Barrillot-2001, p. 8). La manipulation sémantique est l'un des outils privilégiés de cette stratégie. L'usage du terme « appauvri », par exemple, est venu « opportunément à la rescousse, occultant quasiment le fait qu'il s'agit bien d'uranium » (Barrillot-2001, p. 8). Ce faisant, il opère une forme de décontamination linguistique, minimisant la perception du risque et déclassant la matière de sa catégorie nucléaire dans l'imaginaire collectif.

Cette pratique est si ancrée qu'elle a conduit des experts comme le Dr Asaf Durakovic, ancien colonel et spécialiste de médecine nucléaire au sein de l'armée américaine, à être ostracisé. Lorsqu'il a suspecté un lien entre l'UA et les pathologies des vétérans du Golfe, ses recherches furent activement sabotées — des échantillons d'urine prétendument « perdus », des ordres de cesser ses travaux, jusqu'à son renvoi pour « désobéissance » — illustrant comment le système ne se contente pas de retenir l'information, mais réduit activement au silence les voix dissidentes internes (Lesna-2004, p. 45).

Cette opacité institutionnelle se double d'une discrétion industrielle tout aussi calculée. Confrontés à la médiatisation croissante des controverses, les producteurs d'armements ont adopté une stratégie de dissimulation active. L'emploi de noms de code plus anodins, comme « staballoy » — une contraction possible de « stabilized alloy » ou, de manière plus cynique, « stable killing alloy » (Barrillot-2001, p. 80) — permet de masquer la nature réelle du matériau aux non-initiés. De plus, les entreprises n'hésitent pas à effacer toute trace de ces munitions de leurs documents publics lorsque la pression médiatique devient trop forte. Le cas des catalogues du Gicat (Groupement des industries françaises de défense et de sécurité terrestres et aéroterrestres) est à ce titre emblématique : alors que l'édition de 1998 présentait ouvertement des modèles de munitions à l'UA, celles-ci avaient intégralement disparu de l'édition 2000, démontrant que « la médiatisation de l'uranium appauvri pousse à l'opacité » (Barrillot-2001, p. 41). La communication politique et militaire épouse cette logique de l'évitement et de la dénégation. Le discours officiel se caractérise par des « faux-fuyants et les propos incomplets » (Lesna-2004, p. 22). Cette posture a provoqué une rupture de confiance avec les médias, qui ont rapidement adopté un vocabulaire traduisant une perception de duplicité de la part des autorités : « mensonge », « semi-vérité », « dissimulation », ou encore « black-out organisé » (Lesna-2004, p. 50). La réplique du ministre de la Défense français, Alain Richard, affirmant avec assurance au plus fort de la crise des Balkans que « dans trois jours on en parlera plus », a été perçue comme le symbole d'un mépris institutionnel et a été vivement critiquée. L'histoire de cette controverse est ainsi jalonnée d'aveux tardifs et partiels, où des institutions comme l'OTAN n'ont été « forcées d'admettre » l'utilisation de l'UA dans les Balkans qu'à la suite des « révélations de la presse » (Lesna-2004, p. 15).

Les motivations profondes qui sous-tendent cette stratégie de dissimulation sont d'ordre légal, économique et politique. L'analyse des critiques médiatiques suggère que ce silence répondrait à une « triple causalité ». Premièrement, il s'agirait d'éviter la reconnaissance d'« erreurs inacceptables », c'est-à-dire d'admettre que la dangerosité potentielle du produit était connue sans que des mesures de protection adéquates n'aient été mises en place pour les militaires et les populations civiles. Admettre une telle négligence exposerait les États à des poursuites judiciaires massives. En France, l'ouverture d'une information judiciaire pour « homicides et blessures involontaires » suite aux plaintes de vétérans (Lesna-2004, p. 59) matérialise ce risque juridique, transformant le débat sanitaire en enjeu pénal pour l'État.

Deuxièmement, cette opacité protège des « enjeux économicopolitiques inavouables ». Les intérêts en jeu sont considérables. L'uranium appauvri représente une solution à très faible coût pour écouler les énormes stocks de déchets issus de l'industrie nucléaire civile et militaire, transformant un passif coûteux en un actif stratégique (Lesna-2004, p. 59). Son efficacité militaire, notamment contre les blindages modernes, est jugée si élevée que toute alternative serait extrêmement coûteuse à développer pour atteindre une performance équivalente. Le slogan publicitaire de CTA International pour une nouvelle munition de 40 mm à l'UA, « Létal, compact, bon marché, disponible » (Barrillot-2001, p. 54), résume parfaitement cette logique pragmatique qui prévaut en interne, loin des discours publics rassurants. Enfin, le coût potentiel d'une décontamination des sites touchés et de l'indemnisation des victimes, qu'elles soient militaires ou civiles, serait astronomique et créerait un précédent lourd de conséquences (Lesna-2004, p. 59).

Troisièmement, le silence peut servir des objectifs de politique internationale à court terme. Le black-out médiatique et politique observé durant la guerre des Balkans a été analysé par certains observateurs comme une volonté de préserver l'unité de l'OTAN et la légitimité de son intervention. Dans un contexte de « pensée unique » et de « diabolisation des Serbes », toute information susceptible de compliquer le narratif d'une guerre juste était perçue comme inopportune. Ainsi, « dénoncer l'utilisation de munitions à uranium appauvri (…) signifiait « soutenir les Serbes » et risquait d'« influencer » l'opinion publique » contre l'intervention. Le silence n'était donc pas seulement une dissimulation de faits techniques, mais un acte politique visant à maintenir la cohésion d'une coalition et le soutien de l'opinion.

La conséquence la plus directe et la plus durable de cette culture du secret est d'alimenter un cycle récurrent et auto-entretenu de spéculations. Le refus systématique de fournir des données claires, précises et vérifiables sur les usages passés a durablement érodé la crédibilité de la parole officielle. Chaque dénégation concernant les conflits plus récents est désormais interprétée à travers le prisme des dissimulations antérieures. Par conséquent, les allégations persistantes concernant le déploiement de ces armes en Afghanistan, de nouveau en Irak en 2003, à Gaza (2008 à 2025) ou en Libye (2011) trouvent un terrain fertile dans cette méfiance généralisée. Le doute subsiste de manière structurelle, et la problématique de la toxicité de l'UA est « réactivée, mais de façon ponctuelle et superficielle, lorsque se noue un conflit international ». L'annonce par le Royaume-Uni, les États-Unis puis de nombreux pays de l'OTAN comme la France, de la fourniture de munitions à l'UA à l'Ukraine en 2023 a immédiatement relancé le débat mondial, illustrant parfaitement ce mécanisme. Dans ce contexte, l'absence de preuve n'est plus interprétée comme une preuve d'absence, mais comme l'indice d'une dissimulation réussie. Le fardeau de la preuve se trouve de facto inversé : les États utilisateurs sont présumés coupables de cacher la vérité, et seule une transparence radicale, incompatible avec la culture militaire actuelle, pourrait commencer à restaurer la confiance.

En conclusion, l'opacité et la dissimulation constituent bien le centre névralgique de la problématique géopolitique de l'uranium appauvri. Elles ne sont pas un défaut de communication, mais une stratégie de gouvernance du risque, un mécanisme de défense protégeant des intérêts juridiques, financiers et stratégiques considérables. En créant et en maintenant une incertitude durable, cette stratégie empêche non seulement une évaluation scientifique et sanitaire exhaustive des conséquences de ces armes, mais elle paralyse également toute avancée significative vers une régulation internationale contraignante. Le manque d'information, activement produit et entretenu, devient ainsi le principal instrument de la perpétuation de leur usage et de l'impunité qui l'entoure. La controverse sur l'uranium appauvri est donc, fondamentalement, une lutte pour l'accès à l'information et pour le droit des populations à connaître la nature exacte des guerres menées en leur nom.

5.3 Tensions géopolitiques et réactions des pays affectés

L'onde de choc provoquée par l'utilisation des armes à l'uranium appauvri (UA) dépasse largement le périmètre du champ de bataille et la temporalité des hostilités. En laissant une empreinte toxique durable, dont les implications sanitaires et environnementales ont été détaillées au chapitre précédent, ces munitions transforment les territoires, les corps et les mémoires collectives en enjeux politiques de premier ordre. Elles deviennent ainsi le catalyseur de tensions géopolitiques complexes et persistantes, reconfigurant les relations entre États bien après la cessation des combats. La notion même de « pays affecté » se révèle être multidimensionnelle : elle ne se limite pas aux seules nations dont le sol a été directement contaminé, mais s'étend aux alliés militaires maintenus dans l'ignorance des risques encourus par leurs propres troupes, ainsi qu'aux pays utilisateurs eux-mêmes, qui se trouvent confrontés à une contestation interne virulente sapant la légitimité de leur action. L'analyse de ces réactions en chaîne, qui se déploient à des échelles distinctes mais interconnectées — intra-alliance, internationale et nationale —, révèle comment un avantage tactique perçu à court terme peut se muer en un passif diplomatique, politique et stratégique majeur à long terme.

L’uranium appauvri, par sa nature même, agit comme un révélateur des lignes de faille, des asymétries de pouvoir et des contradictions qui structurent les relations internationales contemporaines.

Une première ligne de fracture, et sans doute la plus inattendue pour ses promoteurs, est apparue au sein même de l’Alliance atlantique, une organisation fondée sur la confiance mutuelle et le partage d’informations. La controverse du « syndrome des Balkans », qui a éclaté publiquement à la fin de l’année 2000, a agi comme un puissant détonateur, révélant une crise de confiance profonde entre les États-Unis, principal utilisateur de ces armes, et plusieurs de leurs alliés européens. Le schéma n’était pas nouveau ; il faisait écho au « syndrome de la guerre du Golfe » qui avait déjà semé le doute une décennie plus tôt, mais la crise des Balkans a transporté la polémique au cœur politique de l’Europe. Alors que les médias italiens, puis espagnols, portugais et belges, commençaient à relayer avec une intensité croissante les cas de leucémies et d’autres cancers chez les soldats ayant servi comme Casques bleus au Kosovo et en Bosnie (Lesna-2004, p. 21), la polémique a rapidement quitté le terrain sanitaire pour envahir la sphère politique. Le point de bascule survient début janvier 2001, lorsque le Premier ministre italien d’alors, Giuliano Amato, suivi de près par les gouvernements belge et portugais, a publiquement interpellé l’OTAN pour exiger que « la vérité soit dite » sur l’emploi et les risques réels de l’uranium appauvri (Lesna-2004, p. 21).

Cette interpellation frontale, émanant de membres fondateurs de l’Alliance, a mis en lumière une faille structurelle : l’OTAN, et singulièrement le Pentagone, n’avait pas informé clairement et en amont ses partenaires de la nature exacte des munitions employées, ni des précautions élémentaires à prendre pour les milliers de soldats européens déployés sur des zones potentiellement contaminées (Lesna-2004, p. 22). Cette rétention d’information a été perçue non comme une simple négligence, mais comme la manifestation d’une « politique du fait accompli » menée par Washington, accusé de traiter ses alliés en subordonnés plutôt qu’en partenaires égaux (Lesna-2004, p. 60). La presse européenne s’est emparée de ce narratif, dénonçant une organisation qui aurait « menti pendant des années » et un Pentagone qui aurait « accumulé les négligences » et « multiplié les faux-fuyants » (Lesna-2004, p. 22). La crise a ainsi transcendé la simple critique d’une gestion sanitaire défaillante pour devenir une contestation ouverte de la structure hégémonique de l’Alliance où les impératifs de la doctrine militaire américaine — notamment la recherche d’une guerre « zéro mort » pour ses propres forces grâce à une suprématie aérienne écrasante (Lesna-2004, p. 60) — primaient sur la sécurité et la souveraineté informationnelle de ses alliés. La polémique a révélé que la solidarité au sein de l’OTAN avait ses limites, s’effritant face aux impératifs d’une puissance dominante peu encline à partager des informations sur une technologie militaire jugée stratégique mais politiquement sensible.

Pour les nations directement ciblées par les frappes, telles que l’Irak, la Serbie, la Bosnie-Herzégovine ou le Kosovo, les réactions s’articulent autour d’une dynamique bien différente, celle de la domination subie et d’un ressentiment post-conflit durable. Dans ces contextes, la contamination environnementale n’est pas appréhendée comme un simple « dommage collatéral », mais comme le stigmate tangible et permanent d’une agression extérieure et d’une violation de leur souveraineté.

La guerre, en modifiant de manière potentiellement irréversible l’écosystème local, reconfigure également les imaginaires politiques. Elle attente à ce qui peut être perçu comme le « berceau naturel » de la nation, profanant le territoire et instaurant une méfiance durable des populations envers leur propre environnement (Leistner, 2023, p. 37). Dans le cas de l’Irak, l’usage massif de l’UA lors des guerres de 1991 et 2003 s’inscrit, pour de nombreux analystes et pour la population locale, dans la perspective plus large d’une volonté américaine d’ « anéantir » un acteur régional récalcitrant et d’« asseoir durablement sa domination stratégique » sur une région cruciale pour ses ressources pétrolières (DU KOSOVO, 2024, p. 2). La pollution radioactive et chimique à long terme devient alors l’héritage matériel et symbolique de cette domination, une forme de guerre continuée par d’autres moyens.

Cette situation est exacerbée par une asymétrie informationnelle radicale : les forces de la coalition ont longtemps refusé de communiquer les coordonnées précises des zones de frappes, laissant les autorités locales et les organisations internationales démunies face à une menace invisible, impossible à cartographier et donc extrêmement coûteuse et complexe à gérer. Cette rétention d'information est un acte politique en soi, qui prolonge l'état de vulnérabilité du pays ciblé et entrave toute perspective de reconstruction et de décontamination. Cette dynamique n'est pas sans rappeler celle de l'exploitation néocoloniale des ressources, où les bénéfices stratégiques ou économiques sont externalisés et privatisés par les puissances intervenantes, tandis que les coûts environnementaux, sanitaires et sociaux sont internalisés et supportés indéfiniment par les populations locales, les laissant appauvries et prisonnières d'un héritage toxique (ETOGA, p. 7). L'UA devient ainsi un puissant symbole politique, cristallisant les griefs liés à l'intervention militaire et nourrissant un discours de victimisation qui complique durablement toute tentative de normalisation des relations diplomatiques.

Enfin, une troisième strate de tensions, tout aussi déstabilisatrice, se manifeste au sein même des pays utilisateurs. Le front militaire à l'étranger se double d'un front politique intérieur qui fragilise leur posture internationale et la cohésion nationale. Le concept de « tirs fratricides », traditionnellement utilisé pour décrire des tirs amis accidentels, a acquis une nouvelle dimension symbolique, plus profonde et insidieuse. L'arme ne porte plus seulement atteinte par erreur à un allié sur le champ de bataille ; elle se retourne contre son propre camp de manière différée et « subreptice », affectant la santé de ses propres soldats des années après leur exposition (Lesna-2004, p. 81). Cette prise de conscience, portée par les associations de vétérans comme Avigolfe en France (Barrillot-2001, p. 10), a alimenté une méfiance croissante des citoyens envers leurs institutions militaires et politiques. Celles-ci sont accusées de sacrifier la santé de leurs troupes sur l'autel de l'efficacité tactique et pour des intérêts économiques inavouables, comme la solution à bon marché qu'offre l'UA pour écouler les énormes stocks de déchets de l'industrie nucléaire (Lesna-2004, p. 59).

Cette rupture du contrat de confiance entre l'État et ses citoyens-soldats s'est matérialisée par une intense bataille juridique et politique. En France comme en Italie, l'ouverture d'informations judiciaires pour « homicides et blessures involontaires » suite aux plaintes déposées par des militaires (Lesna-2004, p. 59) témoigne de cette judiciarisation du politique.

L'État se retrouve dans une position intenable : reconnaître officiellement la dangerosité de l'UA reviendrait à admettre sa responsabilité, ouvrant la voie à des demandes d'indemnisation massives et à une remise en cause d'une technologie militaire jugée hautement performante et économique. Ce dilemme explique la stratégie de déni et les « propos incomplets » des autorités (Lesna-2004, p. 22), une posture qui ne fait qu'amplifier la méfiance. Plus largement, cette controverse s'inscrit dans une mutation sociétale où la confiance verticale envers les institutions gouvernantes s'érode au profit de liens horizontaux incarnés par les contre-pouvoirs de la société civile (Lesna-2004, p. 83). L'armée ne peut plus opérer dans une sphère isolée ; ses choix technologiques et stratégiques sont désormais soumis à un examen public et à des impératifs de justification qui dépassent le seul cadre de l'efficacité militaire (Lesna-2004, p. 82).

En conclusion, l'uranium appauvri fonctionne comme un puissant analyseur des dynamiques de pouvoir et des tensions latentes du système international post-Guerre Froide. Sa toxicité rémanente, à la fois physique et politique, engendre des fractures à de multiples échelles. Au niveau intra-alliance, elle fissure la solidarité et révèle les asymétries de pouvoir au sein de l'OTAN. Au niveau international elle nourrit un ressentiment durable dans les pays ciblés, qui perçoivent sa présence sur leur sol comme la continuation de l'agression par des moyens environnementaux et sanitaires, compliquant toute réconciliation véritable. Enfin, au niveau national, elle sème la division au cœur même des démocraties utilisatrices, opposant l'État à ses propres vétérans et érodant la confiance des citoyens. Loin d'être un simple composant balistique, l'UA est devenu un objet géopolitique total, dont la gestion de l'héritage toxique constitue un enjeu diplomatique et sociétal majeur. Il démontre avec une acuité particulière que les conséquences d'une guerre ne s'arrêtent jamais avec le dernier coup de feu mais s'inscrivent dans la terre et dans les corps pour des générations.

5.4 Gestion des déchets nucléaires

L'analyse géopolitique de l'armement à l'uranium appauvri (UA) serait incomplète sans examiner son lien fondamental avec la problématique, aussi bien technique que politique, de la gestion des déchets nucléaires. Comme établi au chapitre 2.2, l'UA est un sous-produit direct du processus d'enrichissement de l'uranium, généré en quantités massives par les industries nucléaires civiles et militaires. Les stocks mondiaux, estimés à plus de 1,5 million de tonnes, continuent de croître, posant un défi logistique et financier considérable. Ce matériau possède un statut paradoxal et hautement problématique : il est à la fois un déchet radioactif et chimio toxique, dont le stockage sécurisé à très long terme est techniquement complexe et financièrement onéreux, et simultanément une ressource stratégique aux propriétés balistiques valorisées. La gestion de ces stocks colossaux s'impose donc comme un triple enjeu politique, économique et réglementaire (Lesna-2004, p. 65), et apparaît comme un facteur déterminant, bien que souvent non avoué, dans la décision de certains États de l'intégrer à leurs arsenaux. Cette dynamique de « valorisation » d'un déchet constitue un cas d'étude « exemplaire » des symbioses entre le complexe militaro-industriel et l'industrie nucléaire.

Au cœur des controverses qui entourent l'UA depuis des décennies réside l'argument, porté par de nombreux analystes, journalistes et organisations non gouvernementales, selon lequel sa valorisation militaire représente une solution d'une redoutable efficacité pragmatique pour gérer les surplus de l'industrie nucléaire. Cette perspective critique soutient que l'emploi de l'UA dans les munitions permet de « résoudre l'incontournable problème du stockage » des déchets de l'industrie nucléaire (Lesna-2004, p. 16). La transformation d'un passif coûteux en un actif militaire est ainsi perçue comme l'un des « enjeux économicopolitiques inavouables » qui sous-tendent l'opacité et le déni des autorités face aux risques sanitaires et environnementaux avérés (Lesna-2004, p. 50). Selon cette logique, « le caractère radioactif et hautement toxique de ces armes fut alors, et depuis, intentionnellement négligé » (Lesna-2004, p. 16) au profit d'une rationalité économique et stratégique. Cette approche offre en effet un bon rapport qualité/prix (Lesna-2004, p. 64) en permettant d'éviter une cascade de coûts exorbitants. La construction et la maintenance d'installations de stockage à long terme, la surveillance environnementale sur des siècles, les primes d'assurance pour couvrir les risques d'accident, et potentiellement, les indemnisations des populations et des vétérans. Pour ses détracteurs, l'emploi de l'UA dans l'armement est donc un moyen « inacceptable » de se défaire de déchets radioactifs à longue durée de vie (Lesna-2004, p. 9) en externalisant le problème sur des théâtres d'opérations étrangers.

L'attrait de cette solution alternative s'éclaire pleinement à la lumière des obstacles techniques, financiers et sociétaux inhérents à la gestion conventionnelle des déchets nucléaires. Le cycle du combustible nucléaire, de l'extraction minière au démantèlement des centrales et des armements, génère des volumes colossaux de résidus de natures diverses. À titre d'exemple, le Canada, un producteur historique d'uranium, gère plus de 200 millions de tonnes de résidus miniers radioactifs, qui contiennent encore 80 % de la radioactivité initiale du minerai et des radionucléides à très longue période comme le thorium 230 (75 000 ans), rendant leur confinement sécurisé nécessaire pour des millénaires (ETOGA, p. 8). En France, les déchets issus du seul programme nucléaire militaire représentent un volume de 130 000 m³, auxquels s'ajouteront les cœurs de réacteurs des sous-marins nucléaires démantelés, posant un défi de gestion qui s'étendra sur plusieurs générations (Quilès, Collin, Drain, 2018, p. 68).

La gestion de ces matières est encadrée par des réglementations nationales et internationales de plus en plus strictes, qui exigent des solutions techniques sophistiquées. Des organismes comme l'Autorité de Sûreté Nucléaire (ASN) en France supervisent des programmes de recherche visant à garantir une sûreté à long terme, notamment via le conditionnement avancé, l'entreposage de longue durée et, pour les déchets les plus dangereux, le stockage en formation géologique profonde (Fraternité, Liberté Égalité-2021, p. 2). Ces solutions impliquent des décennies de recherche, des investissements se chiffrant en dizaines de milliards d'euros et une stabilité institutionnelle sur des échelles de temps qui défient l'imagination. Or, ces projets se heurtent systématiquement à une vive opposition publique. Les sondages montrent qu'une large majorité de la population refuserait d'habiter à proximité d'un site de stockage de déchets chimiques ou radioactifs (Lesna-2004, p. 85).

Cette opposition n'est pas seulement le fruit du syndrome « NIMBY » (« Not In My Backyard », pas dans mon arrière-cour) ; elle est ancrée dans une profonde méfiance envers les institutions. Seulement 12 % des personnes interrogées estiment que les autorités disent la vérité sur ces sujets (Lesna-2004, p. 84). Cette peur est exacerbée par des facteurs bien identifiés : le risque est perçu comme imposé, artificiel, irréversible, mal compris par la science et particulièrement menaçant pour les générations futures (Lesna-2004, p. 86). Dans ce contexte sociopolitique, la possibilité de « résoudre » une partie du problème des déchets nucléaires en l'exportant silencieusement via des munitions devient une option stratégiquement tentante pour les décideurs.

L'opacité et les arrangements réglementaires entourant la gestion effective des stocks d'UA sont particulièrement bien illustrés par plusieurs cas en France, qui témoignent des tensions entre les impératifs de protection de l'environnement et les intérêts de la défense nationale. La controverse du site de Bessines-sur-Gartempe (Haute-Vienne / France) est emblématique. La COGEMA (devenue AREVA, puis ORANO) y a obtenu en 1995 l'autorisation d'entreposer près de 200 000 tonnes d'oxyde d'uranium appauvri (U_3O_8). Fait déterminant, l'installation a été classée comme une simple Installation Classée pour la Protection de l'Environnement (ICPE), et non comme une Installation Nucléaire de Base (INB). Ce choix réglementaire, justifié par des calculs d'activité qui ont fait l'objet de vives critiques, a permis d'éluder l'obligation de réaliser une étude de sûreté approfondie sous l'égide de l'autorité de sûreté nucléaire, comme l'aurait exigé le statut d'INB (LE SCANDALE DU STOCKAGE D'OXYDE-2023, p. 1). Cette manœuvre a conduit la commission d'enquête publique, fait rarissime, à émettre un avis unanimement défavorable au projet, un avis qui fut néanmoins ignoré par les autorités préfectorales (LE SCANDALE DU STOCKAGE D'OXYDE-2023, p. 1). Les critiques ont également souligné l'inadéquation de la méthode d'évaluation de l'impact radiologique, conçue pour des résidus miniers et non pour de l'oxyde d'uranium appauvri concentré, dont la composition isotopique peut inclure des traces d'U-236, un indicateur de provenance de combustible usé retraité (LE SCANDALE DU STOCKAGE D'OXYDE-2023, p. 5).

Un autre exemple frappant est celui du site d'essais militaires de Bourges, où sont stockés des déchets d'UA issus des tirs d'essais. Son régime administratif a connu des changements successifs et significatifs, illustrant une volonté de le soustraire à la surveillance publique. Initialement classé de facto comme une INB dans un inventaire de l'ANDRA en 1994, il a ensuite été requalifié en « Installation nucléaire intéressant la défense » (INID), une appellation jusqu'alors inconnue, avant de devenir une ICPE relevant du ministère de la Défense. Ce statut final, régi par un décret spécifique, le dispense des obligations de la réglementation ordinaire, notamment en matière de déclaration publique et d'inspection environnementale civile (Barrillot-2001, p. 66). Ces exemples démontrent une tendance claire à utiliser le secret défense et des artifices réglementaires pour minimiser les contraintes et l'exposition publique liées à la gestion des matières nucléaires militaires.

En définitive, la gestion des déchets nucléaires transcende largement la simple dimension technique pour devenir un puissant levier dans le calcul géopolitique et stratégique des États nucléarisés. La transformation d'un passif environnemental, financier et politiquement explosif en un actif militaire performant et économique constitue une incitation structurelle majeure à la production et à l'utilisation continue des armes à l'uranium appauvri. Cette stratégie constitue une forme d'externalisation des risques et des coûts à plusieurs niveaux. Elle transfère la charge environnementale et sanitaire de la gestion d'un déchet radioactif sur des territoires étrangers, souvent fragilisés par les conflits, qui n'ont ni les moyens techniques ni les ressources financières pour évaluer la contamination et encore moins pour la traiter. Cette dispersion constitue une pollution définitive et irréversible, transformant les champs de bataille en sites de déchets nucléaires non confinés (Leistner, 2023, p. 93). Cette problématique s'inscrit dans un cadre plus large, celui de l'héritage du nucléaire militaire, comme le soulignait déjà en 1997 le député Christian Bataille en alertant sur la nécessité pour les responsables de s'expliquer sur la gestion des déchets résultant du programme nucléaire militaire français (Quilès, Collin, Drain, 2018, p. 68). Ainsi, l'uranium appauvri n'est pas seulement une arme ; il est le symptôme d'un système qui, confronté à la gestion d'un héritage toxique sur des échelles de temps quasi géologiques, trouve dans la guerre une échappatoire à court terme à ses responsabilités à long terme.

Études de cas

Faisant suite à l'analyse des ressorts géopolitiques, économiques et discursifs qui pérennisent l'emploi des armes à l'uranium appauvri (UA), ce chapitre transpose l'étude sur le terrain empirique des conflits. Si les sections précédentes ont déconstruit les propriétés techniques, les impacts potentiels et les controverses normatives associés à ces armements, leur pleine compréhension exige un examen de leur usage en situation réelle. L'analyse théorique de la « menace invisible » et de la « zone grise juridique » ne peut en effet saisir toute la complexité du phénomène sans être confrontée aux réalités des champs de bataille, là où les choix technologiques se matérialisent en héritages toxiques. C'est par l'étude de cas concrets qu'il devient possible d'évaluer l'adéquation, ou l'inadéquation, entre les cadres juridiques théoriques et les dynamiques pratiques des conflits armés (Massa-2023, p. 8). Cette approche ne vise pas seulement à illustrer les arguments précédents mais bien à les éprouver en observant comment les logiques de puissance, les impératifs économiques et les stratégies de dissimulation identifiées au chapitre 5 se déploient et interagissent dans des contextes opérationnels spécifiques. Chaque conflit étudié agit ainsi comme un laboratoire révélant une facette distincte de la problématique : la surprise et le déni initial, la crise politique au sein d'une alliance militaire, la banalisation de l'usage malgré la controverse, et enfin, la réactivation de l'enjeu dans les configurations géopolitiques les plus récentes.

L'analyse portera sur quatre théâtres d'opérations emblématiques, dont la sélection permet de retracer l'évolution historique et politique de la controverse. La Guerre du Golfe (1991) constitue le conflit fondateur. Pour la première fois, des munitions à l'UA furent employées à grande échelle, marquant un tournant technologique dans la guerre anti-blindage. Ce conflit a cristallisé la controverse du syndrome du Golfe, un ensemble de pathologies chroniques et inexpliquées rapportées par des dizaines de milliers de vétérans américains et britanniques (Mathieu Matieu, 2001, p. 1). L'uranium appauvri a rapidement été suspecté d'en être l'une des causes potentielles, au même titre que l'exposition aux fumées des puits de pétrole incendiés ou aux agents chimiques (Lesna-2004, p. 36). Cet épisode inaugural a surtout servi de cas d'école en matière de communication de crise et de désinformation militaire. Face aux inquiétudes grandissantes, les autorités, notamment le Pentagone, ont mis en place une rhétorique de la « guerre propre » ou « chirurgie de précision », occultant les conséquences sanitaires et la catastrophe écologique engendrée par le conflit (DU KOSOVO, 2024, p. 3, Lesna-2004, p. 51). La manipulation de l'information, le déni initial et la minimisation systématique des risques sont devenus des marqueurs de la gestion de ce dossier par les États utilisateurs (DU KOSOVO, 2024, p. 4), créant un précédent qui influencera durablement la perception publique et les controverses à venir.

Le conflit des Balkans (1994-1999) a ensuite transposé la polémique à l'échelle européenne, la déplaçant d'un enjeu perçu comme essentiellement anglo-saxon à une crise continentale. L'utilisation de munitions à l'UA par les avions américains A-10 en Bosnie (1994-1995) puis au Kosovo (1999) a déclenché une vive inquiétude lorsque des cas de leucémies et d'autres cancers ont été signalés chez des militaires italiens, belges, portugais et français ayant servi dans la région (Lesna-2004, p. 21). La médiatisation du « syndrome des Balkans », terme forgé en analogie directe avec celui du Golfe (Lesna-2004, p. 25), a transformé une controverse scientifique en crise politique majeure.

Cet épisode a révélé de profondes fissures au sein de l'OTAN, plusieurs gouvernements européens accusant l'organisation et le Pentagone d'avoir délibérément dissimulé des informations cruciales sur les risques encourus par leurs propres troupes (Barrillot-2001, p. 73). Les aveux tardifs de l'OTAN, contraint par les révélations de la presse, ont alimenté les soupçons d'un manque de transparence systémique (Lesna-2004, p. 15) et ont démontré que l'UA était devenu un « outil d'argumentation » politique capable de fragiliser les alliances militaires.

La guerre en Irak (2003), troisième cas d'étude, démontre la persistance de l'emploi de ces armes et une forme de banalisation, en dépit d'une décennie de débats intenses et d'une prise de conscience internationale accrue. L'utilisation de l'UA lors de ce conflit confirme la prégnance des logiques stratégiques et économiques, analysées précédemment, sur les préoccupations normatives et sanitaires. Une différence majeure réside toutefois dans le contexte d'utilisation : contrairement aux batailles en terrain désertique de 1991, les munitions à l'UA ont été massivement employées en zones urbaines, multipliant les risques de contamination pour les populations civiles et posant des défis de décontamination sans précédent. Cette évolution a ravivé les craintes concernant les conséquences à long terme, notamment l'augmentation des malformations congénitales et des cancers parmi la population irakienne, des allégations soutenues par de nombreux témoignages mais difficiles à prouver scientifiquement en raison de l'instabilité du pays et de la destruction de ses infrastructures sanitaires (Lesna-2004, p. 74). Ce cas illustre parfaitement la difficulté systémique à mener des évaluations environnementales et épidémiologiques rigoureuses dans un contexte post-conflit chaotique (Leistner, 2023, p. 56).

Enfin, l'examen des informations relatives à l'Ukraine (sous les multiples communications du lanceur d'alerte Thierry Lamireau) ancre la problématique dans le contexte géopolitique le plus contemporain. L'annonce par le Royaume-Uni, puis par les États-Unis et de nombreux autres pays de l'OTAN comme la France, de la fourniture de munitions à l'UA à l'armée ukrainienne pour contrer les blindés russes a instantanément réactivé la controverse mondiale. Cette situation permet d'analyser en temps réel comment l'UA est instrumentalisé dans la guerre de l'information, la Russie accusant l'Occident d'introduire des armes avec une « composante nucléaire » et brandissant la menace d'une escalade. Le comble est que la Russie utilise aussi des armes à l'uranium appauvri ! Ce cas met en lumière la dimension éminemment politique et symbolique de ces armes, bien au-delà de leur seule efficacité tactique. Il pose également, de manière préventive, la question cruciale de l'héritage environnemental d'un conflit de haute intensité en Europe, où l'UA s'ajoute à une longue liste de polluants de guerre qui laisseront une empreinte pérenne sur les écosystèmes et la santé des populations (Leistner, 2023, p. 8) et là, a minima de toute l'Europe. L'on peut d'ailleurs constater journellement la contamination radioactive de ces armes en consultant les balises de la Commission européenne.

L'analyse comparative de ces conflits mettra en évidence des schémas récurrents, tout en soulignant leurs spécificités. Elle tracera l'évolution des stratégies de communication étatiques, passant du déni pur à une minimisation des risques calculée, et montrera comment la société civile, à travers des associations de vétérans comme Avigolfe (Lesna-2004, p. 19), s'est organisée pour contester le discours officiel et exiger des comptes. En retraçant la chronologie et les particularités de chaque contexte, ce chapitre vise à démontrer comment un choix technologique militaire s'est progressivement mué en un enjeu sociétal, éthique et politique de portée mondiale, dont les implications continuent de se déployer.

6.1 Guerre du Golfe (1991)

La guerre du Golfe de 1991, menée par une coalition internationale sous l'égide des Nations unies pour libérer le Koweït, représente le premier emploi massif et documenté des armes à l'uranium appauvri (UA). Ce conflit a institué un précédent majeur, non seulement sur le plan tactique, mais surtout en donnant naissance à la controverse durable qui entoure cette technologie. Présentée à l'opinion publique comme une guerre post-moderne, définie par la maîtrise technologique, les « frappes chirurgicales » et l'ambition d'un conflit « zéro mort » (Lesna-2004, p. 48), l'opération *Tempête du Désert* a laissé dans son sillage un héritage toxique qui a transformé la protection de l'environnement en cas de conflit armé en une préoccupation internationale de premier plan (Dorsouma Bouchard, 2006, p. 16, Massa-2023, p. 9). Ce conflit fut en effet une véritable « guerre de la communication » (Lesna-2004, p. 51), où l'information, étroitement contrôlée par les autorités militaires via un système de pools, a servi à projeter l'image d'une intervention propre et maîtrisée.

Cette narration officielle a cependant été profondément ébranlée par l'émergence progressive des conséquences sanitaires et environnementales à long terme, révélant un décalage béant entre le discours stratégique et la réalité vécue par les combattants et les populations civiles. Ce cas d'étude est donc fondateur, car il cristallise la transition d'un avantage militaire en une crise de santé publique et un enjeu politique complexe, dont les ramifications continuent de se déployer des décennies plus tard.

Sur le plan opérationnel, le conflit a fonctionné comme une « bataille expérimentale » pour cette nouvelle génération de munitions. Confrontées à la supériorité numérique des divisions blindées irakiennes, héritage de la doctrine soviétique, les forces de la coalition, principalement américaines et britanniques, ont eu massivement recours à l'UA pour ses capacités de perforation exceptionnelles. Les estimations suggèrent la dispersion d'environ 40 tonnes d'UA sur le théâtre d'opérations, via plus de 940 000 projectiles de 30 mm tirés par les avions d'attaque au sol A-10 et 14 000 obus de plus gros calibre (105 mm et 120 mm) tirés par les chars Abrams (Mathieu Matieu, 2001, p. 2). L'efficacité de ces armes a dépassé toutes les attentes. Leur supériorité sur les munitions conventionnelles au tungstène était écrasante : leur vitesse, avoisinant Mach 5 (environ 1500 m/s), et leur portée utile, atteignant 3200 mètres, leur conféraient un avantage décisif. Les témoignages de militaires sur le terrain rapportent une efficacité si redoutable que certains tirs pouvaient transpercer un char de part en part pour en atteindre un second situé derrière lui. Pour de nombreux soldats, ces munitions étaient avant tout perçues comme un atout technologique garantissant leur survie et leur supériorité face aux blindés T-72 irakiens (Barrillot-2001, p. 93). Cependant, cette puissance s'est avérée si inédite qu'elle a engendré des incidents tragiques de « tirs amis ». Le 27 février 1991, un char américain M1A1 a ainsi ouvert le feu sur d'autres unités blindées amies, faisant six morts et vingt-cinq blessés. Ces « accidents » illustrent crûment comment la performance brute de cette technologie dépassait parfois les capacités de discernement et de contrôle sur un champ de bataille fluide et chaotique.

Toutefois, cette supériorité tactique a rapidement été éclipsée par des préoccupations sanitaires et environnementales. Une conscience précoce des risques existait au sein de certains cercles scientifiques et militaires, bien avant que la controverse n'éclate publiquement. Dès novembre 1991, soit quelques mois seulement après la fin des hostilités, un rapport de l'Atomic Energy Authority britannique, se fondant sur une étude in situ, avançait l'estimation alarmante que les résidus d'UA laissés sur le terrain pourraient causer jusqu'à 500 000 décès potentiels à long terme. Cette alerte précoce et spectaculaire, bien que débattue, démontre que la dangerosité potentielle de la contamination n'était pas une découverte a posteriori, mais bien un risque identifié dès l'origine. Malgré cela, la gestion post-conflit de cette contamination a révélé une incurie institutionnelle flagrante. Un rapport du General Accounting Office (GAO) américain, publié en janvier 1993, portait un titre sans équivoque : « L'armée de terre n'a pas été préparée à prendre en charge la contamination à l'uranium appauvri » (Barrillot-2001, p. 93). Ce document officiel critiquait sévèrement le manque de formation, de protocoles et d'équipements de protection pour les soldats qui étaient amenés à opérer dans des zones contaminées, à inspecter ou à déblayer des véhicules détruits par des munitions à l'UA. Ce constat est d'autant plus frappant qu'il contraste avec le déploiement ultérieur d'équipes de décontamination spécialisées, revêtues de tenues de protection intégrales, pour « nettoyer » les carcasses de chars (Barrillot-2001, p. 93).

Ce paradoxe met en lumière une reconnaissance du danger au niveau de la hiérarchie, mais une application défaillante, voire inexistante, des mesures préventives pour la grande majorité des troupes exposées sur le terrain.

C'est dans ce contexte de contamination non maîtrisée et de silence institutionnel qu'a émergé la controverse relative au « syndrome de la guerre du Golfe ». La polémique a d'abord pris racine aux États-Unis, peu après le conflit, avant de se propager en Europe et en France plus tardivement, vers la fin des années 1990 (Lesna-2004, p. 5, Lesna-2004, p. 12). Des vétérans de la coalition ont commencé

à signaler un ensemble hétérogène et déroutant de pathologies chroniques : troubles neurologiques (pertes de mémoire, manque de concentration), céphalées persistantes, fatigue chronique, douleurs musculaires, problèmes respiratoires, affections rénales, ainsi qu'une incidence jugée anormale de cancers et de leucémies (Lesna-2004, p. 5, Lesna-2004, p. 18). La complexité de cette polémique réside d'emblée dans son étiologie multifactorielle. En effet, l'exposition à l'UA n'est qu'un des nombreux facteurs de risque suspectés, aux côtés de l'exposition aux fumées toxiques des centaines de puits de pétrole incendiés, aux pesticides et insecticides massivement utilisés, à un cocktail de vaccins administrés en urgence (notamment contre l'anthrax et le botulisme), à la prise préventive de bromure de pyridostigmine contre les agents neurotoxiques, et au stress psychologique et physiologique intense inhérent à tout conflit armé (Lesna-2004, p. 18, Lesna-2004, p. 36).

Cette multiplicité de causes potentielles a rendu l'établissement d'un lien de causalité scientifique direct et irréfutable extrêmement difficile, créant une situation d'incertitude que le professeur Roger Salamon, mandaté par le gouvernement français pour étudier le sujet, a qualifiée d'« impossible réfutation ». Il expliquait qu'un statisticien peut prouver qu'un phénomène existe, mais ne peut jamais prouver qu'il n'existe pas, ce qui place le débat dans le champ complexe du principe de précaution (Lesna-2004, p. 36). Cette incertitude scientifique a été exacerbée par une gestion opaque de l'information par les autorités. Le contrôle strict de la communication durant le conflit s'est prolongé par un silence officiel sur ses conséquences sanitaires, une attitude que des journalistes et des associations ont qualifiée de « black-out » médiatique (Lesna-2004, p. 17). La presse elle-même a oscillé entre l'alerte, évoquant des « témoignages accablants », et la prudence, titrant « Syndrome ou psychose ? » (Lesna-2004, p. 20).

Il a fallu l'action déterminée d'associations de vétérans, comme Avigolfe en France, pour que le sujet s'impose dans l'espace public. Ces organisations ont recueilli des témoignages, alerté les médias et engagé des procédures judiciaires pour obtenir la reconnaissance des pathologies de leurs membres (Lesna-2004, p. 19). Leurs efforts ont été relayés et scientifiquement étayés par les travaux de chercheurs dissidents, dont le Dr. Asaf Durakovic, ancien colonel de l'armée américaine et spécialiste de médecine nucléaire. Devenu un véritable lanceur d'alerte, il affirma avoir été démis de ses fonctions après avoir insisté pour mener des recherches sur l'UA, ses demandes d'analyses ayant été « prétendument perdues » et ses travaux jugés dérangeants par sa hiérarchie. Ses recherches, présentées lors de congrès scientifiques, ont eu un impact considérable. Elles ont révélé la présence significative, non seulement d'uranium appauvri, mais aussi d'uranium 236 dans les urines et les tissus de vétérans, près de dix ans après la fin du conflit (Barrillot-2001, p. 95). La détection de l'U-236, un isotope artificiel qui n'existe pas dans la nature et qui est un sous-produit du combustible nucléaire irradié, suggérait que l'UA utilisé dans les munitions provenait d'uranium de retraitement. Cette découverte était cruciale, car elle impliquait une contamination potentiellement plus complexe et plus radiotoxique que celle admise par les sources officielles, déplaçant le risque du seul champ de la toxicité chimique à celui, plus controversé, de la radiotoxicité interne à long terme (Barrillot-2001, p. 95). Bien que ses analyses aient été contestées par une partie de la communauté scientifique (Lesna-2004, p. 19), elles ont fourni des arguments tangibles aux vétérans et ont contraint les gouvernements à une plus grande transparence, menant à la création de missions d'information parlementaires et d'enquêtes épidémiologiques (Lesna-2004, p. 20).

En définitive, la guerre du Golfe a non seulement démontré l'efficacité militaire des armes à l'uranium appauvri, mais elle a surtout établi le paradigme de la controverse qui allait définir leur usage futur. Ce conflit a mis en place un cycle récurrent : une démonstration de supériorité technologique sur le champ de bataille, suivie de l'émergence de pathologies inexpliquées chez les combattants et les civils, d'une période de déni ou de minimisation par les autorités politiques et militaires, d'une intense bataille scientifique marquée par l'incertitude et la politisation de la recherche, et enfin d'une lente et douloureuse quête de reconnaissance et de réparation pour les victimes, portée par les associations et les médias. Ce cas fondateur a durablement inscrit dans la conscience collective un lien puissant, bien que scientifiquement débattu, entre l'usage de ces armes et des conséquences sanitaires graves, transformant un enjeu initialement technique et militaire en un problème de santé publique global et une question éthique et juridique de premier ordre.

6.2 Guerre en Irak (2003)

Douze ans après la première guerre du Golfe, l'Irak a de nouveau été le cadre d'un emploi massif d'armes à l'uranium appauvri (UA) lors de l'invasion menée par la coalition internationale en 2003. Ce conflit ne représente pas l'émergence d'un phénomène nouveau, mais bien une intensification dramatique et la réactivation d'une controverse déjà vive sur un territoire lourdement affecté (Lesna-2004, p. 70). L'opération, présentée initialement comme une intervention chirurgicale visant à neutraliser des armes de destruction massive que le régime irakien était accusé de détenir, a paradoxalement conduit à la dissémination d'une contamination radiologique et chimique à une échelle sans précédent. Dès l'annonce de l'offensive, la question de l'emploi de ces munitions a immédiatement resurgi dans le débat public international, alimentée par les précédents des Balkans et les conséquences sanitaires toujours débattues du conflit de 1991 (Lesna-2004, p. 61). Le cas de 2003 est donc fondamental en ce qu'il illustre une escalade de l'usage sur un environnement et une population déjà fragilisés par plus d'une décennie de sanctions économiques et de bombardements sporadiques. L'Irak, déjà considéré comme une zone sinistrée sur le plan sanitaire, est ainsi devenu un laboratoire tragique des conséquences à long terme de cette technologie militaire, offrant un cas d'étude emblématique qui condense l'ensemble des problématiques soulevées par ce mémoire. L'analyse de ce conflit permet de dépasser la simple chronique militaire pour interroger les fondements d'une stratégie qui, sous couvert d'efficacité tactique, hypothèque l'avenir sanitaire et environnemental de régions entières.

L'ampleur de l'utilisation en 2003 excède considérablement celle de tous les conflits antérieurs. Alors que les évaluations post-1991 reposaient sur des estimations de plusieurs dizaines de tonnes, il est aujourd'hui admis qu'environ trois cents tonnes d'UA ont été dispersées sur le territoire irakien durant la seconde intervention (Barrillot-2001, p. 72). Cette augmentation quantitative spectaculaire, près de dix fois supérieure à celle de 1991, témoigne d'une systématisation de l'emploi de ces munitions dans l'arsenal de la coalition, principalement américain et britannique. Cette escalade quantitative s'est accompagnée d'une évolution qualitative et tactique lourde de conséquences. Contrairement à 1991, où l'usage était majoritairement concentré en zone désertique contre des objectifs militaires clairement identifiés comme des colonnes de blindés, l'invasion de 2003 s'est caractérisée par des frappes en environnements mixtes, incluant de manière significative des zones urbaines et péri-urbaines densément peuplées. Cet usage, conforme à la doctrine américaine visant à détruire des cibles durcies et des centres de commandement enterrés (Parsons-2002, p. 5), a transformé l'UA d'une arme antichar en une arme de pénétration et de destruction d'infrastructures. Les avions A-10 Warthog et les chars Abrams ont ainsi tiré des obus à l'UA dans des villes comme Bagdad, Bassorah ou Falloujah, pulvérisant des véhicules mais aussi des bâtiments, des ponts et d'autres structures civiles. Cette nouvelle doctrine d'emploi a radicalement changé la nature de l'exposition. La dispersion d'aérosols d'oxydes d'uranium ne se fait plus dans des étendues désertiques, mais au cœur des lieux de vie, contaminant l'air, les habitations, les marchés, les écoles et les terrains de jeu. L'efficacité destructrice, vantée par le Pentagone, s'est ainsi traduite par une contamination insidieuse et durable des espaces quotidiens des populations civiles.

Les conséquences de cette nouvelle vague de contamination ont exacerbé une situation sanitaire et environnementale déjà critique. Dès la fin des années 1990, une convergence de témoignages de médecins irakiens et d'études épidémiologiques préliminaires, bien que méthodologiquement contestées par les puissances occidentales, faisait état d'une augmentation alarmante des pathologies lourdes. Des recherches locales signalaient une augmentation au quintuple des cancers et un triplement des anomalies congénitales dans les régions du sud de l'Irak, les plus touchées par le conflit de 1991 (Mathieu Matieu, 2001, p. 2, Mathieu Matieu, 2001, p. 2). La figure de l'enfant victime, notamment à travers les images insoutenables de « monstrueuses malformations » congénitales, est devenue un puissant symbole médiatique et politique de la souffrance de la population irakienne, bien que le lien de causalité direct avec l'UA restât toujours scientifiquement débattu (Lesna-2004, p. 74). C'est sur ce terreau sanitaire désastreux que la contamination de 2003 est venue se superposer. Les rapports du Programme des Nations Unies pour l'Environnement (PNUE) ont corroboré ces inquiétudes, confirmant que les risques d'inhalation de poussières d'UA sont élevés à proximité des sites d'impact, créant des zones de danger durable où la simple respiration ou l'ingestion de poussière peut entraîner une exposition interne chronique (Leistner, 2023, p. 59).

Le chaos post-conflit a démultiplié les voies d'exposition : la destruction d'infrastructures a favorisé la remise en suspension des particules contaminées, tandis que le démantèlement sauvage des carcasses de véhicules militaires touchés par des obus à l'UA, pratiqué par des civils pour récupérer du métal, est devenu une source d'intoxication directe. De plus, la destruction non contrôlée de munitions non explosées, par brûlage ou détonation à l'air libre, a contribué à libérer davantage de substances toxiques dans l'environnement, aggravant une situation déjà hors de contrôle (Leistner, 2023, p. 63).

Cette crise sanitaire et environnementale est aggravée par une opacité persistante et systémique de la part des forces de la coalition. Cette rétention d'information n'est pas une simple négligence, mais semble relever d'une stratégie délibérée visant à minimiser la portée des conséquences et à se soustraire à toute responsabilité. Dans ses évaluations post-conflit, le PNUE a explicitement déploré le manque d'informations cruciales, notant qu'aucune donnée indépendante n'était disponible sur les agents chimiques et nucléaires potentiellement libérés par les bombardements d'installations industrielles et de sites militaires, dont la liste complète n'a jamais été communiquée (Leistner, 2023, p. 63). Concernant spécifiquement l'UA, la communication des coordonnées géographiques précises des tirs (« firing coordinates ») est restée parcellaire, tardive, et souvent incomplète. Cette absence de données précises rend quasi impossible toute évaluation exhaustive et rigoureuse des risques. Elle empêche les scientifiques de corréler géographiquement les zones de contamination avec les foyers de pathologies observées, créant ainsi une incertitude scientifique qui est ensuite instrumentalisée par les États utilisateurs pour nier tout lien de causalité. Cette rétention d'information entrave significativement la recherche scientifique indépendante et, plus grave encore, elle paralyse toute politique de remédiation et de santé publique. Sans savoir où se trouvent les « points chauds » de contamination, il est impossible de décontaminer les sites, de sécuriser les zones à risque ou d'informer les populations locales des dangers auxquels elles sont exposées. Les communautés, souvent les plus pauvres, continuent ainsi de vivre, de cultiver et de puiser de l'eau sur des terres polluées, dans une ignorance entretenue par le secret militaire (Leistner, 2023, p. 59).

En somme, la guerre d'Irak de 2003 constitue un cas d'étude paradigmatique et le point culminant de la problématique des armes à l'uranium appauvri. Elle symbolise une forme de « double peine » infligée à un pays, contaminant une seconde fois un environnement et une population déjà meurtris par un conflit antérieur et une décennie d'embargo. Ce conflit démontre une escalade sans précédent dans l'échelle de la contamination, une évolution doctrinale vers une application en milieu urbain qui maximise l'exposition civile, et une politique d'opacité qui perpétue l'incertitude scientifique et constitue un obstacle majeur à la reconnaissance des dommages et à la mise en œuvre de mesures de protection. Le cas irakien condense ainsi, de manière particulièrement aiguë, l'ensemble des impacts sanitaires, des controverses juridiques et des implications géopolitiques qui constituent l'objet de la présente thèse. Il met en lumière la contradiction flagrante entre le discours sur les « guerres propres » et la réalité d'une pollution radioactive et chimique durable, dont les effets continueront de se manifester sur plusieurs générations. Cette tragédie illustre la nécessité impérieuse d'une régulation internationale stricte de ces armements, faute de quoi d'autres territoires pourraient à l'avenir subir le même sort, tels la bande de Gaza, la Cisjordanie, le Liban…

6.3 Spéculations sur l'Ukraine

Le conflit en Ukraine, initié par invasion russe en février 2022, a réactivé avec une acuité et une portée mondiale sans précédent la controverse sur les armes à l'uranium appauvri (UA). À la différence des spéculations qui ont entouré des conflits plus récents où leur usage restait du domaine de l'allégation, le cas ukrainien a marqué une rupture décisive. Il a fait basculer le débat de l'hypothèse à la certitude factuelle, suite aux annonces officielles et successives du Royaume-Uni en mars 2023, puis des États-Unis en septembre 2023, relatives à la livraison de munitions de ce type aux forces armées ukrainiennes. Cette officialisation a transformé le conflit en un cas d'étude contemporain emblématique, illustrant en temps réel l'intégralité du cycle de la problématique de l'UA : de la justification stratégique à la controverse médiatique et aux inquiétudes sanitaires.

Plus fondamentalement, cette situation se déploie sur un terrain de méfiance structurelle, un héritage direct des décennies d'opacité et de dissimulation de la part des autorités militaires, comme cela a été analysé en profondeur au chapitre 5.3.

Ainsi, la réactivation de la controverse en Ukraine n'est pas simplement « ponctuelle et superficielle », comme souvent observé lors de l'éclatement d'un nouveau conflit ; elle est profonde et durable, car elle repose sur des confirmations étatiques qui engagent directement la responsabilité des nations fournisseuses et qui ancrent définitivement l'UA dans le paysage matériel et psychologique de la guerre.

L'introduction de ces munitions spécifiques s'inscrit dans un contexte environnemental déjà catastrophique, ce qui en démultiplie les risques potentiels. Dès juillet 2022, bien avant les livraisons d'UA, le Programme des Nations Unies pour l'Environnement (PNUE) alertait sur la constitution d'un « héritage environnemental toxique pour l'Ukraine et sa région » (Leistner, 2023, p. 7). Les évaluations préliminaires du PNUE dressaient un tableau alarmant, faisant état de dégâts considérables sur des infrastructures critiques : centrales nucléaires, installations énergétiques, raffineries, mines, et de nombreux sites industriels et agro-industriels. Le rapport détaillait la libération de substances dangereuses, « allant des solvants à l'ammoniaque et aux plastiques », suite à des bombardements d'usines et d'entrepôts. Des explosions dans des « usines d'engrais et d'acide nitrique » ainsi que la destruction de grandes exploitations d'élevage, dont les carcasses représentent un risque sanitaire additionnel, aggravaient encore la situation (Leistner, 2023, p. 7). Ces destructions massives ont provoqué de « multiples incidents de pollution atmosphérique et une contamination potentiellement grave des eaux souterraines et de surface » (Leistner, 2023, p. 7). L'introduction de l'uranium appauvri vient donc superposer une nouvelle couche de pollution, de nature radioactive et chimiotoxique, à ce substrat déjà lourdement contaminé.

Les microparticules d'oxyde d'uranium, générées lors de l'impact des munitions, peuvent emprunter les mêmes voies de dispersion – atmosphérique, hydrique et pédologique – que les polluants chimiques déjà présents, créant un cocktail toxique complexe et aggravant le potentiel de « pénétration graduelle des polluants dans les organismes et les écosystèmes » (Leistner, 2023, p. 8). Cette nouvelle pollution est destinée à laisser une « empreinte pérenne » qui se « sédimentent au sein des environnements » (Leistner, 2023, p. 8). Par conséquent, bien après la cessation des hostilités, la reconstruction et la vie quotidienne seront durablement conditionnées par cet impératif de se mouvoir au sein d'un « contexte contaminé » (Leistner, 2023, p. 8). Ce conflit confirme de la manière la plus tragique que « la guerre est littéralement toxique » (Leistner, 2023, p. 7) et que l'assainissement du territoire ukrainien constituera un défi monumental. La présence d'uranium appauvri complexifie de manière exponentielle les futures opérations de décontamination, exigeant des protocoles, des compétences et des équipements radiologiques spécifiques qui vont bien au-delà de la remédiation environnementale post-conflit classique. L'Ukraine aura donc besoin d'un « énorme soutien international pour évaluer, atténuer et réparer les dégâts » (Leistner, 2023, p. 7), une tâche rendue encore plus ardue et coûteuse par cette contamination spécifique.

La décision de fournir ces armements répond, du point de vue occidental, à une logique stratégique et pragmatique. L'objectif premier est de conférer aux forces ukrainiennes un avantage tactique décisif contre les chars de combat et les véhicules blindés russes, dont les blindages composites et réactifs sont particulièrement vulnérables aux performances de perforation des obus-flèches à l'UA. Cette approche s'inscrit dans la continuité d'une doctrine militaire qui, depuis la guerre du Viêtnam et les expériences malheureuses en Somalie, privilégie la suprématie technologique et les frappes à distance pour « frapper vite et fort » tout en minimisant les pertes humaines dans ses propres rangs (Lesna-2004, p. 60). En fournissant ces munitions, les alliés de l'Ukraine lui transfèrent non seulement une capacité matérielle, mais aussi un élément de cette doctrine axée sur l'efficacité létale. Cette rationalité purement militaire est parfaitement encapsulée par le slogan publicitaire de CTA International pour une munition à l'UA : « létal, compact, bon marché, disponible ». Cet argumentaire met en lumière les « enjeux économicopolitiques inavouables » qui sous-tendent la persistance de ces armes : elles représentent une solution à faible coût pour valoriser les déchets de l'industrie nucléaire, transformant un passif onéreux en un actif stratégique.

Toutefois, l'analyse géopolitique serait profondément incomplète si elle omettait la posture et les capacités de la Russie. L'industrie militaire russe a en effet développé et produit de longue date ses propres munitions antichars à l'uranium appauvri, notamment les obus 3UBM-13 de 115 mm pour le canon du char T-62 et les obus 3BM32 de 125 mm (Barrillot-2001, p. 51). Le secret qui « est de règle en matière militaire » en Russie rend l'évaluation de leur stock et de leur déploiement effectif sur le théâtre ukrainien particulièrement difficile (Barrillot-2001, p. 51). Néanmoins, cette capacité avérée instaure une symétrie potentielle sur le champ de bataille et expose l'hypocrisie de la rhétorique russe, qui a violemment condamné les livraisons occidentales en les qualifiant d'escalade quasi-nucléaire. L'UA devient ainsi non seulement une arme cinétique, mais aussi un puissant instrument dans la guerre de l'information.

La controverse ne peut dès lors être réduite à une critique unilatérale du bloc occidental ; elle doit intégrer le fait que les deux principaux belligérants disposent potentiellement de cette technologie, ce qui complique d'autant plus les débats éthiques et les perspectives d'une régulation internationale contraignante.

Les annonces de livraison ont immanquablement réenclenché les mécanismes de communication de crise et de minimisation du risque déjà observés lors des controverses passées. Le discours officiel des pays fournisseurs, relayé par certaines institutions, s'est attaché à mettre en exergue l'efficacité militaire tout en s'efforçant de tempérer les inquiétudes sanitaires et environnementales. Pour ce faire, il s'est appuyé sur une rhétorique bien établie : la faible radioactivité de l'uranium, l'insistance sur les modes d'exposition nécessaires pour présenter un danger, et surtout, l'usage sémantique du qualificatif « appauvri ». Comme l'a noté la littérature critique, ce terme « est venu opportunément à la rescousse, occultant quasiment le fait qu'il s'agit bien d'uranium » et opérant un déclassement de la matière de sa catégorie nucléaire dans la perception publique (Barrillot-2001, p. 8). Cependant, l'efficacité de cette communication est aujourd'hui quasi nulle en raison du lourd passif des guerres du Golfe et des Balkans.

L'histoire de cette controverse est jalonnée d'aveux tardifs et de dénégations contredites par les faits, où des institutions comme l'OTAN n'ont été « forcées d'admettre » l'utilisation de l'UA qu'à la suite des « révélations de la presse ». Ce passif, marqué par des accusations de mensonge, de « semi-vérité », de « dissimulation » et de black-out organisé, a durablement sapé la crédibilité de la parole officielle.

Par conséquent, chaque nouvelle assurance est désormais filtrée à travers un prisme de scepticisme structurel. Le fardeau de la preuve se trouve de facto inversé : comme le conclut l'analyse de l'opacité systémique, « l'absence de preuve n'est plus interprétée comme une preuve d'absence, mais comme l'indice d'une dissimulation réussie » (cf. 5.3). Dans ce contexte, les contre-discours portés par les organisations non gouvernementales, les scientifiques indépendants et les associations de vétérans trouvent un écho considérable, jouant le rôle de « contre-pouvoirs » face à un discours étatique jugé partial (Lesna-2004, p. 83).

En définitive, le cas ukrainien constitue une synthèse saisissante et tragique des enjeux multidimensionnels liés à l'uranium appauvri. Il n'est pas simplement une étude de cas de plus ; il est la manifestation en temps réel de toutes les dynamiques analysées dans cette thèse.

Il met en lumière de manière crue la tension irréductible entre la recherche d'efficacité tactique à court terme et la responsabilité face aux conséquences sanitaires et écologiques à très long terme. Il démontre avec force comment une culture du secret institutionnalisée et les dissimulations passées alimentent une méfiance durable qui entrave tout débat public serein et éclairé.

Alors que le conflit se prolonge, l'Ukraine est devenue le théâtre d'application et d'observation de ces dynamiques complexes, où se superposent aux affrontements militaires des enjeux informationnels cruciaux et, surtout, la question de la gestion future d'un héritage toxique désormais avéré.

La bataille pour la vérité et l'établissement des responsabilités concernant l'impact de l'uranium appauvri en Ukraine ne fait que commencer ; elle promet d'être aussi longue et ardue que celle que mènent encore, trente ans après, les vétérans et les populations civiles d'Irak et des Balkans.

6.4 Conflit des Balkans (1994-1999)

Si la guerre du Golfe a constitué le « baptême du feu » des armes à l'uranium appauvri (UA), le conflit des Balkans représente le tournant décisif où la controverse relative à leur usage s'est imposée avec une force inédite sur la scène politique et médiatique européenne. Cette nouvelle phase a transformé une inquiétude initialement confinée aux cercles de vétérans et à quelques organisations non gouvernementales en une crise de portée internationale, impliquant directement les gouvernements européens et les structures de commandement de l'OTAN. L'intervention en ex-Yougoslavie, menée en deux temps distincts – d'abord en Bosnie-Herzégovine puis au Kosovo – a non seulement attesté de l'emploi systématisé de l'UA par les forces aériennes américaines, mais a également mis en lumière une culture de l'opacité et de la rétention d'information au sein même de l'Alliance atlantique. Ce contexte a catalysé l'émergence médiatique du « syndrome des Balkans », forgeant dans l'opinion publique un lien de causalité direct entre ces munitions et l'apparition de pathologies graves, et a ainsi imposé un débat public inévitable sur les conséquences sanitaires et environnementales de ces armements (Lesna-2004, p. 6). La proximité géographique du théâtre d'opérations et la nationalité européenne des soldats de la paix potentiellement exposés ont fait de ce conflit un cas d'étude paradigmatique, démontrant comment un choix tactique peut engendrer des répercussions politiques, sociales et juridiques profondes et durables.

L'emploi de l'UA par les forces de l'OTAN s'est produit en premier lieu durant la guerre de Bosnie, une intervention qui s'est déroulée dans une relative discrétion quant à la nature de l'armement utilisé. Entre 1994 et 1995, et plus particulièrement lors des frappes intensives de l'opération « Deliberate Force » en août et septembre 1995, l'aviation américaine a tiré 10 800 projectiles à l'UA, principalement depuis ses avions d'attaque au sol A-10 « Warthog » (Barrillot-2001, p. 73). Cependant, cet usage est resté non divulgué au public et, de manière plus problématique, à certains des alliés de l'OTAN dont les troupes étaient déployées au sol. L'information ne fut révélée que cinq ans plus tard, à la fin de l'an 2000, lorsque le ministre italien de la Défense de l'époque, Sergio Mattarella, la rendit publique. Il exprima alors son « amertume » face au manquement de l'OTAN à fournir en temps utile, des « informations importantes pour la sécurité de la communauté bosniaque et celle des militaires » (Barrillot-2001, p. 73). Cette déclaration a mis en évidence une faille majeure dans la communication et la confiance au sein de l'Alliance. Pour les pays européens fournisseurs de contingents, la révélation fut un choc : leurs soldats avaient opéré, patrouillé et vécu pendant des années sur des sites potentiellement contaminés sans en avoir connaissance et, par conséquent, sans aucune mesure de protection spécifique.

Cette rétention d'information a matérialisé le concept de « menace invisible » analysé au chapitre 3. L'absence de données sur la localisation des impacts a transformé des zones post-conflit en un terrain d'exposition chronique et involontaire. Insidieusement d'oxydes d'uranium, dispersées lors des impacts, ont pu contaminer les sols, les eaux de surface et les nappes phréatiques, s'intégrant insidieusement dans la chaîne alimentaire locale. Pour les militaires de la SFOR (Stabilisation Force) comme pour les civils retournant dans leurs villages, des gestes quotidiens – cultiver un potager, boire l'eau d'un puits, ou simplement respirer la poussière soulevée par les vents – sont devenus des vecteurs potentiels d'exposition à un contaminant toxique et faiblement radioactif. L'opacité de l'OTAN a ainsi privé les acteurs sur le terrain de la possibilité d'appliquer le moindre principe de précaution, nourrissant un sentiment de trahison parmi les alliés et jetant les bases de la crise politique à venir (Lesna-2004, p. 22).

L'utilisation de ces munitions a ensuite connu une escalade significative lors de la campagne aérienne exclusivement menée par l'OTAN au Kosovo en 1999, dans le cadre de l'opération « Allied Force ». Au cours de ces 78 jours de bombardements, environ 31 000 projectiles à l'UA furent tirés par les avions américains A-10 (Lesna-2004, p. 17). Contrairement à l'épisode bosnien, cet emploi fut officiellement confirmé par l'OTAN dans une communication adressée au Secrétaire général des Nations Unies, Kofi Annan, en mars 2000 (Lesna-2004, p. 17). Cette reconnaissance, bien que tardive et formulée en des termes techniques, a constitué un tournant : elle a transformé les allégations et les suspicions en faits avérés et documentés, fournissant une base tangible aux critiques et aux demandes de clarification. Le débat n'était plus de savoir *si* des armes à l'UA avaient été utilisées, mais *quelles en étaient les conséquences*.

Cet usage s'inscrivait par ailleurs dans un contexte de dégradation environnementale plus vaste, qualifié par certains observateurs d' « écocide ». Les bombardements de l'OTAN ont visé des complexes industriels, des raffineries et des entrepôts chimiques, provoquant le déversement de substances hautement toxiques dans l'environnement. Le fleuve Danube, l'un des plus importants corridors de biodiversité d'Europe, fut ainsi pollué par des hydrocarbures et des produits chimiques, affectant les écosystèmes et la qualité de l'eau potable pour des millions de personnes en aval (Leistner, 2023, p. 52). La contamination par l'UA s'est donc ajoutée à un cocktail de pollutions de guerre, compliquant considérablement les évaluations d'impact sanitaire post-conflit et la possibilité d'isoler un unique agent causal pour les pathologies observées, un défi méthodologique structurel dans de tels contextes (Leistner, 2023, p. 64).

Le point d'inflexion de la controverse est survenu de manière explosive à la fin de l'an 2000 et au début de 2001. La presse européenne, initiée par des titres italiens comme *La Repubblica* qui titrait : « Kosovo : l'uranium qui tue », a commencé à relater une série de cas de leucémie et d'autres formes de cancer affectant des militaires italiens de retour des Balkans (Lesna-2004, p. 21). Le phénomène s'est rapidement propagé à d'autres pays européens, l'Espagne, le Portugal, la Belgique, la Grèce et la France rapportant des cas similaires. Les médias ont alors forgé l'expression « syndrome des Balkans », en analogie directe avec le « syndrome de la guerre du Golfe » qui avait défrayé la chronique quelques années auparavant (Lesna-2004, p. 25).

Cependant, une distinction fondamentale et lourde de conséquences s'est opérée dans le traitement médiatique et la perception publique. Alors que pour le Golfe, l'étiologie du syndrome restait multifactorielle et débattue (exposition à des pesticides, vaccins, fumées de puits de pétrole, stress post-traumatique, et UA parmi d'autres) (Lesna-2004, p. 13), le débat sur les Balkans s'est quasi exclusivement focalisé sur l'uranium appauvri. Celui-ci s'est imposé comme « l'unique causalité revendiquée » (Lesna-2004, p. 25). Cette simplification narrative a créé un lien de causalité direct et puissant dans l'opinion publique, transformant l'UA en l'agent pathogène principal, sinon unique, responsable des maladies des soldats. Cette focalisation a conféré à la polémique une intensité politique inédite, la faisant évoluer en une crise diplomatique et sanitaire majeure. Des chefs de gouvernement, comme le Premier ministre italien Giuliano Amato, ont publiquement demandé à l'OTAN que « la vérité soit dite » (Lesna-2004, p. 21). Le débat fut porté devant les parlements nationaux, qui lancèrent des commissions d'enquête (Lesna-2004, p. 31), et devant le Parlement européen, qui appela à un moratoire sur l'utilisation de ces armes (Mathieu Matieu, 2001, p. 3). La question est également passée du champ politique au champ judiciaire, avec le dépôt de plaintes par des associations de vétérans visant à faire reconnaître le lien de service pour leurs pathologies et à obtenir réparation (Lesna-2004, p. 59).

Sur le plan sanitaire et environnemental, la controverse a été alimentée par une série d'évaluations aux conclusions souvent divergentes, illustrant une véritable « bataille de l'expertise ». Le Programme des Nations unies pour l'environnement (PNUE) a mené des missions sur le terrain, d'abord au Kosovo en 2000, puis en Bosnie-Herzégovine en 2002 (Massa-2023, p. 66). Le rapport sur le Kosovo, publié en janvier 2001, a confirmé une contamination radioactive localisée mais significative sur huit des onze sites étudiés, avec la présence de particules d'UA dans les sols, l'eau et les lichens (Barrillot-2001, p. 76). Parallèlement, des témoignages et des études préliminaires menées sur place faisaient état d'une augmentation inquiétante de pathologies lourdes au sein des populations locales, notamment des leucémies et des malformations congénitales, des affections similaires à celles observées en Irak après 1991 (Mathieu Matieu, 2001, p. 3, DU KOSOVO, 2024, p. 4).

Face à ces données alarmantes, les autorités militaires (notamment le Pentagone) et des organisations comme l'Organisation mondiale de la Santé (OMS) ont publié des rapports visant à rassurer. Leur argumentaire principal consistait à comparer la radioactivité de l'UA à la radioactivité naturelle présente dans l'environnement. Les conclusions officielles affirmaient ainsi que le risque pour la santé était « négligeable en comparaison des risques normaux de la vie » et que les niveaux de contamination détectés ne pouvaient souvent pas être « différenciés de la concentration naturelle d'uranium » (Leistner, 2023, p. 76). Cependant, cette argumentation a été vivement critiquée pour ses failles méthodologiques. Elle omettait de considérer la nature spécifique de l'exposition : il ne s'agit pas d'une irradiation externe faible et homogène, mais de la contamination interne par des particules d'oxyde d'uranium insolubles qui, une fois inhalées ou ingérées, peuvent se loger durablement dans les

poumons ou les os, provoquant une irradiation alpha à haute énergie des tissus environnants. De plus, ces mêmes rapports officiels contenaient des nuances importantes, reconnaissant que les normes sanitaires de l'OMS pour l'eau potable pouvaient être localement dépassées et que seul l'usage militaire de l'UA était susceptible de modifier significativement les concentrations environnementales (Leistner, 2023, p. 76). La controverse a été complexifiée par des investigations journalistiques suggérant que l'UA utilisé n'était pas pur, mais potentiellement contaminé par des actinides mineurs plus radiotoxiques, comme le plutonium, issus du retraitement de combustible nucléaire usé (Lesna-2004, p. 23). Cette confrontation d'expertises, conjuguée à la persistance de dizaines de milliers de projectiles non récupérés et enfouis dans les sols, constitue une menace latente dont les effets à long terme demeurent mal évalués, entretenant un climat d'incertitude scientifique et de méfiance politique (Leistner, 2023, p. 61).

En définitive, le conflit des Balkans a agi comme un puissant et douloureux révélateur. Il a non seulement confirmé l'intégration des armes à l'UA dans l'arsenal conventionnel des puissances de l'OTAN, mais il a surtout exposé la controverse à un large public, la faisant basculer de l'arène technique et militaire à l'arène politique, sociale et juridique. Ce cas d'étude démontre de manière éclatante comment un armement, justifié par un avantage tactique sur le champ de bataille, a généré des conséquences durables et systémiques qui dépassent largement ce cadre : une crise de confiance profonde et persistante au sein de l'une des plus puissantes alliances militaires mondiales, une préoccupation sanitaire durable pour les vétérans et les populations civiles des zones touchées, et un débat scientifique et éthique non résolu quant à la responsabilité des États face aux conséquences différées et diffuses de leurs choix militaires. Le legs des Balkans a ainsi durablement marqué la perception de ces armes, les positionnant à la frontière ambiguë entre le conventionnel et le non-conventionnel, et a alimenté les efforts internationaux visant à leur régulation, voire leur interdiction.

Vers une régulation et des alternatives

Après avoir analysé les propriétés techniques des armes à l'uranium appauvri, leurs impacts sanitaires et environnementaux, les controverses normatives qu'elles suscitent, et leur déploiement concret à travers diverses études de cas, l'analyse conduite jusqu'à présent a mis en évidence une problématique complexe et persistante. Les chapitres précédents ont démontré comment, malgré des décennies de débats et une prise de conscience croissante des risques, l'utilisation de ces munitions perdure, légitimée par un argumentaire mêlant impératifs stratégiques, opacité militaire et instrumentalisation des incertitudes scientifiques.

Le recours à une rhétorique délibérément rassurante, déclassant l'uranium appauvri de son appartenance aux matières nucléaires pour le présenter comme une technologie conventionnelle, a permis de masquer la nature de ses effets à long terme (Barrillot-2001, p. 8). Il en résulte un héritage toxique sur les champs de bataille, une contamination rémanente des sols et des eaux qui pose une menace intergénérationnelle, ainsi qu'une « zone grise » juridique qui entrave l'émergence d'une réponse normative claire.

Les principes fondamentaux du droit international humanitaire, tels que la distinction entre combattants et civils ou l'interdiction des maux superflus, se trouvent mis à l'épreuve par une arme dont les effets toxiques et radiologiques se diffusent de manière incontrôlée bien après l'impact, affectant indistinctement les belligérants et les non-belligérants (Massa-2023, p. 72).

Ce chapitre se tourne désormais résolument vers l'avenir, en passant de l'analyse diagnostique à l'exploration de solutions pour la régulation de cette technologie controversée et la proposition d'alternatives viables.

Les lacunes du droit international positif constituent le principal obstacle à une interdiction formelle, celui-ci peinant à qualifier sans ambiguïté ces armements (Massa-2023, p. 73). Des instruments comme la Convention sur certaines armes classiques (CCAC) ou le Protocole additionnel I aux Conventions de Genève rappellent l'interdiction de causer des dommages « étendus, durables et graves » à l'environnement, mais leurs seuils d'application cumulatifs rendent leur invocation difficile dans le cas de l'uranium appauvri (Massa-2023, p. 27). Cette situation est exacerbée par l'exigence récurrente de « preuves scientifiques irréfutables » de leur dangerosité, condition posée par certains acteurs étatiques pour envisager un traité international contraignant (Massa-2023, p. 80). Face à cette inertie institutionnelle, la société civile, des ONG et certaines instances politiques ont cherché à renverser la charge de la preuve en mobilisant le principe de précaution (Barrillot-2001, p. 10). Ce principe, issu du droit de l'environnement des années 1970 et consacré par la loi Barnier de 1995 en France, postule que « l'absence de certitudes, compte tenu des connaissances scientifiques et techniques du moment, ne doit pas retarder l'adoption de mesures effectives et proportionnées visant à prévenir un risque de dommages graves et irréversibles » (Lesna-2004, p. 54). Son application au domaine militaire, bien que débattue (Lesna-2004, p. 55), offre un puissant levier éthique et juridique pour contester le statu quo. Il s'agit de substituer une logique préventive à une logique curative, en fondant une interdiction sur l'évaluation des risques potentiels plutôt que d'attendre des certitudes post-factum qui ne pourraient que constater des dommages déjà irréversibles (Lesna-2004, p. 55). Cette approche s'inscrit dans une éthique de la responsabilité, telle que théorisée par Hans Jonas, qui prône la conservation et la préservation face à une technologie dont les effets à long terme sont inconnus (Leistner, 2023, p. 155). L' « heuristique de la crainte » devient alors un outil intellectuel pour anticiper les pires scénarios et agir avant qu'ils ne se matérialisent, luttant ainsi contre les discours technophiles excessivement optimistes (Leistner, 2023, p. 156). Cependant, le principe de précaution se heurte lui-même à des paradoxes, notamment la difficulté d'évaluer la gravité et l'irréversibilité d'un dommage avant qu'il ne se soit manifesté (Lesna-2004, p. 56).

Le présent chapitre se propose donc d'explorer ces voies de manière systématique afin de surmonter ces obstacles. Il examinera en premier lieu les efforts de régulation et les appels à un moratoire qui ont émergé sur la scène internationale, notamment au sein des Nations Unies et du Parlement européen (Lesna-2004, p. 26). Le moratoire est ici analysé non comme une fin en soi, mais comme une mesure conservatoire indispensable, une pause politique et stratégique visant à geler l'utilisation et la prolifération de ces armes le temps qu'un consensus juridique puisse être forgé (Lesna-2004, p. 53). Cette section mettra en lumière le rôle crucial des acteurs non-étatiques, comme les associations de vétérans (telle qu'Avigolfe), dans la mise à l'agenda politique de cette question (Barrillot-2001, p. 10). Il formulera, en second lieu, un ensemble de recommandations visant une gestion plus responsable des arsenaux existants et des zones contaminées. Au-delà d'un simple appel à la transparence, il s'agira de proposer des cadres d'action concrets : l'obligation d'informer les populations locales des risques encourus (ETOGA, p. 13), la mise en place de protocoles de décontamination systématiques et financés par les utilisateurs, la création de registres de suivi sanitaire à long terme pour les civils et les militaires exposés, et enfin, l'établissement de mécanismes de responsabilité et de réparation pour les dommages environnementaux et humains. Conscient que toute démarche de désarmement doit répondre aux impératifs de sécurité allégués par les États, le chapitre analysera, en dernier lieu, les alternatives technologiques disponibles ou en développement.

Cette démarche vise à déconstruire l'argument de la nécessité militaire en démontrant qu'il existe d'autres matériaux et conceptions de munitions, notamment à base de tungstène, capables de remplir les mêmes fonctions tactiques anti-blindage.

L'existence de telles alternatives affaiblit considérablement la justification de l'emploi d'une arme dont les dommages collatéraux sont si controversés, rendant les souffrances qu'elle engendre difficilement justifiables et potentiellement « superflues » au sens du droit humanitaire (Massa-2023, p. 72). L'objectif est ainsi de tracer des perspectives réalistes vers un avenir où l'efficacité militaire ne serait plus obtenue au prix d'une contamination durable de l'environnement et d'une menace pour la santé des générations futures.

7.1 Recommandations

Au terme de l'analyse des propriétés techniques, des impacts sanitaires et environnementaux, des controverses normatives et de l'impasse réglementaire entourant les armes à l'uranium appauvri (UA), ce chapitre formule une série de recommandations pragmatiques. Ces propositions ne prétendent pas à une solution unique et immédiate, mais constituent une approche systémique et multidimensionnelle destinée à surmonter le statu quo, caractérisé par une controverse épistémologique et une paralysie politique. Face à un problème qui entremêle des enjeux balistiques, sanitaires, environnementaux, éthiques et juridiques, une réponse fragmentaire serait inefficace. Les recommandations qui suivent s'articulent donc autour de trois axes interdépendants et complémentaires : le renforcement de la transparence et de la recherche indépendante, l'établissement d'un cadre juridique et normatif robuste, et la promotion d'une responsabilité intégrale et des alternatives.

Axe 1 : Renforcer la Transparence et la Recherche Indépendante

L'opacité informationnelle, couplée à un discours institutionnel de minimisation des risques, constitue l'obstacle fondamental à toute gestion responsable de l'héritage toxique de l'UA. La première série de recommandations vise donc à établir les conditions d'une connaissance objective, partagée et exploitable, en substituant à la logique du secret militaire une logique de responsabilité sanitaire et environnementale.

1 Instaurer une obligation de transparence sur les zones de frappe : L'instauration d'une obligation légale, et non plus d'une simple incitation, pour les États utilisateurs de communiquer systématiquement les données précises de leurs frappes (coordonnées géographiques exactes, quantité et type de munitions) s'impose comme une mesure fondamentale. Cette communication doit être adressée non seulement aux gouvernements des États affectés, mais aussi aux agences internationales compétentes, au premier rang desquelles le Programme des Nations Unies pour l'Environnement (PNUE) et l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS). Cette transparence est la condition *sine qua non* à toute action post-conflit efficace : elle seule permet de cartographier les risques, de cibler les programmes de surveillance environnementale (échantillonnages d'eau et de sol), de protéger les populations civiles en marquant et en interdisant l'accès aux zones les plus contaminées, et d'organiser rationnellement les complexes et coûteuses opérations de décontamination (Dorsouma Bouchard, 2006, p. 11, ETOGA, p. 13). En l'absence de ces données les populations locales et les personnels de déminage sont exposés à une menace invisible, et les efforts de remédiation sont condamnés à être partiels et inefficaces. Déjà encouragée par plusieurs résolutions non contraignantes de l'Assemblée générale de l'ONU, cette mesure doit évoluer vers une norme contraignante du droit des conflits armés, intégrée par exemple dans un nouveau protocole à la Convention sur certaines armes classiques (CCW).

2 Créer un observatoire international indépendant : S'inspirant des propositions formulées à l'échelle nationale, notamment en France où la mission d'information parlementaire avait recommandé la « création d'un observatoire permanent de surveillance des militaires et anciens militaires » (Lesna-2004, p. 36), la mise en place d'une structure internationale permanente et indépendante est préconisée. Financé par des contributions internationales échappant au contrôle direct des États utilisateurs, cet observatoire aurait un triple mandat. Premièrement, il serait chargé de conduire et de centraliser des études épidémiologiques longitudinales sur la santé des vétérans et des populations civiles exposées, en appliquant des protocoles standardisés pour garantir la comparabilité des données entre les différents théâtres d'opérations.

3 Deuxièmement, il superviserait des programmes de surveillance environnementale à long terme. Troisièmement, il servirait de plateforme de validation et de diffusion de l'information scientifique, afin de contrer la désinformation. Une telle structure, en garantissant l'indépendance de l'expertise vis-à-vis des institutions militaires et des complexes industriels, permettrait de dépasser la polarisation stérile entre les expertises officielles, souvent accusées de partialité, et les contre-expertises militantes, parfois critiquées pour leur manque de rigueur. Elle serait un gage de crédibilité essentiel pour restaurer la confiance des populations affectées (Lesna-2004, p. 40).

4 Financer une recherche pluridisciplinaire sur les effets combinés : La recherche scientifique doit impérativement sortir du paradigme monofactoriel qui a jusqu'ici caractérisé le débat. La focalisation sur la preuve d'un lien de causalité direct et unique entre l'exposition à l'UA et une pathologie spécifique s'est heurtée à ce que le professeur Salamon a qualifié d' « impossible réfutation » : un statisticien ne peut jamais prouver l'inexistence d'un phénomène, seulement son incapacité à l'observer. Cette exigence de preuve absolue, dans le contexte d'une « guerre poly contaminante » comme celle du Golfe, est une impasse méthodologique qui sert objectivement une stratégie d'inaction. Il est donc recommandé de financer des recherches adoptant une approche holistique de l'exposome de guerre, c'est-à-dire l'étude des effets synergiques et cumulatifs de l'exposition à l'UA avec d'autres agents toxiques présents sur le champ de bataille (fumées des puits de pétrole, métaux lourds issus d'autres munitions, résidus chimiques). Comprendre comment l'UA interagit avec d'autres facteurs de stress environnementaux et physiologiques est scientifiquement plus pertinent et permettra de mieux évaluer les risques sanitaires globaux pour les écosystèmes et les populations.

Axe 2 : Établir un Cadre Juridique et Normatif Robuste

Face à la « zone grise juridique » et à l'insuffisance du droit international existant (Massa-2023, p. 73), le développement de normes claires et contraignantes est essentiel pour encadrer l'usage potentiel des armes à l'UA et la gestion de leurs conséquences.

5 Inverser la charge de la preuve par l'application systématique du principe de précaution : La recommandation la plus structurante est une réorientation fondamentale du paradigme juridique. Il faut cesser d'exiger des victimes des « preuves scientifiques irréfutables de la dangerosité » de ces armes, comme le formule paradoxalement une résolution du Parlement européen qui vide ainsi son propre appel à l'interdiction de sa substance (Massa-2023, p. 80). Cette exigence est une manœuvre rhétorique qui rend toute régulation impossible. Il convient d'y substituer une application rigoureuse du principe de précaution. Tel que consacré dans le droit français par la loi Barnier de 1995, ce principe stipule que « l'absence de certitudes, compte tenu des connaissances scientifiques et techniques du moment, ne doit pas retarder l'adoption de mesures effectives et proportionnées visant à prévenir un risque de dommages graves et irréversibles » (Lesna-2004, p. 54). Appliqué au domaine militaire il implique une inversion de la charge de la preuve (Lesna-2004, p. 55) : il incomberait aux États utilisateurs de fournir des garanties robustes sur l'innocuité à long terme de ces armes avant de les déployer. En l'absence de telles garanties, la précaution impose, a minima, un moratoire et la mise en œuvre de mesures de gestion préventive des risques. Cette approche reconnaît la complexité de la causalité et le paradoxe souligné par Philippe Mongin, selon lequel la précaution « incite à modifier des causes dont on admet qu'elles ne sont peut-être pas les bonnes, pour empêcher des effets dont on ne sait pas décider s'ils sont néfastes ou non » (Lesna-2004, p. 56). C'est un choix éthique et politique qui privilégie la protection de la santé humaine et de l'environnement face à une incertitude scientifique persistante.

6 Définir des normes internationales de décontamination et de santé publique : Pour rendre les obligations de remédiation opérationnelles, il est impératif d'établir, sous l'égide d'organismes comme l'OMS et l'Agence Internationale de l'Énergie Atomique (AIEA), des seuils de contamination clairs, chiffrés et juridiquement contraignants. Ces normes devraient couvrir à la fois la toxicité chimique et radiologique. Pour la qualité de l'eau potable, une valeur limite contraignante pour l'uranium pondéral, s'inspirant par exemple de la valeur guide provisoire de 30 µg/L de l'OMS (Caamaño et al., 2012, p. 13), devrait être adoptée internationalement. Pour la radioprotection, des limites de dose efficace annuelle pour le public (par exemple 1 mSv/an en supplément du rayonnement naturel (LE SCANDALE DU STOCKAGE D'OXYDE-2023, p. 3) et des contraintes de dose plus strictes par source ou par site (par exemple 0,3 mSv/an par « pratique » comme le recommande le NRPB britannique (LE SCANDALE DU STOCKAGE D'OXYDE-2023, p. 6) doivent être définies pour les zones post-conflit. L'existence de telles normes fournirait un cadre objectif et non négociable pour déclencher et évaluer les opérations de décontamination (marquage, retrait des pénétrateurs, confinement des sites (Barrillot-2001, p. 102) et pour mettre fin à l'arbitraire qui prévaut actuellement, où chaque situation est gérée au cas par cas et souvent de manière lacunaire (None-2022, p. 242).

7 Reconnaître la contamination par l'UA comme un dommage de guerre : le droit international doit évoluer pour reconnaître explicitement la contamination environnementale étendue et durable causée par des munitions à l'UA comme un dommage de guerre engageant la responsabilité de l'État utilisateur. Cette qualification s'appuierait sur les principes déjà existants mais trop peu appliqués du Protocole Additionnel I aux Conventions de Genève et de la Convention ENMOD, qui interdisent les méthodes de guerre causant des dommages « étendus, durables et graves » à l'environnement (Dorsouma Bouchard, 2006, p. 7). Une telle reconnaissance aurait une double portée. Juridiquement, elle créerait une base légale solide pour exiger des réparations destinées à financer intégralement les opérations de nettoyage et les programmes de santé publique, appliquant le principe du « pollueur-payeur » au champ de bataille. Stratégiquement, elle constituerait un puissant facteur de dissuasion, en internalisant les coûts environnementaux et sanitaires dans le calcul stratégique des États avant tout emploi de ces armes.

Axe 3 : Promouvoir la Responsabilité et les Alternatives

Enfin, une approche proactive est indispensable pour encourager l'abandon progressif de ces armes, non seulement par la contrainte juridique, mais aussi par l'incitation économique et l'innovation technologique.

8 Intégrer les coûts du cycle de vie dans le choix des armements : L'avantage perçu de l'UA réside dans son coût d'acquisition quasi nul, puisqu'il s'agit d'un déchet valorisé de l'industrie nucléaire. Ce calcul économique est profondément fallacieux car il ignore la totalité des externalités négatives différées dans le temps. Il est donc préconisé que les processus d'acquisition militaire intègrent obligatoirement une analyse des coûts complets du cycle de vie. Cette analyse doit inclure une estimation rigoureuse des dépenses futures : la surveillance environnementale à très long terme, la décontamination complexe des sols et des infrastructures (particulièrement en zone urbaine), le traitement et le stockage sécurisé des déchets contaminés (terres, ferrailles), et le financement des systèmes de santé pour la prise en charge des pathologies potentiellement liées à l'exposition. En internalisant ces coûts exorbitants, la prétendue « économie » réalisée à l'achat disparaît, révélant l'UA pour ce qu'il est : un passif financier, sanitaire et écologique majeur. Cette comptabilité intégrale réduirait drastiquement son attractivité et rendrait les alternatives technologiques plus compétitives.

9 Soutenir activement les alternatives technologiques et doctrinales : Le « verrouillage technologique » en faveur de l'UA ne pourra être surmonté que par une volonté politique forte. Il est recommandé que les États, en particulier ceux qui se sont déjà prononcés en faveur d'un moratoire ou d'une interdiction, créent un fonds international ou réorientent leurs budgets de recherche et développement pour accélérer la mise au point d'alternatives. Cela inclut le perfectionnement des alliages de tungstène pour améliorer leurs performances terminales, mais aussi, et peut-être surtout, la promotion des changements doctrinaux qui rendent la capacité de perforation absolue moins centrale. Investir dans les technologies de furtivité, la mise en réseau du champ de bataille et l'intelligence situationnelle, comme l'illustre le développement de blindés hybrides, représente une voie stratégique pour rendre l'UA obsolète, non par substitution mais par changement de paradigme.

10 Renforcer le contrôle démocratique et le rôle de la société civile : La persistance de l'UA dans les arsenaux est en grande partie due au fait que le débat a été confisqué par le « complexe militaro-industriel » et confiné à une sphère d'experts qui présentent la question comme purement « technique » afin d'éluder le débat politique (Barrillot-2001, p. 8). Pour contrer cette dépolitisation, il est essentiel de renforcer les mécanismes de contrôle démocratique. Les parlements nationaux devraient se doter systématiquement d'organes d'évaluation des choix technologiques et scientifiques, sur le modèle de l'Office parlementaire français (OPECST), pour permettre aux élus de porter un jugement éclairé sur les implications globales de ces choix militaires (Barrillot-2001, p. 10). Parallèlement, le rôle des ONG, des associations de vétérans comme Avigolfe, des journalistes d'investigation ou des lanceurs d'alerte comme Thierry Lamireau, doit être protégé et soutenu, car leur mobilisation est un moteur crucial pour maintenir la pression sur les gouvernements et porter la demande d'un moratoire ou d'une interdiction sur la scène politique, comme l'a montré la crise du « syndrome des Balkans » (Lesna-2004, p. 26).

En somme, cet ensemble de recommandations interdépendantes vise à initier une transition. Il s'agit de passer d'un paradigme de l'incertitude tolérée et de la responsabilité diluée à un cadre de gestion des risques fondé sur la précaution, la transparence et l'imputabilité. En agissant simultanément sur les leviers de la connaissance, du droit et de la technologie, la communauté internationale peut progressivement construire une norme robuste de non-utilisation et s'orienter vers des solutions qui assurent la sécurité sans compromettre la santé des générations futures et la viabilité de leur environnement (Leistner, 2023, p. 144).

7.2 Alternatives technologiques

Face aux controverses persistantes et croissantes entourant l'uranium appauvri (UA), la recherche d'alternatives technologiques constitue une voie fondamentale vers une gestion plus responsable des armements. Cette quête, cependant, ne relève pas d'une simple substitution technique ; elle se heurte à des obstacles structurels profonds, à la fois tactiques, économiques et doctrinaux, qui expliquent la persistance de l'UA dans les arsenaux modernes. Comme analysé en détail aux chapitres 2.1 et 5.2, l'emploi de ces munitions s'est imposé grâce à une combinaison singulière et difficilement réplicable : d'une part, une supériorité balistique indéniable, matérialisée par le phénomène de cisaillement adiabatique qui confère au projectile une capacité d'auto-affûtage unique lors de la pénétration ; d'autre part, un coût de production exceptionnellement faible, qui transforme un déchet radioactif et toxique, coûteux à stocker, en un atout stratégique. Toute solution de remplacement doit donc, pour être jugée viable, rivaliser sur ces deux plans, un défi qui a engendré un véritable « verrouillage technologique » au sein des complexes militaro-industriels. La technologie, qui par son développement a produit ce risque d'une nature nouvelle où elle « infiltre le corps pour le détruire » (Lesna-2004, p. 66), est ainsi sollicitée pour y remédier, ce qui impose une réflexion dépassant le cadre réducteur de la substitution matérielle.

Historiquement, l'alternative la plus étudiée consiste en l'emploi d'alliages à base de tungstène. Ce métal, d'une densité proche de celle de l'uranium, est le principal et presque unique concurrent pour la fabrication de pénétrateurs à énergie cinétique. Il présente toutefois des performances balistiques que les états-majors considèrent comme inférieures. Contrairement à l'UA, qui conserve une forme pointue en perdant de la matière par « copeaux » lors de l'impact, le tungstène a tendance à se déformer plastiquement et à s'émousser, formant une tête de « champignon ». Ce comportement diminue son efficacité terminale, réduisant la profondeur de pénétration dans les blindages composites modernes. Bien que des recherches continues visent à améliorer les alliages de tungstène pour pallier ce défaut, l'avantage tactique de l'UA demeure, dans l'esprit des planificateurs militaires, un argument décisif. De surcroît, l'obstacle économique est considérable. Le tungstène est un métal relativement rare, dont l'extraction, la purification et la mise en forme sont des processus énergivores et onéreux. Son coût est sans commune mesure avec celui de l'uranium appauvri, disponible en abondance et quasiment gratuit pour l'industrie de l'armement. Cet écart financier contredit directement la logique économique qui sous-tend l'emploi de l'UA, promu par les industriels avec des arguments de rentabilité comme « létal, compact, bon marché, disponible ». Par conséquent, le débat focalisé sur le tungstène, bien que techniquement pertinent, maintient la réflexion dans un cadre restreint de substitution matérielle, sans remettre en cause la doctrine d'emploi qui justifie le besoin de telles capacités de perforation.

Une approche plus novatrice, et potentiellement plus transformatrice, consiste à opérer un changement de paradigme doctrinal. Plutôt que de s'enfermer dans une course à la perforation toujours plus grande, cette nouvelle perspective déplace l'axe de la supériorité militaire de la puissance de feu brute vers l'intelligence situationnelle, la mise en réseau et la furtivité. L'objectif n'est plus de garantir la destruction d'un blindé adverse après l'avoir engagé, mais d'éviter l'engagement lui-même en n'étant pas détecté. C'est dans ce cadre que s'inscrivent les développements récents en matière de propulsion hybride pour les véhicules de combat. Des programmes emblématiques comme celui du véhicule blindé multi-rôle (VBMR) Griffon en France, ou les essais concluants menés par le constructeur Arquus sur son démonstrateur VAB Mk3 Electer, illustrent cette tendance de fond (Nicolas-2023, p. 67).

Cette technologie redéfinit les conditions du combat terrestre en offrant des avantages tactiques majeurs. La capacité de se déplacer sur plusieurs kilomètres en mode « tout électrique » confère au véhicule une discrétion sonore et une signature thermique considérablement réduites. Cette furtivité permet des manœuvres jusqu'alors impossibles, comme une « approche finale de la cible en mode furtif » (Nicolas-2023, p. 67), des phases de surveillance (« silent watch ») sans émission thermique ou sonore du moteur principal, ou des infiltrations silencieuses en zone ennemie. Dans cette configuration, la survie sur le champ de bataille ne dépend plus uniquement de l'épaisseur et de la composition du blindage, mais de la capacité à maîtriser l'information et à échapper à la détection des systèmes adverses. L'hybridation apporte en outre des bénéfices secondaires substantiels : un surplus de puissance instantané, une résilience accrue grâce à la redondance des systèmes de propulsion, et une réduction significative de la consommation énergétique, allégeant ainsi la lourde empreinte logistique des forces blindées (Nicolas-2023, p. 67). Cette évolution stratégique, si elle se généralise à l'ensemble des parcs blindés, pourrait à terme relativiser l'importance de la capacité de perforation absolue des munitions. Si la cible ne peut être acquise, la nature du pénétrateur devient une question secondaire. La dépendance à des matériaux aussi extrêmes et controversés que l'uranium appauvri pourrait ainsi être réduite non pas par substitution, mais par obsolescence doctrinale.

Toutefois, une telle transition doctrinale et technologique fait face à des résistances systémiques considérables. Elle se heurte d'abord à l'inertie du complexe militaro-industriel. Des décennies d'investissements ont créé un écosystème entier – chaînes d'approvisionnement, usines spécialisées, centres de recherche, compétences humaines – entièrement dédié à la filière de l'UA. Comme le souligne l'analyse des pratiques de désinformation, les « décideurs politiques s'appuient sur les experts du complexe militaro-industriel » (Barrillot-2001, p. 8), qui ont tout intérêt à pérenniser cette technologie

en minimisant ses dangers. La posture officielle de nombreux États utilisateurs, qui exigent des « preuves scientifiques irréfutables » de la dangerosité de ces armes avant d'envisager un moratoire ou une interdiction (Massa-2023, p. 80), constitue un second obstacle majeur. Cette exigence de certitude absolue est une stratégie rhétorique qui inverse la charge de la preuve et ignore délibérément la complexité des environnements post-conflit, où l'établissement d'un lien de causalité direct est quasi impossible. Cette position, comme l'exprimait le général Pierre-Marie Gallois, maintient une « ambiguïté qui est scandaleuse » sur la nature réelle de ces armes et de leurs effets (Barrillot-2001, p. 108). Enfin, l'obstacle financier est immense.

La transition vers de nouvelles technologies représente un coût colossal, non seulement en recherche et développement, mais aussi en démantèlement des filières existantes et en reconversion des infrastructures. La question rhétorique se pose alors : « Pourquoi investir dans un domaine où tout risque de pollution et donc toute nécessité de récupération ont été exclus ? » (None-2022, p. 244). Tant que le risque associé à l'UA est officiellement minimisé, l'incitation à investir massivement dans des alternatives reste faible.

Face à ces forces d'inertie, le principal moteur du changement réside dans l'application rigoureuse du principe de précaution. Né dans les années 1970 en réponse aux risques environnementaux émergents, ce principe stipule que « l'absence de certitudes, compte tenu des connaissances scientifiques et techniques du moment, ne doit pas retarder l'adoption de mesures effectives et proportionnées visant à prévenir un risque de dommages graves et irréversibles à l'environnement » (Lesna-2004, p. 54).

Il impose une inversion de la logique d'attente et de déni, en exigeant une action préventive face à une menace plausible, même si elle n'est pas scientifiquement quantifiée avec certitude. Ce principe est de plus en plus soutenu par une prise de conscience, même au sein des institutions militaires, des impacts stratégiques de la dégradation environnementale.

L'expérience de conflits passés, comme la guerre du Viêtnam où la défoliation massive a durablement affecté l'opinion publique internationale, a montré que l'environnement n'est plus un simple théâtre d'opérations, mais un enjeu politique et stratégique à part entière (Boulanger, 2011, p. 1). Enfin, cette évolution s'inscrit dans un cadre éthique plus large, qui interroge la finalité même du progrès technologique.

Face à des techniques dont le potentiel destructeur peut avoir des conséquences irréversibles pour les écosystèmes et les générations futures, des penseurs comme Hans Jonas plaident pour une « éthique de la conservation, de la préservation et de l'empêchement, plutôt qu'une éthique du progrès et du perfectionnement » (Leistner, 2023, p. 155). Il ne s'agit pas de rejeter la technologie, mais de la réorienter vers des finalités qui prennent en compte la vulnérabilité de l'homme et de son environnement.

En définitive, si des alternatives technologiques à l'uranium appauvri existent et sont en développement, leur déploiement effectif est moins conditionné par une percée matérielle imminente que par une volonté politique et stratégique de redéfinir les critères de l'efficacité militaire.

La transition d'une logique de surpuissance perforante vers une doctrine de furtivité et d'intelligence informationnelle représente la voie la plus prometteuse pour rendre obsolète une technologie dont les coûts sanitaires et environnementaux à long terme apparaissent de plus en plus insoutenables.

Une telle évolution exige de dépasser les intérêts industriels à court terme et la rhétorique du doute scientifique pour embrasser une vision de la sécurité qui intègre pleinement la responsabilité intergénérationnelle et la préservation des conditions de vie sur les territoires affectés par les conflits.

7.3 Efforts de régulation et moratoire

Face à l'impasse juridique concernant une interdiction formelle des armes à l'uranium appauvri (UA) et l'absence de traité spécifique les régissant, la mobilisation de la société civile et de certains États a convergé vers un objectif plus pragmatique et politiquement réalisable à court terme : l'instauration d'un moratoire sur leur production, leur transfert et leur utilisation. Cette stratégie, largement inspirée par le succès de la campagne internationale ayant abouti au Traité d'Ottawa sur les mines antipersonnel, visait à contourner le débat technique et juridique complexe sur la classification de ces armements comme non conventionnels (Lesna-2004, p. 53, Lesna-2004, p. 53). En effet, les tentatives de les faire entrer dans le champ de la Convention sur certaines armes classiques (CCW) de 1980 ou du Protocole additionnel I de 1977 se heurtaient à des obstacles d'interprétation et à la réticence des puissances militaires (Massa-2023, p. 27). Le moratoire représentait donc une solution d'attente stratégique, conçue pour geler le déploiement de ces armes dans l'attente d'une évaluation exhaustive et indépendante de leurs conséquences sanitaires et environnementales à long terme. Il s'agissait de déplacer une controverse initialement confinée aux sphères scientifiques et militaires sur le terrain diplomatique, en créant une norme politique de non-utilisation avant même l'existence d'une interdiction légale contraignante.

Au début des années 2000, l'Europe est devenue l'arène principale de ce débat, catalysé par l'onde de choc médiatique et politique du « syndrome des Balkans ». Contrairement au « syndrome de la guerre du Golfe », qui était resté relativement circonscrit, la controverse des Balkans a provoqué un effet domino à l'échelle continentale, chaque pays membre de l'OTAN ayant participé aux opérations commençant à s'inquiéter pour la santé de ses propres soldats. L'Italie, dont les contingents comptaient de nombreuses victimes potentielles, a assumé un rôle de premier plan en portant la question au plus haut niveau institutionnel. Dès le début du mois de janvier 2001, le gouvernement italien a officiellement interpellé l'OTAN pour exiger la vérité et a porté la demande de moratoire au sein des instances européennes (Lesna-2004, p. 26). Cette démarche a créé une fissure politique au sein même de l'Alliance atlantique, transformant une crise sanitaire en un enjeu de confiance et de transparence entre alliés. Le Président de la Commission européenne d'alors, Romano Prodi, a soutenu cette démarche en évoquant une interdiction formelle si les risques étaient avérés et en convoquant un comité d'experts pour évaluer la situation (Lesna-2004, p. 26).

L'action la plus significative est cependant venue du Parlement européen qui, agissant comme la conscience politique du continent, a rapidement adopté une résolution appelant à un moratoire. Bien que non contraignant, cet acte a eu un poids symbolique considérable, car il alignait une institution démocratique majeure sur la principale revendication des ONG et augmentait la pression sur les exécutifs nationaux et les instances de l'OTAN (Lesna-2004, p. 26).

L'argumentaire en faveur d'un moratoire s'est largement et quasi exclusivement articulé autour du principe de précaution. Ce principe, né dans le droit de l'environnement dans les années 1970 et consacré en France par la loi Barnier de 1995, stipule que « l'absence de certitudes, compte tenu des connaissances scientifiques et techniques du moment, ne doit pas retarder l'adoption de mesures effectives et proportionnées visant à prévenir un risque de dommages graves et irréversibles » (Lesna-2004, p. 54, Lesna-2004, p. 54). Face à l'incertitude scientifique persistante quant aux effets génotoxiques et radiologiques à faible dose de l'UA, les partisans d'une suspension soutenaient que l'inaction n'était pas une option. Selon cette logique, le simple soupçon de dommages graves et irréversibles pour la santé des populations civiles et des militaires, ainsi que pour l'environnement, justifiait la cessation de l'emploi de ces armes (Lesna-2004, p. 55). Des figures politiques, comme l'eurodéputé Paul Lannoye, ont ainsi explicitement qualifié le rejet de la proposition italienne par l'OTAN de décision « contraire au principe de précaution » (Lesna-2004, p. 55, Lesna-2004, p. 55). L'invocation de ce principe était une manœuvre conceptuelle radicale, car elle visait à l'appliquer au domaine militaire, un champ traditionnellement gouverné par le calcul du risque et la nécessité opérationnelle plutôt que par l'anticipation des dommages différés et incertains.

Cela revenait à inverser la charge de la preuve : il ne revenait plus aux victimes de démontrer de manière irréfutable la nocivité de l'arme, mais à ses utilisateurs de garantir son innocuité à long terme, une exigence quasiment impossible à satisfaire. La démarche soulevait cependant les paradoxes inhérents à ce principe, qui, comme le souligne Philippe Mongin, « incite à modifier des causes dont on admet qu'elles ne sont peut-être pas les bonnes, pour empêcher des effets dont on ne sait pas décider s'ils sont néfastes ou non » (Lesna-2004, p. 56, Lesna-2004, p. 56).

Cette dynamique politique et éthique s'est toutefois heurtée à une vive résistance des puissances militaires et des institutions de défense, déterminées à préserver ce qu'elles considéraient comme un avantage technologique majeur. L'OTAN, bien que contrainte par la pression politique de mettre en place un comité spécial d'étude pour regagner une crédibilité entamée, a fermement rejeté la demande de moratoire formulée par l'Italie (Lesna-2004, p. 26). Pour justifier son refus, l'Alliance a avancé l'argument d'un « moratoire de fait », soutenant qu'une interdiction formelle était inutile puisque ces munitions n'étaient pas employées au moment du débat. Cette manœuvre rhétorique permettait d'esquiver la question de fond et d'éviter de créer un précédent contraignant qui limiterait la liberté d'action future de ses membres. De même, des États possesseurs comme la France ont adopté une position ambiguë mais révélatrice. Tout en affirmant ne pas utiliser leurs stocks d'armes à l'UA, les autorités françaises se sont déclarées « hostiles à un moratoire sur leur emploi » (Lesna-2004, p. 26). Cette posture illustre la volonté stratégique de ne pas renoncer à une capacité militaire jugée efficace et économique, malgré les controverses. La résistance de ces acteurs s'inscrivait dans une stratégie de communication plus large, qualifiée de « désinformation » par ses critiques, visant à déclassifier l'UA de la catégorie des matières nucléaires et à en minimiser les risques en insistant sur le qualificatif rassurant d'« appauvri » (Barrillot-2001, p. 8). Le refus du moratoire était donc un acte politique essentiel pour maintenir le « bouclier discursif » protégeant l'arme de toute régulation. Le refus des principales puissances militaires a ainsi paralysé toute avancée concrète au sein de l'Alliance atlantique et du Conseil de l'Union européenne, qui a remis sa décision en attendant les résultats des travaux des diverses organisations internationales (Lesna-2004, p. 26).

L'échec relatif au niveau européen et au sein de l'OTAN a contribué à déplacer le centre de gravité du débat vers les Nations Unies, offrant une plateforme d'envergure mondiale où les voix des pays non-utilisateurs et affectés pouvaient se faire entendre avec plus de poids. À partir de 2007, une coalition d'États, menée par le Mouvement des non-alignés, est parvenue à faire adopter plusieurs résolutions successives par la Première Commission (Désarmement et sécurité internationale) et l'Assemblée générale des Nations Unies. La résolution A/RES/62/30 de 2007 fut la première d'une longue série, adoptée à une large majorité malgré l'opposition des principaux États utilisateurs (États-Unis, Royaume-Uni, France, Israël). Bien que juridiquement non contraignantes, ces résolutions ont une portée politique et normative considérable. Elles reconnaissent officiellement les « sérieuses préoccupations » de la communauté internationale concernant les impacts sanitaires et environnementaux potentiels de l'UA (Massa-2023, p. 80). De plus, elles invitent les États ayant utilisé ces armes à communiquer aux gouvernements des pays affectés des informations détaillées sur les zones de frappe, afin de faciliter les évaluations des risques et les opérations de décontamination. En institutionnalisant le débat au plus haut niveau multilatéral, ces résolutions ont inscrit durablement la question à l'agenda international du désarmement, augmentant le coût réputationnel et politique associé à l'emploi de ces armes et contribuant à la construction progressive d'une norme de non-utilisation (Massa-2023, p. 63).

En dépit de ces avancées diplomatiques significatives, les efforts de régulation butent sur une contradiction fondamentale qui maintient un statu quo précaire. D'une part, le principe de précaution est invoqué pour justifier une action préventive face à l'incertitude scientifique. D'autre part, les opposants à toute forme de régulation contraignante continuent d'exiger des « preuves scientifiques irréfutables » de la dangerosité de ces armes, un seuil probatoire particulièrement difficile, voire impossible, à atteindre dans les conditions chaotiques des contextes post-conflit.

Cette exigence est d'ailleurs implicitement présente au cœur même des institutions qui se sont montrées les plus critiques. Une résolution du Parlement européen de 2008, par exemple, tout en se prononçant pour une interdiction, conditionne l'élaboration d'un traité international à l'hypothèse « où il y aurait des preuves scientifiques irréfutables de la dangerosité de ces armes » (Massa-2023, p. 80). Cette clause restrictive, qui fait écho à l'argumentaire des États utilisateurs, vide en partie la résolution de sa portée politique et illustre le compromis boiteux entre la pression de l'opinion publique et les impératifs stratégiques. Il en résulte une impasse épistémologique et politique : la science, au lieu d'être un arbitre neutre, est devenue un champ de bataille où l'absence de certitude est instrumentalisée pour justifier l'inaction. En conclusion, bien que la mobilisation internationale ait réussi à imposer une stigmatisation politique durable des armes à l'UA et à faire du moratoire un objectif central du débat sur le désarmement, sa traduction en une norme juridique contraignante demeure paralysée par cette « bataille de l'expertise » et par la résistance inflexible des États qui entendent conserver cette technologie dans leurs arsenaux.

Conclusion

Au terme de cette étude, ce chapitre conclusif synthétise les résultats de ce mémoire et apporte une réponse étayée à la problématique centrale : l'examen de l'utilisation des armes à l'uranium appauvri (UA) dans les conflits mondiaux, leurs impacts multidimensionnels et les controverses qu'elles suscitent, en vue de formuler des recommandations pour une gestion responsable. Cette démarche a nécessité une approche interdisciplinaire, croisant l'analyse technique, environnementale, juridique et géopolitique pour saisir l'objet dans toute sa complexité et comprendre les mécanismes qui perpétuent son déploiement malgré une prise de conscience croissante des risques.

L'analyse a démontré que l'usage persistant de ces munitions résulte d'une tension dialectique entre l'efficacité tactique alléguée par les États utilisateurs et l'héritage toxique et durable qu'elles imposent aux territoires et aux populations. Cette persistance est favorisée par une rhétorique de déclassification qui, en présentant l'UA comme une technologie conventionnelle, a servi à masquer la portée de ses effets à long terme (Barrillot-2001, p. 8). Cette opacité entretenue, couplée à l'exigence récurrente de « preuves scientifiques irréfutables » de leur dangerosité, a créé une zone grise normative. Il en découle une ambiguïté qui met en échec les principes fondamentaux du droit international humanitaire, notamment l'interdiction des maux superflus et la distinction entre combattants et civils. En effet, les seuils de dommages « étendus, durables et graves » prévus par des instruments comme le Protocole additionnel I se révèlent difficiles à invoquer de manière concluante, laissant ces armes dans une situation de légalité contestée mais non résolue.

Pour articuler la réponse finale à notre problématique, cette conclusion s'organise en deux parties interdépendantes. La première section, « Synthèse des findings », consolide les principaux résultats relatifs aux propriétés de l'UA, à la gravité de la contamination environnementale qui transforme les champs de bataille en zones de sacrifices post-conflictuels, aux incertitudes scientifiques alimentant une controverse durable sur la prépondérance des risques chimiques ou radiologiques, à la complexité des débats éthico-juridiques, et aux dynamiques géopolitiques qui expliquent la continuité de leur emploi, notamment les intérêts stratégiques et industriels des États producteurs (Lesna-2004, p. 82). Cette synthèse dresse un bilan exhaustif des conséquences à court et long terme de ces armements.

S'appuyant sur ce diagnostic, la seconde section, « Perspectives futures », adopte une démarche prospective. Elle explore les leviers d'action pour surmonter l'inertie institutionnelle, en évaluant le potentiel des efforts de régulation, la pertinence du principe de précaution (Barrillot-2001, p. 10) comme outil éthique et juridique pour inverser la charge de la preuve, et la viabilité des alternatives technologiques qui remettent en cause l'argument de la nécessité militaire. Rappelant que l'environnement n'est pas une abstraction mais l'espace vital dont dépend la santé des générations présentes et futures (Massa-2023, p. 3), cette partie finale achève la démarche analytique de ce mémoire en esquissant des pistes d'action réalistes et en soulignant les responsabilités qui incombent à la communauté internationale face à cet héritage toxique de la guerre moderne.

8.1 Perspectives futures

Loin de constituer une fatalité technologique ou une simple note de bas de page de l'histoire militaire, l'avenir des armes à l'uranium appauvri (UA) agit comme un test révélateur pour la capacité de la communauté internationale à gérer les risques complexes et différés de ses propres innovations. En se fondant sur la synthèse des blocages systémiques et sur les recommandations formulées, il est possible d'esquisser trois trajectoires prospectives et interdépendantes qui structureront l'avenir de cette controverse : une maturation normative et éthique, une potentielle obsolescence technologique, et une bataille sociétale pour la mémoire et la transparence.

La première perspective, sans doute la plus fondamentale, concerne l'évolution du cadre normatif et éthique. Face à la « zone grise juridique » qui a permis l'usage de ces armes, une des évolutions les plus probables, quoique lente, réside dans le basculement du paradigme de la preuve. Il s'agira de dépasser l'exigence d'une preuve scientifique irréfutable du danger – une impasse méthodologique qui, comme l'analyse l'a montré, est instrumentalisée pour favoriser l'inaction – pour intégrer de manière robuste le principe de précaution dans le droit des conflits armés. Cette transition, qui implique une inversion de la charge de la preuve, s'enracine dans une maturation éthique dont l'« heuristique de la peur » de Hans Jonas fournit un cadre philosophique : non une crainte paralysante, mais un outil cognitif rationnel qui impose d'anticiper le pire scénario face à une technologie aux effets potentiellement graves et irréversibles (Leistner, 2023, p. 155 et 156). Cette trajectoire trouve un écho puissant dans la reconnaissance que « l'environnement n'est pas une abstraction, mais bien l'espace où vivent les êtres humains et dont dépendent la qualité de leur vie et leur santé, y compris pour les générations à venir » (Massa-2023, p. 3). Cette affirmation de la Cour Internationale de Justice n'est pas seulement déclaratoire ; elle préfigure une obligation juridique et morale qui conteste la primauté de la nécessité militaire à court terme sur la viabilité environnementale à long terme. L'enjeu de l'UA pourrait ainsi catalyser une convergence entre le droit international humanitaire et le droit de l'environnement, en consacrant la responsabilité des États non seulement envers les populations contemporaines, mais aussi envers celles qui hériteront de terres durablement contaminées.

La deuxième trajectoire est celle de l'obsolescence technologique et stratégique. Au-delà du seul encadrement normatif, l'abandon progressif de l'UA dépendra de sa perte de pertinence sur le champ de bataille. Cette évolution pourrait suivre deux voies complémentaires : d'une part, la recherche et le développement d'alternatives directes, comme les alliages de tungstène ; d'autre part, et de manière plus structurelle, une évolution des doctrines militaires elles-mêmes. L'investissement dans des capacités de furtivité, de guerre en réseau, d'intelligence artificielle et de munitions de précision pourrait rendre la confrontation brute entre blindages de plus en plus anachronique. Si la guerre de demain repose moins sur la capacité à perforer à tout prix et davantage sur l'information et l'évitement du contact direct, l'avantage tactique de l'UA s'érodera naturellement. Cette perspective représente cependant un défi direct à la rationalité économique et à l'inertie du complexe militaro-industriel, qui a transformé un déchet nucléaire en ressource stratégique (Barrillot-2001, p. 8). Le « verrouillage technologique » est renforcé par des chaînes d'approvisionnement établies, des doctrines ancrées et une symbiose économique entre les industries nucléaires civile et militaire. L'avenir dépendra donc d'un choix politique clair : maintenir ce statu quo avantageux à court terme ou investir activement dans un changement de paradigme qui rendrait l'UA obsolète, tant sur le plan technique que doctrinal.

La troisième perspective, enfin, est d'ordre sociétal et informationnel. L'UA lègue un héritage toxique, transformant les zones de conflit en « bombes écologiques à retardement » (None-2022, p. 244). Le défi majeur des décennies à venir sera de lutter contre l'« oubli » sociétal et institutionnel (None-2022, p. 249), une fois dissipée la polémique médiatique, souvent cyclique et superficielle (Lesna-2004, p. 70). Cet oubli est d'autant plus probable que le danger, après le conflit, devient une « menace invisible » (Lesna-2004, p. 75) qui se diffuse silencieusement dans les sols, les eaux et la chaîne alimentaire. La persistance de l'attention et de l'action dépendra de la vitalité de la société civile, des associations de vétérans, du journalisme d'investigation et du contrôle démocratique exercé par les parlements.

Leur rôle est essentiel pour contrer la dépolitisation du débat, où la question est délibérément présentée comme purement « technique » pour en exclure le citoyen (Barrillot-2001, p. 8). L'avenir exigera la mise en place de structures pérennes, tel l'observatoire international indépendant recommandé, capables de maintenir une surveillance à long terme et de construire une mémoire institutionnelle. Cette bataille pour la transparence et contre l'amnésie est cruciale, car elle conditionne la mise en œuvre de toute politique de remédiation et garantit que l'empreinte pérenne (Leistner, 2023, p. 8) laissée par ces armes sur l'environnement et les corps ne soit pas effacée de la conscience collective.

En définitive, les perspectives de l'uranium appauvri transcendent la question d'une simple munition pour interroger notre modèle de société. Elles posent la question fondamentale de la justification du risque militaire lorsque ses conséquences sont dispersées sur des populations civiles et des générations futures qui n'en retirent aucun bénéfice direct et pour qui l'intérêt militaire est difficilement recevable (Lesna-2004, p. 82). L'histoire de l'UA est celle d'un choix technologique dont les implications dépassent ses concepteurs, brouillant les frontières entre le temps de la guerre et celui de la paix, et confirmant le sentiment qu'aujourd'hui, la guerre « n'est plus possible par tous les moyens » (Lesna-2004, p. 82). L'arbitrage entre l'efficacité tactique à court terme et la responsabilité éthique, sanitaire et environnementale à long terme reste ouvert ; les réponses qui y seront apportées détermineront non seulement le sort de ces armes, mais aussi les contours d'une sécurité internationale plus juste et durable.

8.2 Synthèse des findings

Au terme de cette analyse multidimensionnelle, il apparaît que les armes à l'uranium appauvri (UA) excèdent largement le statut d'une simple innovation technologique dans l'arsenal anti-blindage. Elles incarnent un enjeu paradigmatique des conflits contemporains, cristallisant les tensions fondamentales entre l'efficacité militaire à court terme et la responsabilité environnementale et sanitaire à long terme. Loin d'être un sujet purement technique confiné aux cercles d'experts, l'UA s'est révélé être un puissant analyseur des limites de nos cadres scientifiques, juridiques et éthiques face aux conséquences diffuses, pérennes et incertaines de la guerre moderne.

La synthèse des résultats de cette recherche s'articule autour de trois conclusions interdépendantes et hiérarchisées : elle met d'abord en lumière la nature intrinsèquement paradoxale de l'arme, dont la performance est la source même de sa nocivité ; elle analyse ensuite le rôle central de l'incertitude scientifique comme un champ de bataille politique et un enjeu de pouvoir ; et elle démontre enfin l'existence d'un système robuste et auto-entretenu qui assure la persistance de son usage en dépit de décennies de controverses.

L'analyse a d'abord mis en évidence la dualité fondamentale de l'UA, dont les atouts tactiques sont indissociables de son héritage toxique. Il ne s'agit pas d'un effet secondaire malheureux, mais d'une conséquence directe et inévitable de sa constitution physique. Les deux propriétés qui lui confèrent une capacité de pénétration supérieure à celle de son principal concurrent, le tungstène, sont précisément celles qui génèrent sa menace à long terme. Sa très haute densité, qui concentre une énergie cinétique maximale sur un point d'impact minimal, et son comportement de cisaillement adiabatique, qui lui permet de s'auto-affûter en traversant le blindage, sont aussi les mécanismes qui provoquent la fragmentation du pénétrateur en un aérosol de particules microscopiques. Son caractère pyrophorique, qui ajoute un effet incendiaire dévastateur à l'intérieur de la cible, assure simultanément l'oxydation de ces particules, les rendant plus facilement respirables et biologiquement assimilables. Cette contamination, comme l'ont démontré les études de cas des Balkans à l'Irak, ne se limite ni à l'objectif militaire visé, ni au champ de bataille, ni même à la durée des hostilités (Leistner, 2023, p. 12). L'aérosol se dépose sur de vastes étendues, s'infiltre dans les sols et les nappes phréatiques, et laisse une « empreinte pérenne » (Leistner, 2023, p. 8) qui contamine durablement la chaîne alimentaire. Il en résulte un risque sanitaire chronique pour les populations civiles et les forces de maintien de la paix, notamment une néphrotoxicité avérée due à sa toxicité chimique de métal lourd (Gueguen Rouas, 2012, p. 2, Gueguen Rouas, 2012, p. 11).

Ainsi, l'UA transforme les territoires post-conflit en « bombes écologiques à retardement » (None-2022, p. 244), altérant en profondeur le rapport des sociétés à leur environnement, désormais perçu non plus comme un espace de vie, mais comme une source potentielle et invisible de danger (Leistner, 2023, p. 180). En conséquence, cette arme brouille les distinctions cardinales du droit humanitaire : entre objectif militaire et bien civil, entre combattant et non-combattant, et surtout entre le temps de la guerre et celui de la paix, le conflit se prolongeant sous une forme chimique et radiologique pour des décennies.

Ensuite, cette recherche a démontré que le cœur de la controverse ne réside pas tant dans un savoir scientifique stabilisé que dans la gestion et l'instrumentalisation stratégique de l'incertitude. Le débat sur la dangerosité de l'UA est devenu un champ de bataille politique où le doute n'est pas une lacune à combler mais une ressource à exploiter. D'un côté, les États utilisateurs et les institutions militaires ont systématisé une rhétorique du « risque non avéré ». Ils s'appuient sur l'absence de preuves épidémiologiques irréfutables liant de manière causale l'exposition à l'UA à des pathologies spécifiques, une posture favorisée par la complexité méthodologique inhérente aux environnements post-conflit multi-toxiques, où il est presque impossible d'isoler un seul facteur causal. Cette stratégie se heurte au principe de « l'impossible réfutation » : un statisticien ne peut jamais prouver l'inexistence d'un risque, seulement son incapacité à l'observer dans les conditions de l'étude, une limite épistémologique qui est politiquement transformée en une preuve d'innocuité. Cette position est renforcée par des biais institutionnels patents, comme l'illustre l'inaction de l'Organisation Mondiale de la Santé, dont les travaux ont été critiqués pour leur partialité, s'appuyant sur une sélection de littérature émanant de sources affiliées au Pentagone tout en minimisant la dimension radiologique sous l'influence de l'AIEA (Parsons-2002, p. 4). De l'autre côté, la société civile, les associations de vétérans et les populations locales mobilisent des témoignages, des faisceaux de présomptions et des études préliminaires pour exiger l'application du principe de précaution.

Cette polarisation, amplifiée par des médias qui se focalisent sur la dramaturgie de la controverse avant de se désintéresser des résultats scientifiques, souvent nuancés et complexes (Lesna-2004, p. 70), conduit à une érosion de la confiance publique envers une science perçue comme « incapable d'offrir une solution qui emporte l'adhésion de tous ». Face à cette vacuité, ce mémoire a souligné la pertinence de cadres éthiques, telle l'« heuristique de la peur » de Hans Jonas, qui ne prône pas une crainte paralysante mais un outil cognitif rationnel : l'anticipation du pire scénario, même incertain, doit devenir un guide pour une action morale et préventive face à une technologie aux effets potentiellement graves et irréversibles (Leistner, 2023, p. 155 et 156).

Enfin, la persistance de l'emploi des armes à l'UA n'est ni le fruit du hasard ni d'une simple inertie, mais le résultat d'un système interdépendant, puissant et remarquablement résilient. L'analyse a révélé un « verrouillage » reposant sur trois piliers qui se renforcent mutuellement. Le premier est la rationalité militaire, qui valorise la supériorité tactique immédiate et la protection des forces sur le champ de bataille au détriment de considérations environnementales et sanitaires différées. Le deuxième pilier, et sans doute le plus structurant, est une logique économique implacable qui opère une transformation quasi alchimique : elle convertit un déchet nucléaire abondant, dont la gestion à long terme représente une contrainte environnementale et une charge financière colossale, en une matière première stratégique et quasi gratuite pour le complexe militaro-industriel.

Cette symbiose entre l'industrie nucléaire civile et militaire est soutenue par une stratégie de communication qui vise à déclasser sémantiquement l'UA de la catégorie des matières nucléaires auprès des décideurs politiques, en insistant sur le terme « appauvri » pour occulter sa nature uranique (Barrillot-2001, p. 8). Cette convergence d'intérêts rend toute recherche véritablement indépendante sur le sujet extrêmement difficile, prise en étau entre les lobbies de l'armement et du nucléaire (Mathieu Matieu, 2001, p. 2).

Le troisième pilier est une « zone grise juridique » où les principes fondamentaux du droit international humanitaire se révèlent inadaptés ou inapplicables. Le principe de proportionnalité devient inopérant lorsqu'il est impossible d'évaluer des dommages collatéraux qui se manifesteront des décennies après le conflit. L'interdiction des armes causant des « maux superflus » est contournée en argüant que la toxicité n'est pas le mode d'action principal de l'arme.

Quant aux protections environnementales spécifiques, comme le Protocole Additionnel I, leur seuil de déclenchement (dommages « étendus, durables ET graves ») est si élevé qu'il rend leur application quasi illusoire, créant un vide normatif qui profite aux États utilisateurs (Massa-2023, p. 8).

Les études de cas, de la guerre du Golfe à l'Ukraine, ont illustré la solidité et l'adaptabilité de ce système, qui évolue d'une stratégie de déni initial face au « syndrome du Golfe » à une banalisation de l'usage en Irak et à son instrumentalisation récente dans la guerre de l'information.

En somme, ce mémoire a démontré que l'enjeu de l'uranium appauvri révèle une dissonance profonde entre la logique stratégique des États et le droit des populations, y compris des générations futures, à vivre dans un environnement sain, comme le rappelle pourtant la Cour Internationale de Justice (Massa-2023, p. 3). Le débat, faussement présenté comme technique afin d'en exclure le citoyen, est éminemment politique.

Il interroge la justification même d'un risque dont les bénéfices tactiques sont concentrés entre les mains des armées, tandis que les inconvénients sanitaires et écologiques sont dispersés sur des territoires et des populations qui n'y ont pas consenti et pour qui cet intérêt militaire est difficilement perceptible ou recevable (Lesna-2004, p. 82).

L'histoire de l'UA est celle d'un choix technologique dont les conséquences dépassent largement ses concepteurs, posant la question fondamentale de la prise en compte des risques militaires au sein de sociétés démocratiques et de la possibilité d'une guerre qui ne soit plus menée « par tous les moyens » (Lesna-2004, p. 82).

Elle est, en définitive, une mise en garde contre l'illusion d'une guerre technologique « propre » dont les coûts réels peuvent être externalisés dans le temps et l'espace, sur les corps et les terres des autres…

Bibliographie

Boulanger, P. (2011). Du bon usage de l'environnement par les armées. Le début des stratégies nationales militaires de développement durable. (Vol. 54, pp. 313-336).

Berthier-Foglar, S. (2011). Uranium mining on sacred land : The case of Mount Taylor (NM, USA). (Pp. 79-94).

Tranquillo, N. (n.d.). Green casualties of war.

Barrillot, B. (2001). Uranium appauvri. *Un dossier explosif, éd. Observatoire des Armements, 125*.

Leistner, J. (n.d.). Post-conflit et restauration environnementale : Réévaluer les rapports entre humains et environnements après la guerre.

Lesna, A.-E. (2004). *La polémique de l'uranium appauvri : Nouveaux risques, perception et médiatisation*. Centre d'études en sciences sociales de la défense.

Parsons, R. J. (2002). De la réalité des armes à l'uranium appauvri. *Le Monde Diplomatique*, 12-13.

Mathieu, N, Matieu, M. (2001). D'un syndrome à l'autre : Plaidoyer pour une évaluation scientifique des effets des armes à uranium. *Natures Sciences Sociétés*, 9(2), 56–59.

Gueguen, Y., Rouas, C. (2012). Données nouvelles sur la néphrotoxicité de l'uranium. *Radioprotection*, 47, 345-359.

Dorsouma, A.-H., Bouchard, M.-A. (2006). Conflits armés et environnement. Cadre, modalités, méthodes et rôle de l'Évaluation environnementale. *Développement Durable et Territoires*.

DU KOSOVO, M. D. L. (2024). Mensonges, uranium et vidéo

Lesna, A.-E. (2004). *La polémique de l'uranium appauvri : nouveaux risques, perception et médiatisation*. Centre d'études en sciences sociales de la défense.

Fraternité, Liberté, Égalité. *Avis de l'autorité de sûreté nucléaire sur les recherches relatives à la gestion des déchets à haute activité et à vie longue (HAVL) menées dans le cadre de la loi du 30 décembre 1991, et liens avec le PNGDR-MV*.

Tubiana, M. (1996). Effets cancérogènes des faibles doses du rayonnement ionisant. *Radioprotection, 31*, 155-191.

Tubiana, M., Masse, R., Vathaire, F. D., Averbeck, D., Aurengo, A. (2007). La controverse sur les effets des faibles doses de rayonnements ionisants et la relation linéaire sans seuil. *Radioprotection*, 42, 133-161.

Le Scandale du Stockage d'Oxyde d'uranium appauvri à Bessines : La sûreté peut-elle être assurée alors qu'aucune véritable étude de sûreté n'a été réalisée car elle n'a pas été exigée de l'exploitant COGEMA ?

Massa, M.-A. L'environnement : le maillon faible dans la chaîne des protections garanties en cas de conflit armé ?

Nicolas, A. Les futures victoires de l'armée de terre seront vertes ! De « l'écologie de combat » au combat écologique.

Camarasa, J., Chalabreysse, J. (1980). Contribution à la surveillance du personnel exposé à des composés d'uranium non transférables. *Radioprotection*, 15, 3-18.

ETOGA, E. (n.d.). Emergence et exploitation minière au Cameroun : Faut-il exploiter l'uranium ?

Petriccione, B. B. (2004). De l'utilisation de la notion de risque dans le débat public sur les biotechnologies. (Pp. 73-108).

Bourguignon, M. (2022). Évaluation des risques en radioprotection : aller au-delà de la réponse du modèle linéaire sans seuil / Risk evaluation in radiological protection : going beyond the linear no-threshold model response. *Radioprotection - Revue de la Société Française de Radioprotection*, *Radioprotection*.

Quilès, P., Collin, J.-M., Drain, M. (2018). L'illusion nucléaire. *La face cachée de la bombe*.

None. (2022). Les immersions de munitions dans les lacs suisses et français (1919-aujourd'hui), de l'oubli à un statu quo évolutif.

Caamaño, D., Loyen, J., Guillotin, L., Jédor, B., Davezac, H., Tracol, R. (2012). Bilan de la qualité radiologique des eaux du robinet 2008-2009. *Radioprotection*, 47, 387-402.

Lamireau Thierry, (2018). Ruthénium 106 sur l'Europe : une omerta bien orchestrée.

Lamireau Thierry, (2020). Explosions à Beyrouth : analyse d'un rien plouc provincial français.

Lamireau Thierry, (2020). Annecy : le silence radioactif.

Lamireau Thierry, (2020). Radioactivité : l'armée française a merdé le 4 septembre 2020

lesoufflecestmavie.unblog.fr

Liens directs pour un copier-coller ou ctrl + clic des références bibliographiques de ce mémoire :

https://www.erudit.org/fr/revues/cgq/2010-v54-n152-cgq4005/045649ar.pdf

https://mem-envi.ulb.be/Memoires_en_pdf/MFE_11_12/MFE_Massa_11_12.pdf

https://www.irsem.fr/storage/file_manager_files/2025/03/c2sd-19.pdf

https://memoires.sciencespo-lyon.fr/internet/MFE2023/leistner_j/Leistner_j.pdf

https://www.irsem.fr/storage/file_manager_files/2025/03/c2sd-19.pdf

https://www.obsarm.info/IMG/pdf/2001_uranium_appauvri-2.pdf

https://www.lumes.lu.se/sites/lumes.lu.se/files/nicoletta_tranquillo.pdf

file:///C:/Users/User/Downloads/ress-355.pdf

https://www.dijon-ecolo.fr/doc-telechargeable/banques/CA-armes-uranium-appauvri.pdf

https://www.nss-journal.org/articles/nss/pdf/2001/02/nss20010902p56.pdf

https://www.dissident-media.org/infonucleaire/scandale_stock_OU_Bessines.pdf

https://www.radioprotection.org/articles/radiopro/pdf/2012/03/radiopro120002.pdf

https://www.radioprotection.org/articles/radiopro/pdf/1980/01/radiopro19801501p3.pdf

https://www.radioprotection.org/articles/radiopro/pdf/1996/02/rad19962p155.pdf

file:///C:/Users/User/Downloads/elohi-304.pdf

https://www.palestine-studies.org/sites/default/files/jq-articles/Brohy%20et%20Ungermann%20Les%20Dessous%20de%20la%20guerre%20du%20Golfe....pdf

https://www.sortirdunucleaire.org/IMG/pdf/emergence_2035_faut-il_exploiter_l_u2019uranium_au_cameroun_15.08.18-3.pdf

https://docs.eclm.fr/pdf_livre/397LIllusionNucleaire.pdf

https://cpdp.debatpublic.fr/cpdp-cigeo/docs/docs-complementaires/docs-avis-autorites-controle-evaluations/01-02-06-recherche-gestion-dechets-havl.pdf

https://www.radioprotection.org/articles/radiopro/pdf/2012/03/radiopro110050.pdf

file:///C:/Users/User/Downloads/9782875747860.pdf

file:///C:/Users/User/Downloads/developpementdurable-3365.pdf

https://www.terre.defense.gouv.fr/sites/default/files/ccf/20220311_NP_CDEC_PEP_NOTE-DE-RECHERCHE-PROSPECTIVE_Combat-ecologique.pdf

https://www.radioprotection.org/articles/radiopro/pdf/2007/02/rad200623.pdf

file:///C:/Users/User/Downloads/developpementdurable-3365-2.pdf

https://www.radioprotection.org/articles/radiopro/pdf/2022/03/radiopro220025s.pdf

http://lesoufflecestmavie.unblog.fr/2020/08/15/explosions-a-beyrouth-analyse-dun-rien-plouc-provincial-francais-lamireau-thierry/

http://lesoufflecestmavie.unblog.fr/2018/01/16/ruthenium-106-sur-leurope-une-omerta-bien-orchestree-thierry-lamireau-lesoufflecestmavie-unblog-fr/

http://lesoufflecestmavie.unblog.fr/2020/08/01/annecy-le-silence-radioactif-lamireau-thierry/

http://lesoufflecestmavie.unblog.fr/2020/09/10/radioactivite-larmee-francaise-a-merde-le-4-septembre-2020-thierry-lamireau/

Que ce travail reste un humble témoignage, une contribution modeste à l'information et à la réflexion.

« Méfions-nous de ceux qui *aujourd'hui* se présentent en gestionnaires rigoureux pour *demain* alors que nous devons faire face à leur catastrophique imprévoyance d'*hier*. »
Thierry LAMIREAU / conférence de presse à Limoges
(Haute-Vienne / France) en 1993.

Document terminé le 26 août 2025.

Travail réalisé par Thierry LAMIREAU
Réalisateur du film « Uranium en Limousin »
Enseignant à la retraite
Ancien producteur / animateur pigiste à l'Atelier de Création Radiophonique
(France Culture)