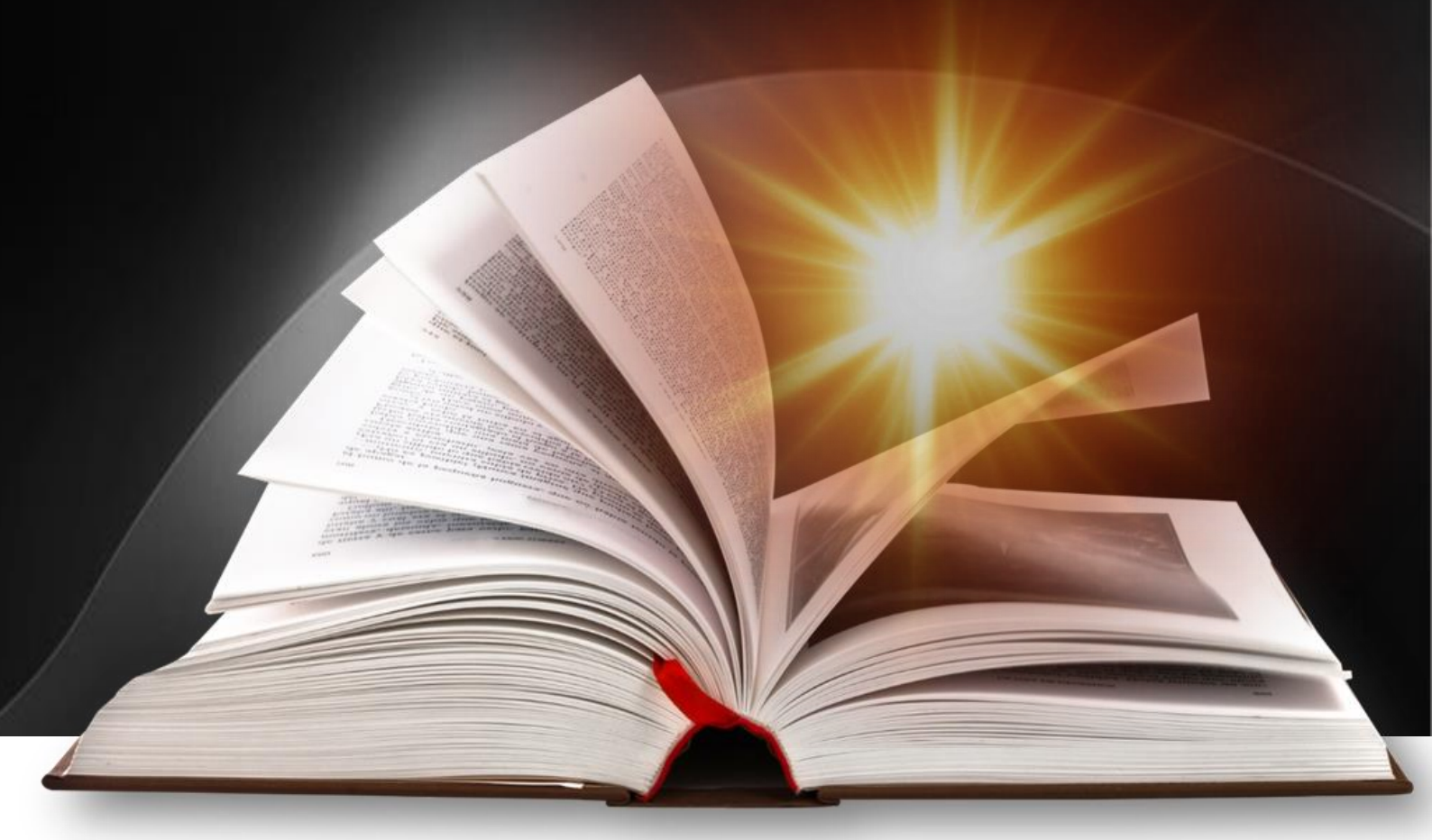
ISSN
: 2790-6248
: 2790-6256

RPJ

Revue Panafricaine de la Jeunesse

- Pan African Youth Journal -



Volume 4, n°1, Janvier- Avril 2025

EDITIONS LUMUMBA
Un nouvel élan de l'édition africaine

Association Panafricaine pour l'Encadrement et la Formation de la Jeunesse

African Scientific Universe

Afrindala Group

© Editions Lumumba

Environmental impact of mining with explosives: Reflection on the reduction of greenhouse gases in the mining town of Kambove

[Impact environnemental du minage à l'explosif : Réflexion sur la réduction des gaz à effet de serre dans la cité minière de Kambove]

NDJUNGU WA NDJUNGU Héritier
KONGOLO NGOY JOSAPHAT
TSHIBWABWA KASONGO OBED
MWIKA KABAMBA GUYSLAIN
KALUME NKULU JEAN-PAUL
Institut Supérieur des Techniques Appliquées de Lubumbashi/ RD Congo
Email : ndjungu.wa.ndjungu@istalu.ac.cd

ISSN

: 2790-6248

: 2790-6256

Revue Panafricaine de la Jeunesse

- Pan African Youth Journal -

DOI : https://doi.org/10.58610/RPJ.2790.6248.6256.31

Editions Lumumba I Afriscience I Association Panafricaine pour l'Encadrement et la Formation de la Jeunesse

EDITIONS LUMUMBA

Un nouvel élan de l'édition africaine

Revue Panafricaine de la Jeunesse (RPJ)

ISSN : 2790-6248

e-ISSN : 2790-6256

© Editions Lumumba - APANAEFJ

Bibliothèque Nationale du Congo I Ordonnance loi n° 89-010 du 11 janvier 1989 – Permis d'implantation n° BNC/DPHK/08/2022

Afrindala Group

La Revue Panafricaine de la Jeunesse (RPJ) est une revue scientifique internationale, interdisciplinaire et interactive. Elle se veut un lieu de diffusion de travaux de recherche originaux et substantiels sur diverses questions liées aux enjeux et défis des sociétés africaines, dans toutes les disciplines scientifiques. La RPJ est enregistrée par le Centre International de l'ISSN (International Standard Serial Number) sous les numéros ISSN : 2790-6256 et e-ISSN : 2790-6248.

Les Éditions Lumumba, sous la houlette du label panafricain Afrindala Group, branche scientifique « Afriscience », sont une maison d'édition établie en RD Congo conformément à l'Ordonnance-Loi n° 89-010 du 11 janvier 1989 et opérant sous le permis d'établissement n° BNC/DPHK/08/2022. Enregistrées auprès de l'Agence Internationale de l'ISBN, par l'intermédiaire de l'Agence Francophone pour la Numérotation Internationale du Livre (AFNIL), les Éditions Lumumba sont répertoriées sous l'identifiant éditeur : 978-2-38489.

Le comité scientifique international, composé d'enseignants et de spécialistes d'Afrique et d'ailleurs, assure une diversité d'expertises et de perspectives. En tant que membre de Crossref, une organisation américaine participant à l'indexation globale du contenu scientifique, les Éditions Lumumba bénéficient d'un préfixe DOI (10.58610) pour attribuer un DOI unique à chaque œuvre éditée. Cela permet aux publications d'être accessibles à des milliers de membres de Crossref et à des centaines d'organisations, y compris des institutions scientifiques et universitaires du monde entier, augmentant considérablement la visibilité et l'impact international des travaux publiés.

Les Éditions Lumumba s'appuient sur un vaste réseau de distributeurs et de partenaires internationaux, incluant des universités, des ONG et de grandes plateformes telles que CAIRN.INFO (la plus grande bibliothèque numérique francophone), DILICOM, Afriscience, etc.

© Editions Lumumba

Revue Panafricaine de la Jeunesse

— RPJ —

– Pan African Youth Journal –

Revue scientifique internationale, interdisciplinaire et interactive

Périodicité : avril, août et décembre

Prix du numéro : 45 USD

Abonnement annuel : 100 USD

Version numérique disponible sur : www.afriscience.org

Suivez-nous sur nos réseaux sociaux :

@editionslumumba | @afriscience

Tél. (+243) 90 43 370 19
Email : contact@editionslumumba.com
Site web : www.editionslumumba.com
Siège : 10, avenue de la Moto croisement boulevard M'siri, ville de Lubumbashi, RD Congo

Editorial

Chères lectrices, chers lecteurs,

C'est avec une ferveur renouvelée et un sens aigu de notre responsabilité intellectuelle que nous vous convions à franchir les portes de cet espace unique, dédié à la célébration de l'intelligence et de la créativité africaines dans toute leur splendeur. La **Revue Panafricaine de la Jeunesse (RPJ)** se positionne ici comme un carrefour où se croisent réflexion académique et innovation pragmatique, dans une quête inlassable de réponses aux défis multiformes de notre époque.

Dans un monde en constante mutation, cette revue se veut une boussole, orientant les esprits curieux vers des territoires inexplorés de la pensée critique. Chaque article, chaque réflexion, chaque témoignage publié dans ces pages transcende les barrières géographiques et culturelles, tissant une toile intellectuelle où l'Afrique dialogue avec le reste du monde. Loin des visions simplistes et uniformisantes, cette revue offre une lecture plurielle et nuancée, où la diversité des perspectives est érigée en moteur de compréhension et de transformation.

Ce numéro particulier s'inscrit dans une dynamique audacieuse : celle de faire rayonner non seulement l'ingéniosité scientifique, mais également la richesse des expériences humaines qui en sont le socle. À travers des contributions d'une rigueur exemplaire, nos auteurs dévoilent des idées qui jaillissent des contextes de résilience et d'espoir, et qui trouvent leur force dans l'intersection de disciplines, de cultures et de visions. Ces pages témoignent d'une Afrique en mouvement, une Afrique créative et porteuse de solutions pour un avenir plus inclusif et durable.

Loin d'être un simple réceptacle de savoirs, cette revue est un espace vivant, animé par une communauté d'auteurs, de chercheurs et de penseurs qui s'engagent à poser des jalons pour le développement scientifique et social. Ensemble, ils bâtissent des ponts entre l'universel et le particulier, entre le local et le global, démontrant que l'innovation africaine est non seulement pertinente, mais essentielle à l'évolution des sociétés contemporaines.

Notre comité éditorial, appuyé par une équipe scientifique d'excellence, veille à garantir une qualité irréprochable à chaque publication. Ce travail collaboratif, empreint de rigueur et d'éthique, reflète notre ambition de faire de la RPJ un vecteur de transformation sociale et une tribune où les voix africaines s'expriment avec force et conviction. Chaque numéro est une invitation à repenser les paradigmes dominants, à déconstruire les stéréotypes, et à envisager de nouvelles façons de concevoir le rôle de l'Afrique dans le monde.

Alors que vous parcourez ces pages, nous espérons que vous serez saisi(e)s par l'ampleur des idées, la profondeur des analyses et la portée des visions qui y sont présentées. Plus qu'une lecture, cette revue est une expérience, une immersion dans un univers où la science et la pensée critique façonnent les contours d'un avenir prometteur.

Plongez dans cette aventure intellectuelle, où l'Afrique se réinvente et inspire le monde. Ensemble, poursuivons le rêve d'un continent qui, par sa richesse intellectuelle et sa créativité, se hisse au rang des acteurs incontournables de la réflexion mondiale.

Bonne lecture et bienvenue dans cet univers d'idées, d'innovations et de découvertes !

L'équipe éditoriale

Equipe de la revue

Comité de rédaction :

- Directeur de Publication : M. le Pr. Basile Mulwani Makelele, RD. Congo
- Rédacteur en chef : M. le Pr. Philippe Kasongo Maloba Tshikala, Belgique
- Rédacteur en chef Adjoint : M. Valery Ngoy Ndala, RD. Congo
- Secrétaire éditorial : William Agbaka, Bénin
- Coordinateur du processus d'adhésion : M. Josué Lwamba, RD Congo
- Gestionnaire administratif : Banon Zinsou Côme, Bénin
- Gestionnaire financière : Clarisse Mwelwa Bilepo, RD Congo
- Coordinateur des partenariats : Fidèle Bukasa Kabwe, RD Congo
- Traducteur en chef : Dr. Fo-Koku D. Woameno, Togo
- Responsable de la publication en ligne : M. Mayou Nkensa, Cameroun

Comité scientifique :

- Dr. Abdoulaye OUEDRAOGO, PhD en Gestion de Projets, Ministère de l'Economie, des Finances et du Plan (MEFP) au Burkina Faso, Burkina Faso
- Dr. Abi-Kaberou Gildas, PhD en Sciences de l'Education, Ecole Normale Supérieure (ENS/Porto-Novo) et à l'Institut de Psychologie de Travail et des Organisations (PTO), Bénin
- Dr. Adaba Koffi Amessou, PhD en Sociologie (Sociologie Politique), Université de Lomé, Togo
- Dr. Adrien Mazanga Nakunyi, PhD en Sciences de l'Education, Université Simon Kimbangu de Lubumbashi, RD Congo
- Dr. Akimou TCHAGNAOU, PhD en Sciences de l'Education et de la Formation, Université André Salifou de Zinder, Niger
- Dr. AMBOMBI EYOLO Azede Espoir, PhD en criminologie, PhD en pédagogie, en psychologie des organisations, Directeur de la chaire MBA, Afrikan campus, Formateur à l'école de police du Congo, Congo Brazza
- Dr. Amoussou Franck, PhD en Linguistique Anglaise Appliquée, Université d'Abomey-Calavi, Bénin
- Dr. Andi Cudai Nur, PhD en Education, Makassar State University, Indonésie
- Dr. Ballo Drisa, PhD en Roman africain, Université des Lettres et des Sciences Humaines de Bamako, Mali
- Dr. Basile Mulwani Makelele, PhD en Psychologie, Université de Lubumbashi, RD Congo
- Dr. Bernard Aristide BITOUGA, PhD en Anthropologie (Anthropologie sociale et culturelle), Université de Douala, Cameroun

- Dr. Bruno Duovany BEKOLO ENGOUDOU, PhD en ethnologie-anthropologie, Université de Douala, Cameroun
- Dr. Carine Nadège BOUMA, PhD en Droit privé, Université de Bamenda, Cameroun
- Dr. Dédé Terence, PhD en Lettres, Université Félix Houphouët-Boigny, Côte d'Ivoire
- Dr. Doba SORO, PhD en Anthropologie Sociologie, Université Polytechnique de Man, Côte d'Ivoire
- Dr. Dre NGONO OSSANGO PANGRACE, PhD en Psychologie, Spécialité : Psychologie du développement humain, Université de Yaoundé, Cameroun
- Dr. ESSOME LELE GIslain Arnaud, PhD en Langue et Linguistique espagnoles, option Sémiotique iconotextuelle, Asociación de Cervantistas ECLLA – Études du Contemporain en Littératures, Langues et Arts, UJM Saint-Étienne UFD LLSL – Littératures, Langues et Sciences du Langage, Univ. Maroua, Cameroun
- Dr. Fidélie NTSHIKALA MBUYA, PhD en Psychologie, Université de Kolwezi, RD Congo
- Dr. Fo-Koku D. Woameno, PhD en Littérature et civilisation américaine, Université de Lomé, Togo
- Dr. Gano Nouhou, PhD en Analyse du discours, Université cheikh Anta Diop de Dakar, Sénégal
- Dr. Gninneyo Sylvestre-Pierre NIYA, PhD en Sciences de l'éducation, Spécialité : Politiques éducatives (Éducation inclusive), Ecole Normale Supérieure/Koudougou, Burkina Faso
- Dr. Ilunga Bumute Christian, PhD en Psychologie, Université de Likasi, RD Congo
- Dr. Jean Pierre Kayembe Kayembe, PhD en Chimie, Rhodes University, South Africa
- Dr. Jeef TSHITAMBA KABALA, PhD en Sciences Politiques et Administratives, Université de Lubumbashi, RD Congo
- Dr. José NGOY WA NGOY TWITE, PhD en Psychologie du travail, spécialité : psychopathologie du travail, Université de Kolwezi, RD Congo
- Dr. Kabiena Kuluila Pierre Valery Dieudonné, PhD en Droit, Université Officielle de Mbuji-Mayi, RD Congo
- Dr. Kabuya-Kabeya Sthilobo Hilaire, PhD en Droit, Université Officielle de Mbuji-Mayi, RD Congo
- Dr. Kaniki Wa Cilombo Joseph-Robert, PhD en Droit, Université Officielle de Mbuji-Mayi, RD Congo
- Dr. KONGUE Toyindou, PhD en Géographie, Option Géographie humaine, rurale et économique, Université de Lomé, Togo
- Dr. KONÉ PATRICE M'BÉTIEN, PhD en Criminologie, Université Félix Houphouet Boigny, Côte- d'Ivoire

- Dr. KOUADIO BAYA BOUAKI, PhD en Sociologie, Université Félix Houphouët-Boigny, Côte d'Ivoire
- Dr. KOUADIO Yao Adoman Francis, PhD en Sociologie politique, West Africa Social Science Laboratory, Côte- d'Ivoire
- Dr. Lago Blé Angelin, PhD en Histoire, Université Jean-Lorougnon Guede, Côte d'Ivoire
- Dr. Lokossou Bonaventure, PhD en audiovisuel et de l'information, de la communication, Université d'Abomey-Calavi, Bénin
- Dr. Matthias Cinyabuguma, PhD en Economie, Banque mondiale, RD Congo
- Dr. MBANGI MBONZALE, PhD en sciences sociales, Université de Lubumbashi, RD Congo
- Dr. MBULA MUSASA M. Serge Caleb, PhD en Sciences (Géologie du Pétrole), Université Pédagogique Nationale (UPN)/Kinshasa, RD Congo
- Dr. Metsena Ndjavoua, PhD en Histoire des Relations Internationales, Université de Maroua (Cameroun)/ Institut Universitaire de Développement International (IUDI), Cameroun
- Dr. Mohamed Atteyoub H. dit Modibo SIDIBÉ, PhD en Sciences Économiques et de gestion, Université des sciences sociales et de gestion de Bamako, Mali
- Dr. Moussa Coulibaly, PhD en Sciences du langage et de la Communication, Université Assane Seck de Ziguinchor du Sénégal, Sénégal
- Dr. Moussa Dourfaye Abdoul-kadze, PhD en santé, Santé publique, épidémiologie, biostatistique, recherche en santé, Hôpital de référence de Maradi, Niger
- Dr. Nebie Boukary, PhD en Sciences du Langage, Université de Fada N'Gourma, Burkina Faso
- Dr. Ngala Ntumba Peter, PhD en Droit, Université Officielle de Mbuji-Mayi, RD Congo
- Dr. NGOIE KAZIMINGI Patrick, PhD en Sciences de l'Education, Université de Lubumbashi, RD Congo
- Dr. Ngoy Ndombe Alain, PhD en Droit, Université de Lubumbashi, RD Congo
- Dr. Nkongolo Mulami Kapweka Alphonse, PhD en Droit, Université Officielle de Mbuji-Mayi, RD Congo
- Dr. Norbert Aimé MELINGUI AYISSI, PhD en Histoire, Université de Douala, Cameroun
- Dr. Ntita Ntita Jean Christ, PhD en Droit, Université Officielle de Mbuji-Mayi, RD Congo
- Dr. Nyebe Atangana Sandrine, PhD en Sciences de l'Education, Membre du Laboratoire BONHEURS, CY Cergy Paris Université, Cameroun
- Dr. Outéndé TOUNDOU, PhD en Physiologie végétale, Agrophysiologie, fertilisation des sols, Université de Lomé, Togo

- Dr. Philippe KASONGO MALOBA TSHIKALA, PhD en Psychologie, Université de Lubumbashi, Belgique
- Dr. Raymond-Bernard AHOUANDJINOU, PhD en socio-anthropologie, andragogue et juriste, Association Internationale des Sociologues de Langue Française et du Centre d'Etudes et de Recherche en Education et Interventions Sociales pour le Développement (CEREID), Bénin
- Dr. Richard Muimbi Kitumba, PhD en Droit, Université de Kabinda, RD Congo
- Dr. SAIDI Hicham, PhD en sciences économiques et gestion, Université Moulay Ismaïl, FSJES – Meknès, Maroc
- Dr. SIDIBÉ OUSMANE, PhD en Linguistique du Discours, Université de San Pedro, Côte d'Ivoire
- Dr. Tamia Jules-Amstrong, PhD en Psychologie, Spécialité : Psychologie du Travail et des Organisations, Université Félix Houphouët-Boigny, Côte d'Ivoire
- Dr. Xie Huifang, PhD en Sciences de l'Education, Université pédagogique d'Etat du Liaoning, Chine
- Prof. Dr. DIEU LOBA ARNAUD, Professeur titulaire CAMES, Université Félix Houphouet Boigny, Côte d'Ivoire.

Revue Panafricaine de la Jeunesse
Revue scientifique internationale
ISSN : 2790-6248 I e-ISSN : 2790-6256
Editions Lumumba
Un nouvel élan de l'édition africaine
Email : contact@editionslumumba.com
Afriscience
African Scientific Universe

Environmental impact of mining with explosives: Reflection on the reduction of greenhouse gases in the mining town of Kambove

[Impact environnemental du minage à l'explosif : Réflexion sur la réduction des gaz à effet de serre dans la cité minière de Kambove]

NDJUNGU WA NDJUNGU Héritier
KONGOLO NGOY JOSAPHAT
TSHIBWABWA KASONGO OBED
MWIKA KABAMBA GUYSLAIN
KALUME NKULU JEAN-PAUL
Institut Supérieur des Techniques Appliquées de Lubumbashi/ RD Congo
Email : ndjungu.wa.ndjungu@istalu.ac.cd

Abstract

The study focuses on the environmental impact of explosives used in surface mining, particularly ANFO (ammonium nitrate fuel oil) at the Kamfundwa mine in the Haut-Katanga province of the Democratic Republic of the Congo. The main objective is to quantify the emissions of greenhouse gases and toxic gases generated by the use of this explosive. The results show that each hole drilled with 13.43 kg of ANFO emits on average 1 253 L of CO, 8 324 L of water vapour and 3 534 L of nitrogen. Extrapolating these data to the entire mining town of Kambove, it is estimated that more than 500 million liters of gas are released each year. The study also explores the option of using an alternative explosive, SAVER PLAG, which is known for its low emissions and energy efficiency. Although this alternative is still theoretical, it could contribute to a transition towards more sustainable mining practices and reduced environmental impacts. PLAG and the optimized pattern significantly reduces these emissions, with a decrease of 74.6% for N2, 74.6% for water vapor, and 74.5% for CO2. This study highlights the importance of alternative techniques in reducing the carbon footprint of mining operations and provides recommendations for more sustainable exploitation.

Keywords: Mining explosives, Greenhouse gas emissions, Anfo, Saver Plag, Air pollution.

Résumé

L'étude porte sur l'impact environnemental des explosifs utilisés dans l'exploitation minière à ciel ouvert, en particulier l'ANFO (Ammonium Nitrate Fuel Oil), à la mine de Kamfundwa, dans la province du Haut-Katanga en République Démocratique du Congo. L'objectif principal est de quantifier les émissions de gaz à effet de serre et de gaz toxiques générés par l'utilisation de cet explosif. Les résultats montrent que chaque trou foré avec 13,43 kg d'ANFO émet en moyenne 1 253 L de CO_2, 8 324 L de vapeur d'eau et 3 534 L d'azote. En extrapolant ces données à l'ensemble de la cité minière de Kambove, il est estimé que plus de 500 millions de litres de gaz sont libérés chaque année. L'étude explore également l'option d'utiliser un explosif alternatif, le SAVER PLAG, réputé pour ses faibles émissions et son efficacité énergétique. Bien que cette alternative soit encore théorique, elle pourrait contribuer à une transition vers des pratiques minières plus durables et à une réduction des impacts environnementaux.

Mots-clés : Explosifs miniers, émissions de gaz à effet de serre, Anfo, saver plag, pollution atmosphérique.

0. Introduction

Mining, especially open pit mining, is a key activity for the supply of raw materials. However, it has significant environmental impacts, particularly in terms of greenhouse gas emissions. In the Democratic Republic of Congo, the mining town of Kambove is a typical example where conventional mining uses explosives generating a significant amount of harmful gases.

Several studies have shown that the use of explosives such as ANFO (ammonium nitrate fuel oil) contributes not only to air pollution by the release of CO_2, N_2 and H_2O, but also to the production of toxic gases such as nitrogen oxides (NO), which affect both the environment and human health (Bhanarkar et al., 2008; Kecojevic & Radomsky, 2005). In the African mining context, few studies have quantified these emissions at the scale of operations, limiting decision makers' ability to develop cleaner alternatives.

The issue therefore lies in assessing the real impact of current mining practices on gas emissions and finding more sustainable technological solutions. Indeed, as environmental standards become increasingly stringent on a global scale, mining operations must adapt to reduce their carbon footprint while maintaining productivity.

In this context, the study conducted on the Kamfundwa mine aims to precisely quantify the volumes of gas emitted during the use of ANFO and extrapolate these results to the scale of the mining town of Kambove.

Furthermore, this research examines the relevance of replacing ANFO with an alternative explosive, SAVER PLAG, known for its less polluting and more efficient properties. This study is therefore both diagnostic and prospective, providing concrete elements for a transition to a more environmentally friendly mining.

The results are presented in tables, grouping emissions by level and type of gas.

1. Methodology

1.1. Study area

The study was carried out on the Kamfundwa mine, located in the mining town of Kambove, in the Democratic Republic of the Congo. This area is representative of the open-pit mining operations in the region, where mining operations mainly use ANFO (ammonium nitrate fuel oil).

1.2. Type of explosive used and detonation reaction

ANFO is a mixture of ammonium nitrate (NH_4NO_3) and fuel ($C_{10}H_{22}$). Its detonation was modelled by the following chemical reaction:

$$C_{10}H_{22} + 31NH_4NO_3 \rightarrow 10CO_2 + 73H_2O + 31N_2$$

1.3. Calculation of emissions

The volumes of gas produced during the detonation were calculated from moles produced by the chemical reaction and then converted into volumes (liters) using the law of perfect gases at ambient temperature and pressure (T = 25°C, P = 1 atm).

The volumes released by 1 kg of ANFO are as follows:

- CO_2 : 93,33 L
- H_2O : 619,79 L
- N_2 : 263,20 L
- Volume total : 976,32 L

These values were used as reference emission factors.

1.4. Estimated emissions per borehole

The average weight of ANFO used per hole in the Kamfundwa mine is 13.43 kg. From the volumes per kilogram, emissions per hole were calculated by direct multiplication: $Volume_gaz_par_trou = 13{,}43\ kg \times Volume_gaz_par_kg_ANFO$

1.5. Assessment of emissions at each level of operation

From the production data provided by the mine, the number of holes drilled at each level (1400 to 1355) was identified. Then, the total volumes of gas were estimated by level according to:

$$\text{Volume_total_gaz_niveau} = \text{Nbr_trous} \times \text{Volume_gaz_par_trou}$$

The results are presented in tables, grouping emissions by level and type of gas.

1.6. Averages and extrapolation to other Kambove mines

An average of emissions per hole was determined from the total observed at Kamfundwa over 12,770 holes. These averages are:

- CO_2 : 1 252,95 L
- H_2O : 8 324,79 L
- N_2 : 3 533,18 L

Assuming that the other six mines at Kambove are three times as active, the total number of holes estimated at these sites is 38,310.
The extrapolated volumes were calculated by multiplying Kamfundwa averages by 38,310 holes.

1.7. Alternative hypothesis: introduction of the SAVER PLAG

For a prospective analysis, a theoretical comparison was introduced with an alternative explosive - the SAVER PLAG, known to emit less polluting gases. No direct measurements have been carried out on this explosive; the discussion is based on a technical review of its properties and an assumption of improvement in terms of efficiency and pollution.

1.8. Limits of the study

This methodology is based on idealized chemical reaction assumptions and a theoretical stoichiometric conversion of the gases produced. It does not take into account losses, actual conditions of temperature and pressure at the time of detonation, or interactions with surrounding geological materials that could affect actual volumes of gas emitted.

In addition, extrapolations for the other Kambove mines are based on an estimate of their relative activity without detailed operational data. The comparative analysis with SAVER PLAG, on the other hand, remains theoretical, in the absence of empirical data from field experiments.

Despite these limitations, the approach offers a reproducible framework and quantitative database useful for estimating the environmental impact of explosives mining. It can be used as a reference for future experimental studies or to support decisions on the transition to more sustainable mining technologies.

2. Résultats

2.1. Release of toxic gases

During mining operations, toxic gases are released from mining, which are also greenhouse gases. In the case of the Kamfundwa mine, the explosive used is ANFO. Its detonation can be represented by the following chemical reaction:

$$C_{10}H_{22}+31NH_4NO_3 \longrightarrow 10CO_2+73H_2O+31N_2$$

With a mass of 60 g of $C_{10}H_{22}$ and 940 g of NH_4NO_3, it is possible to calculate the amount of gas emitted during the detonation of 1 kg of ANFO. In the table below we will give the volume or quantity of gases released for CO_2, H_2O, N_2.

Table 1: Release Gas Results

Settings	Moles	Volume of gas (l)
CO_2	4.166	93.33
H_2O	27.669	619.79
N_2	11.73	263.2
Total	43.565	976,32

Source: Calculation

2.1.1. Volume of gases dissipated by the Kamfundwa project and the city of Kambove

To determine the amount of gas produced per drill hole, we use the following formula:

1. Multiply the quantity of ANFO per hole ($\boldsymbol{Q_{exp}}$) by the volume of gas dissipated per kilogram of ANFO.
2. Then, as in the mining town of Kambove, where all mines use ANFO as an explosive, we extend this calculation to all mines by multiplying the result by the total number of mines present in the city.

Table 2: Volume results per hole

Qt ANFO (Kg)	N2 (litre)	H2O (litre)	CO2 (litre)	Vt (litre)
1,00	263,20	619,79	93,33	976,32
13,43	3 534,78	8 323,78	1 253,42	13 111,98

In the table below we will determine the volume of each gas dissipated by the number of holes at each level of operation.

Table 3: Gas volume results by level of operation

LEVEL	Nbr of holes	V $C0_2$ (l)	V H_2O (l)	V N_2 (l)	Global Volume (l)
1400-1395	1 967	2 465 480,88	16 372 874,67	6 952 904,39	25 791 259,94
1395-1390	1 844	2 311 309,98	15 349 049,77	6 518 126,94	24 178 486,69
1390-1385	1 659	2 079 426,93	13 809 150,52	5 864 193,38	21 752 770,84
1385-1380	1 534	1 922 749,19	12 768 678,06	5 422 346,38	20 113 773,64
1380-1375	1 348	1 689 612,72	11 220 455,04	4 764 878,05	17 674 945,80
1375-1370	1 291	1 618 167,67	10 745 999,59	4 563 395,82	16 927 563,08
1370-1365	1 028	1 288 517,71	8 556 845,53	3 633 749,73	13 479 112,97
1365-1360	1 110	1 391 298,31	9 239 395,47	3 923 601,36	14 554 295,14
1360-1355	989	1 239 634,26	8 232 218,12	3 495 893,46	12 967 745,85
Total	**12 770**	**16 006 197,66**	**106 294 666,77**	**45 139 089,52**	**167 439 953,95**

Source: Calculation

So, the average emissions per hole are:

- CO_2/hole = 16 006 197,66 / 12 770 ≈ 1 252,95 L
- H_2O/hole = 106 294 666,77 / 12 770 ≈ 8 324,79 L
- N_2/hole = 45 139 089,52 / 12 770 ≈ 3 533,18 L

2.1.2. Extrapolation scientifique à partir des données de Kamfundwa

o Estimated number of holes for other mines

In this section we will approximate the total number of holes drilled in each other mine as follows: In the mining town of Kambove, all six other mines are three times more active than Kamfundwa in total number of shots/holes; it would then be about 38,310 holes in total.

o Application of emission factors

You multiply the estimated number of holes by the Kamfundwa averages:

- CO_2 estimated **=** 38 310 × 1 252,95 **≈** 48 003 644 L
- H_2O estimated **=** 38 310 × 8 324,79 **≈** 318 924 995 L
- N_2 estimated = 38 310 × 3 533,18 ≈ 135 382 576 L
- Globa Volume estimated = environ 502 311 215 L

2.2. Using SAVER PLAG

Est-ce que faudra-t-il utiliser le saver plag a la place d'Ammonium Nitrate Fuel Oil ?

o Justification for choosing the SAVER PLAG:

The choice of SAVER PLAG is based on its supposed less polluting properties. This type of explosive is formulated to improve detonation energy efficiency, reduce greenhouse gases and limit emissions of toxic gases such as NOx. It is also designed to offer better stability, more complete combustion, and adaptation to various types of rocks.

- **Main features of the SAVER PLAG:**

- Optimized formulation: It contains components that improve combustion and reduce the production of polluting by-products.
- Reduced gas emissions: Less CO2, NO and water vapour are released into the atmosphere than conventional explosives.
- Energy efficiency: Requires a lower amount for equivalent or greater fragmentation effect.
- Increased safety: Its use reduces the risk of toxic emissions for workers on site unlike Anfo.

The adoption of low-emission explosives could be aligned with social responsibility targets and increasingly stringent environmental requirements in the mining industry.

3. Discussion

The results obtained in this study allow to highlight the magnitude of gas emissions related to the use of ANFO in the Kamfundwa mine and, by extrapolation, in the entire mining city of Kambove. The main objective was to quantify the volumes of gases emitted and to assess the potential interest of a less polluting alternative explosive, such as SAVER PLAG. The data reveals several key elements that merit discussion.

3.1. Volumes of gas emitted per borehole

The results show that a single hole drilled with 13.43 kg of ANFO emits an average of 1,253 L of CO_2, 8,324 L of water vapour and 3,534 L of nitrogen, for a total of approximately 13,112 L of gas. These volumes are significant, especially considering the high frequency of firing in an active mine such as Kamfundwa.

These results confirm the literature observations, including the work of Bhanarkar et al. (2008), that mining operations can be a significant source of greenhouse gas (GHG) emissions, often underestimated by national inventories. The CO_2, major greenhouse gas, is produced here in significant quantities at each drilling operation.

3.2. Emissions at the Kamfundwa Mine

Aggregate emissions for the 12,770 holes drilled at different levels of the mine reveal a total volume of more than 167 million liters of gas released, including 16 million liters of CO_2. This figure is particularly alarming in a global context of reducing emissions from industrial activities. The most active levels (1400-1395 and 1395-1390) alone concentrate nearly 50 million liters of gas, demonstrating the importance of an environmental management approach by stage or operating level.

3.3. Extrapolation to the whole of Kambove

Extrapolating emissions from the other six mines in the city of Kambove, estimated to be three times more active than Kamfundwa, the estimated volume of gas is approximately 502 million litres, including 48 million litres of CO_2. This result is a warning about the cumulative environmental impact of the mining sector in a single mining city, not to mention the other mining regions in the country.

This observation is in line with concerns raised in other research (Kecojevic & Radomsky, 2005; UNEP, 2010), which highlight the growing role of extractive activities in local greenhouse gas emissions, particularly in developing countries where control measures are often limited.

3.4. Towards a cleaner alternative: the interest of SAVER PLAG

In view of these results, the hypothesis of a replacement of ANFO by a cleaner explosive, such as the SAVER PLAG, seems justified. The latter, according to its technical specifications, would allow a significant reduction in CO_2 and NO emissions, while ensuring an equal or even higher energy efficiency. Its adoption could meet new environmental requirements, reduce health risks for workers, and contribute to greater social acceptability of mining projects.

However, this analysis remains theoretical as no in situ testing of SAVER PLAG has yet been conducted in the study area. Comparative experimental studies would be required to confirm its efficacy under similar geological conditions.

4. Conclusion

This study quantified the gas emissions generated by the use of ANFO explosives in mining operations at the Kamfundwa mine, and estimated their impact on the wider scale of the Kambove mining city. The results show that the massive use of ANFO generates considerable volumes of gases, mainly carbon dioxide (CO_2), water vapour (H_2O) and nitrogen (N_2), contributing significantly to local air pollution and greenhouse gas emissions.

Extrapolating the Kamfundwa data to all of the Kambove mines, it is estimated that more than 500 million liters of gas are released into the atmosphere each year. This raises major environmental concerns, particularly in a global context of climate change.

In view of this finding, the study suggests the interest of considering less polluting alternatives such as SAVER PLAG, an explosive designed to reduce toxic emissions while maintaining optimal energy efficiency. Although this solution is still theoretical in the context of Kambove, it opens concrete perspectives for a transition to more sustainable and responsible mining practices.

Thus, this research lays the foundations for a technical and environmental reflection on the impact of industrial explosives in mining. It also calls for additional experimental studies, including on the actual use of alternative explosives, in order to guide future

decisions towards technologies that are more respectful of the environment and workers' health.

5. Bibliographic

Bhanarkar, A. D., Majumdar, D., Nema, P., & George, K. V. (2008). Emission inventory of pollutants from mining and industrial activities in India. *Journal of Environmental Monitoring*, 10(1), 126-134. https://doi.org/10.1039/B714511A

ISEE – International Society of Explosives Engineers. (2017). Blasters' Handbook. 18th Edition. Cleveland, OH: ISEE.

Kecojevic, V., & Radomsky, M. (2005). Evaluation of the effect of explosives on the environment. *Mining Engineering*, 57(1), 33-37.

Morin, K. A., & Hutt, N. M. (2001). Environmental geochemistry of minesite drainage: practical theory and case studies. MDAG Publishing.

Saidi, C., & Mbuyu, S. (2020). Pollution atmosphérique liée aux activités minières à ciel ouvert en Afrique subsaharienne : cas de la RDC. *Revue Africaine des Sciences de l'Environnement*, 15(2), 42-57.

United Nations Environment Programme (UNEP). (2010). Environmental Risks and Challenges of Anthropogenic Metals Flows and Cycles. Nairobi: UNEP.

US Environmental Protection Agency (EPA). (1994). AP-42 Compilation of Air Pollutant Emission Factors – Volume I: Stationary Point and Area Sources. Chapter 11.9 Western Surface Coal Mining.

Smith, R. A., & Martell, D. L. (2003). Emissions from industrial explosives: impact on air quality and climate change. *Environmental Science & Technology*, 37(7), 145A–150A.



PARTENAIRES ET RESEAUX

ISSN INTERNATIONAL STANDARD SERIAL NUMBER

CAIRN.INFO CHERCHER, REPÉRER, AVANCER

diliCOM LE RÉSEAU DU LIVRE

BDL Banque du Livre asbl

doi Crossref Content Registration

MEDIATHEQUE DÉPARTEMENTALE du Gers

MOUVEMENT LAUDATO SI' Catholiques pour notre maison commune

parcours formation

MOOC Gestion de Projet

MAXITY

CS4ME CIVIL SOCIETY FOR MALARIA ELIMINATION

UOC UNIVERSITE VIRTUELLE DU CONGO

10.000 {CODEURS} 2015-2025

JEUNESSE AFRICAINE POUR L'ENVIRONNEMENT

UNITED FOR HUMAN RIGHTS

Youth for Human Rights International

AGAPE asbl Amour sans condition et sans limite

RESEAU ELIKYA

FORUM INTERNATIONAL de GOMA pour la RESOLUTION des CONFLITS

COPAS

REVUE PLURIDISCIPLINAIRE AFRICAINE DE L'ENVIRONNEMENT

AS

AGOS EFFICACITÉ SOLIDARITÉ PAIX

IJAS

Scopalto ACADEMIA

Editions Lumumba, un nouvel élan de l'édition africaine

10, avenue de la Moto x boulevard Ms'iri, Quartier Gambela, commune de Lubumbashi, ville de Lubumbashi, République démocratique du Congo
Tél. : 00243 90 433 70 19
contact@editionslumumba.com
www.editionslumumba.com

Imprimé en République démocratique du Congo

©Edition Lumumba, avril 2025

Afrindala Group
« New African Generation »
www.afrindalagroup.com

Association Panafricaine pour l'Encadrement et la Formation de la Jeunesse (APANAEFJ)
Courriel : info@apanaefj.org
Site web : www.apanaefj.org

Siège : 10, Avenue de la Moto croisement Boulevard M'siri, Ville de Lubumbashi, RD Congo

APANAEFJ

REVUE PANAFRICAINE DE LA JEUNESSE

Revue scientifique internationale, interdisciplinaire et interactive

Publiée par les Editions Lumumba
Avec le soutien
d'Afriscience

&

Association Panafricaine pour l'Encadrement et
la Formation de la Jeunesse
(APANAEFJ)

Courriel : rpj@afriscience.org
Site web : www.afriscience.org
Tél. (+243) 973738975
Siège : 10, avenue de la Moto croisement boulevard M'siri, ville de Lubumbashi, RD Congo