CARTOGRAPHIE DU PAYSAGE INTELLECTUEL DE LA SCIENCE ET DE LA PAIX: UNE ANALYSE SCIENTOMÉTRIQUE UTILISANT L'ALGORITHME DE KAMADA-KAWAI ET LES DONNÉES D'OPENALEX

MAPPING THE INTELLECTUAL LANDSCAPE OF SCIENCE AND PEACE: A SCIENTOMETRIC ANALYSIS USING THE KAMADA–KAWAI ALGORITHM AND OPENALEX DATA

CZU: 330.34:004.43/.45:001.2 **https://doi.org/10.59295/spd2025j.79**

Mihail CIOBANU
ORCID: 0000-0003-1193-6018
E-mail: ciobanu.mihail1@usm.md, ciobanu.mihail@ase.md
Institut National de Recherche Économique, Académie des Études Économiques de Moldavie, Chișinău, République de Moldavie

Summary. *This paper analyzes the conceptual relationship between science and peace through a scientometric analysis based on data obtained from OpenAlex. Using the VOSviewer software and the Kamada-Kawai algorithm, a semantic map was created to visualize the most frequently co-occurring terms associated with «science» and «peace» in the global scientific literature. The results identify five main thematic clusters: applied technology, disarmament and security, post-conflict justice, philosophical reflection, and scientific methodology. This study highlights the deeply interdisciplinary nature of this field of research, which connects the exact sciences with the social and human sciences, including ethics, education, and spirituality. The second contribution of this work lies in a better understanding of the interconnected nature of the concepts of science and peace, as well as in emphasizing the potential of bibliometric visualizations as a strategic toolkit for research planning and evaluation.*

Keywords: *peace, science, scientometrics.*

INTRODUCTION

Au cours des dernières décennies, la recherche scientifique sur les thématiques liées à la paix a pris une importance croissante dans le paysage académique mondial. La complexité et l'interdépendance des problèmes contemporains, allant des guerres et tensions géopolitiques jusqu'aux progrès technologiques et à l'éthique de la science, exigent des approches interdisciplinaires et une compréhension approfondie des interactions entre science et paix. La littérature spécialisée montre une diversification thématique marquée, où des concepts tels que peacebuilding, désarmement, sécurité internationale et éthique de la science deviennent de plus en plus visibles. Dans ce contexte, la cartographie conceptuelle de la production scientifique peut offrir une image claire des relations sémantiques entre les concepts clés et de la manière dont la recherche académique aborde simultanément des dimensions scientifiques et humaines.

Le présent article vise à réaliser une analyse scientométrique des connexions entre les termes associés à la science et à la paix, en utilisant une visualisation générée avec VOSviewer [1] à partir des données extraites du catalogue bibliographique OpenAlex [2][3]. Par l'application de l'algorithme Kamada-Kawai [4], une carte sémantique a été obtenue, mettant en évidence les clusters thématiques et les relations entre les termes [5]. Cette approche permet d'identifier les principales orientations de recherche, les zones de convergence conceptuelle, ainsi que les lacunes potentielles dans la littérature spécialisée. L'objectif de l'article est de contribuer à une meilleure compréhension du paysage intellectuel concernant l'interaction entre science et paix, et de souligner le rôle des outils bibliométriques dans le soutien à la recherche interdisciplinaire.

MATÉRIEL ET MÉTHODE

Pour analyser l'interconnexion conceptuelle entre les termes «science» et «paix», nous avons utilisé une approche scientométrique fondée sur l'analyse de la co-occurrence des termes dans la littérature académique. La méthodologie adoptée consiste en l'extraction et le traitement de données bibliométriques issues d'une source académique ouverte, suivis par la visualisation de ces données sous forme d'un réseau sémantique. Les données utilisées dans cette étude proviennent d'OpenAlex, une base de données académique (en anglais) en libre accès qui indexe des articles scientifiques, des auteurs, des institutions, des disciplines et des concepts associés. La recherche a été effectuée à l'aide des mots-clés «science» ET «paix» (en anglais), afin d'identifier les travaux traitant simultanément ou en corrélation ces deux concepts. Pour le traitement des données et la génération de la carte visuelle, nous avons utilisé le logiciel VOSviewer, développé en 2010 par les chercheurs néerlandais Nees Jan van Eck et Ludo Waltman, reconnu pour sa capacité à construire et visualiser des cartes de réseau à partir de métriques bibliographiques. VOSviewer permet l'analyse de la co-occurrence des termes, l'identification des clusters thématiques et leur positionnement dans un espace bidimensionnel. La visualisation des résultats a été réalisée à l'aide de l'algorithme Kamada-Kawai, un algorithme de mise en page par forces qui optimise la distribution des nњuds dans un graphe en fonction des distances sémantiques entre les termes. Cet algorithme est adapté aux grands réseaux, car il réduit les chevauchements et offre une représentation claire des relations conceptuelles. Dans la visualisation, chaque nњud représente un terme significatif, et les liens entre les nњuds symbolisent la fréquence de co-occurrence dans un même document [6]. Le type d'analyse adopté a été la co-occurrence des termes (titre + résumé + mots-clés). L'unité d'analyse a été le terme sémantique (le concept). Le seuil d'inclusion a été défini par VOSviewer comme une fréquence minimale automatique d'au moins 5 occurrences. Les méthodes de normalisation utilisées ont été les associations VOSviewer (similarités bibliométriques). Cette méthodologie permet non seulement d'explorer la structure générale, mais aussi d'identifier les zones thématiques centrales ou périphériques, ainsi que les concepts «passerelles» entre des domaines apparemment distincts.

RÉSULTATS ET DISCUSSIONS

La ***Figure 1*** représente la cartographie des concepts associés à l'intersection des termes «paix» et «science» (en anglais) dans la base de données OpenAlex, illustrée à l'aide de VOSviewer. La carte sémantique créée à l'aide de VOSviewer met en évidence un réseau dense de termes, structuré autour de plusieurs noyaux conceptuels de grande taille. Le nъud le plus proéminent est *thème (informatique*), entouré de termes appartenant au champ des sciences appliquées, ce qui indique une présence constante des recherches technologiques et informatiques en lien avec les thématiques de paix et de sécurité. Dans son voisinage sémantique immédiat se trouvent des mots tels que *matérialisme*, *promotion (échecs)*, *robot (George)*, *scepticisme* ou *naturalisme*, suggérant une diversité thématique couvrant à la fois des dimensions techniques et philosophiques de la science. À droite de la carte, un autre noyau majeur est formé autour de termes comme *désarmement*, *contrôle des armements*, *éthique nucléaire*, *sécurité internationale* et *théorie de la dissuasion*. Cette zone révèle une forte association entre la recherche scientifique et les enjeux géopolitiques, militaires et éthiques. Plus bas, et légèrement vers le centre de cette zone, on observe une concentration autour du concept de *consolidation de la paix*, avec des extensions vers *éducation à la paix*, *justice transitionnelle*, *intervention humanitaire* et *conflit international*. Cela indique un axe thématique où la science est liée à la création de cadres institutionnels et sociaux pour le maintien de la paix. Aux marges, on trouve également des catégories plus isolées ou spécialisées, comme *mysticisme juif*, *silence*, *contemplation* ou *physique moderne*, qui, bien que marginales du point de vue de la connectivité, apportent de la profondeur au réseau, soulignant que la science et les questions de paix sont également abordées à partir de perspectives alternatives ou interdisciplinaires. Visuellement, le réseau semble équilibré entre densité et répartition, sans zones totalement isolées, ce qui indique un niveau élevé de cohérence thématique entre les termes sélectionnés.

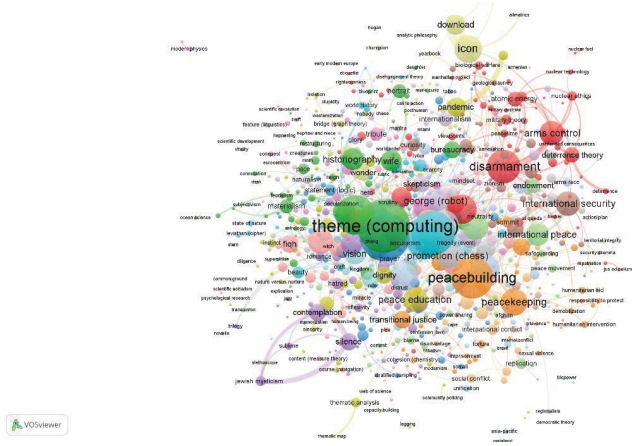


Figure 1. Cartographie des concepts associés à l'intersection des termes «paix» et «science» (en anglais) dans la base de données OpenAlex et illustrée avec VOSviewer.
Source: Réalisée par l'auteur à partir des données d'OpenAlex et de VOSviewer

Les algorithmes de regroupement de VOSviewer ont identifié plusieurs clusters thématiques bien délimités, chacun représentant une direction de recherche distincte où les termes «science» et «paix» interagissent. Ces clusters ne sont pas simplement des ensembles de termes lexicaux proches, mais des formations de domaines conceptuels interconnectés, suggérant une cohérence scientifique interne et un échange d'informations entre disciplines. **Cluster 1, Technologie et science appliquée (vert-bleu)** est centré autour du terme thématique principal *computing*. Ce cluster regroupe des termes tels que *matérialisme*, *robot (George)*, *naturalisme*, *scepticisme*, *promotion (échecs)*, *développement scientifique* ou *lutte de l'instinct*. Cette concentration indique l'existence de recherches axées sur les sciences dures, mais avec des connotations anthropologiques, épistémologiques, voire esthétiques (*beauté*, *vision*, *prière*). Il s'agit d'un exemple manifeste de dialogue entre la science technologique et les enjeux philosophiques ou sociaux. **Cluster 2, Sécurité, désarmement et géopolitique (rouge)** est dominé par des termes comme *désarmement*, *contrôle des armements*, *éthique nucléaire*, *théorie de la dissuasion*, *énergie atomique*, *doctrine militaire*, *sécurité internationale*. Ce cluster met en lumière une préoccupation pour les implications de la science dans les domaines militaires et de la sécurité globale. Les termes indiquent un dialogue ouvert entre l'éthique appliquée, la politique internationale et la science nucléaire. Il est probablement le plus lié au concept de paix dans son sens géopolitique. **Cluster 3, Construction de la paix et justice post-conflit (orange)** regroupe des termes tels que *peacebuilding*, *éducation à la paix*, *maintien de la paix*, *justice transitionnelle*, *aide humanitaire*, *résolution des conflits* et *responsabilité de protéger*. Ce cluster aborde les sujets liés à la reconstruction juridique et sociale de la paix, en mettant l'accent sur l'intervention internationale, l'éducation à la paix et la justice restaurative. Il constitue le noyau «humaniste» du réseau, soulignant que la recherche scientifique sur la paix s'enracine dans une dimension morale et sociale. **Cluster 4, Philosophie, religion et réflexion (violet)**, moins dense mais conceptuellement riche, comprend des termes tels que *mysticisme juif*, *contemplation*, *silence*, *dignité*, *vision*, *émerveillement*, *prière* et *miracle*. Cela suggère que dans certains travaux scientifiques, les idées de science et de paix sont abordées à travers des prismes spirituels ou philosophiques, dans un cadre pouvant englober la religion, la réflexion intérieure et le symbolisme. **Cluster 5, Méthodologie scientifique et évaluation (jaune-vert)** contient des mots comme *réplication*, *renforcement des capacités*, *analyse thématique*, *altmetrics*, *évolution scientifique*, *échantillonnage stratifié*, *cohésion (sociologie)*. Il s'agit ici d'un intérêt porté au développement méthodologique et à l'évaluation de l'impact de la recherche. Moins visible sur le plan sémantique, mais tout aussi significatif, ce cluster offre une perspective métacognitive sur la manière dont la science elle-même est étudiée et mobilisée dans le contexte de la paix.

Au-delà de la structure des clusters, la localisation des nњuds et leurs connexions offrent des informations précieuses sur l'intensité et la nature des relations sémantiques. Sur la carte générée automatiquement, la distance entre les termes est inversement proportionnelle à leur fréquence de co-occurrence dans un même document. Ainsi, des

termes comme *désarmement* et *éthique nucléaire*, ou *consolidation de la paix* et *justice transitionnelle*, sont situés relativement proches les uns des autres, ce qui marque une forte cohérence thématique et une continuité dans la littérature scientifique. En revanche, des termes comme *promotion (échecs)* ou *robot (George)* sont placés dans des zones de transition, entre des domaines techniques et des domaines sociaux ou éthiques. Ces termes agissent comme des «ponts» entre des disciplines apparemment distinctes et peuvent indiquer des phénomènes émergents ou des niches de recherche interdisciplinaire. La densité du réseau dans la zone centrale est élevée, ce qui révèle une forte cohérence thématique et une approche intégrative des concepts de «science» et de «paix». Par exemple, les connexions entre l'éducation à la paix, l'aide humanitaire, la responsabilité de protéger et le droit international reflètent une articulation entre l'éducation, le droit et l'intervention internationale. D'un autre côté, les périphéries, moins densément connectées, confèrent une profondeur interprétative au réseau. Des mots comme silence, mysticisme, prière ou miracle indiquent que, dans certains courants académiques, le terme de paix tend à dépasser ses cadres sociaux et politiques pour toucher à des dimensions existentielles, spirituelles et symboliques. Cette combinaison entre des zones centrales fortement connectées et des marges conceptuelles diversifiées reflète un paysage intellectuel complexe et dynamique, dans lequel la recherche sur la science et la paix n'est pas homogène, mais stratifiée, multidisciplinaire et ouverte à la réinterprétation.

CONCLUSIONS

L'analyse scientométrique des mots-clés «science» et «paix», réalisée à partir des données d'OpenAlex et visualisée à l'aide de l'algorithme Kamada-Kawai dans VOSviewer, met en évidence un réseau conceptuel dense, interdisciplinaire et bien structuré. La carte sémantique obtenue renforce plusieurs axes de recherche explorant, de manière directe ou indirecte, l'interaction entre le progrès scientifique et l'établissement de la paix. Parmi les observations les plus importantes, on peut noter:

- L'existence d'au moins cinq clusters thématiques cohérents, dont les plus fortement connectés concernent le désarmement et la sécurité, ainsi que la justice post-conflit et l'intervention humanitaire;
- La coexistence d'approches technico-scientifiques, éthiques, éducatives et spirituelles au sein d'un même réseau thématique, confirmant le caractère profondément interdisciplinaire du domaine;
- L'identification de termes-relais (comme replication, vision, promotion (échecs)) qui signalent le potentiel de niches émergentes ou d'approches conceptuelles non-conventionnelles.

La contribution principale de cette étude réside dans la proposition d'une perspective visuelle et synthétique sur la manière dont les concepts de «science» et de «paix» sont interconnectés dans la recherche académique internationale. Cette approche peut être utilisée comme outil d'orientation stratégique par les chercheurs, les institutions et les décideurs intéressés par la promotion d'une recherche à impact sociétal positif. Comme

il fallait s'y attendre, l'analyse présente aussi certaines limites: l'utilisation prioritaire de la cooccurrence des termes ne permet pas de saisir toute la profondeur sémantique des textes, et le choix de seuils minimaux d'inclusion peut réduire la visibilité de certains sous-domaines. Pour des études futures, il est suggéré d'enrichir l'analyse en ajoutant des réseaux de co-auteurs et de citations; d'introduire une dimension temporelle dans l'analyse du réseau de termes afin de capter les tendances émergentes et de combiner avec des méthodes qualitatives, telles que l'analyse de contenu, pour une compréhension plus approfondie du discours scientifique. Enfin, la visualisation bibliométrique du lien entre science et paix ne fait pas que cartographier les connaissances existantes, elle ouvre également la voie à un dialogue interdisciplinaire essentiel à notre époque.

RÉFÉRENCES:

1. VAN ECK, N. J., WALTMAN, L. Software survey: VOSviewer, a computer program for bibliometric mapping. Dans: *Scientometrics*, 2010, Volune 84, pp. 523–538, Accessible à: https://doi.org/10.1007/s11192-009-0146-3, [Consulté le: 08.07.2025].
2. PRIEM, J., PIWOWAR, H., ORR, R. OpenAlex: A fully-open index of scholarly works, authors, venues, institutions, and concepts. Dans: *ArXiv*, 2022, Accessible à: https://arxiv.org/abs/2205.01833, [Consulté le: 08.07.2025].
3. HAUNSCHILD, R., BORNMANN, L. The use of OpenAlex to produce meaningful bibliometric global overlay maps of science on the individual, institutional, and national levels. Dans: *PLoS ONE,* 2024, 19(12): e0308041, Accessible à: https://doi.org/10.1371/journal.pone.0308041, [Consulté le: 08.07.2025].
4. KAMADA, T., KAWAI, S. An algorithm for drawing general undirected graphs. Dans: *Information Processing Letters*, 31(1), pp. 7–15, 1989, Accessible à: https://doi.org/10.1016/0020-0190(89)90102-6 [Consulté le: 08.07.2025].
5. ZINS, C. *Conceptual approaches for defining data, information, and knowledge*. Dans: Journal of the American Society for Information Science and Technology, 58(4), pp. 479–493, 2007, Accessible à: https://doi.org/10.1002/asi.20508, [Consulté le: 08.07.2025].
6. LEYDESDORFF, L, *The Challenge of Scientometrics: The Development, Measurement, and Self-Organization of Scientific Communications*. First published by DSWO Press, Leiden University, Leiden, The Netherlands, 1995 Second edition. Published by Universal Publishers / uPUBLISH.com, USA, 2001, Accessible à: http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.3512486, [Consulté le: 08.07.2025].

N.B.*Cet article a été élaboré dans le cadre du sous-programme 030101 «Renforcement de la résilience, de la compétitivité et de la durabilité de l'économie de la République de Moldavie dans le contexte du processus d'adhésion à l'Union Européenne», financement institutionnel.*