

Évaluation de l'impact des travaux de dynamitage sur l'environnement riverain de la mine de bauxite de Sangarédi (concession minière de la CBG)

Assessment of the impact of blasting operations on the riparian environment of
the Sangarédi bauxite mine (CBG mining concession)

Auteur 1 : KOUROUMA Ibrahima Kalil,

Auteur 2 : BAH Oumou Hawa,

Auteur 3 : KEITA Daouda,

Auteur 4 : GBILIMOU Alain ,

KOUROUMA Ibrahima Kalil (Docteur, PhD)

Institut Supérieur des Mines et Géologie de Boké, République de Guinée

BAH Oumou Hawa, (Doctorante)

Institut Supérieur des Mines et Géologie de Boké, République de Guinée

KEITA Daouda, (Docteur PhD,)

Institut Supérieur des Mines et Géologie de Boké, République de Guinée

GBILIMOU Alain, (Doctorant)

Institut Supérieur des Mines et Géologie de Boké, République de Guinée

Déclaration de divulgation : L'auteur n'a pas connaissance de quelconque financement qui
pourrait affecter l'objectivité de cette étude.

Conflit d'intérêts : L'auteur ne signale aucun conflit d'intérêts.

Pour citer cet article : KOUROUMA, I K ; BAH, O H ; KEITA, D & GBILIMOU, A. (2023) « Évaluation
de l'impact des travaux de dynamitage sur l'environnement riverain de la mine de bauxite de Sangarédi
(concession minière de la CBG) », African Scientific Journal « Volume 03, Numéro 17 » pp: 049 – 071.

Date de soumission : Février 2023

Date de publication : Avril 2023



DOI : 10.5281/zenodo.7794449

Copyright © 2023 – ASJ



Résumé

Les calculs et mesures effectués lors des travaux d'extraction à la mine de sangarédi sur ses différents gisements, ont permis de mettre en évidence les nuisances générées par les tirs de mine. Le résultat de ces études a permis de localiser trois zones principales d'influence du minage sur le milieu environnemental, à savoir : la zone broyée (l'épicentre), la zone fissurée et la zone ébranlée ; cette étude s'articule sur des agresseurs susceptibles de polluer l'environnement physique, biologique et humain pendant ou après les différentes phases du dynamitage. De tous les aspects et impacts des tirs de mine sur l'environnement, nous avons quelques polluants indésirables (nocifs) qui ont attiré notre attention pendant nos recherches. Il s'agit entre autres : les poussières, les gaz, les vibrations et bruits.

La détonation d'une charge d'un kilogramme d'explosif produit quelques centaines de litres de gaz secs (hors vapeur d'eau) : CO_2 , H_2 , N_2 , N_2O , CH_4 , CO , NO , NO_2 ... Parmi lesquels les plus toxiques, le monoxyde de carbone (CO) et les oxydes d'azote (NO et NO_2 , globalement dénommés NO_x), produisent des malaises graves et peuvent être mortels à des concentrations relativement faibles. Dans un chantier, même si l'atmosphère ambiante est jugée respirables, des fumées de tir peuvent être piégées par le tas des matériaux abattus.

Mots clés :

Travaux d'extraction, gisement, nuisance, tirs de mine, environnement, zone broyée, zone fissurée, zone ébranlée, polluants, poussières, gaz, vibration, bruit, détonation, toxique, atmosphère, fumée, matériau abattu.

Abstract

The calculations and measurements carried out during the extraction works at the sangaredi mine on its various deposits have made it possible to highlight the nuisances generated by the blasting. The results of these studies made it possible to locate three main zones of influence of mining on the environmental environment, namely: the crushed zone (the epicenter), the fissured zone and the shaken zone; this study focuses on the aggressors likely to pollute the physical, biological and human environment during or after the different phases of blasting. Of all the aspects and impacts of blasting on the environment, we had a few unwanted (harmful) pollutants that caught our attention during our research. These include: dust, gases, vibrations and noise.

The detonation of a one-kilogram charge of explosive produces several hundred liters of dry gases (excluding water vapour): CO₂, H₂, N₂, N₂O, CH₄, CO, NO, NO₂, etc. Among which the most toxic, carbon monoxide (CO) and nitrogen oxides (NO and NO₂, collectively referred to as NOX), produce severe discomfort and can be fatal at relatively low concentrations. In a construction site, even if the ambient atmosphere is considered breathable, gunfire fumes can be trapped by the pile of felled materials.

Key word

Extraction work, deposit, nuisance, blasting, environment, crushed zone, cracked zone, shaken zone, pollutants, dust, gas, vibration, noise, detonation, toxic, atmosphere, smoke, material blasted.

I. Introduction

D'une manière générale, l'exploitation minière en Guinée s'effectue à ciel ouvert. Cette technique, qui nécessite souvent le déplacement de la végétation native des zones (coupe rase ou brûlage de la végétation, l'enlèvement des morts terrains avec un taux de découverte important), reste une technique destructive du point de vue environnemental. Elle entraîne non seulement la modification des paysages, des pollutions de l'atmosphère, des eaux et des sols.

Ainsi, de par cette technique, une étude d'impact sur l'environnement est exigée pour la réalisation de certaines activités, dont l'exploitation minière, d'abord comme un élément des études de faisabilité, puis en phase préliminaire comme outil d'anticipation des impacts. Le suivi est assuré par le plan de gestion environnementale et sociale (PGES). Le secteur de la bauxite, qui connaît une croissance fulgurante, menace le mode de vie de milliers d'habitants, a déclaré (**Human Rights Watch 2018**), dans un rapport publié rendu public le 4 octobre 2018 que de nombreux habitants ont affirmé que les activités d'exploitation minière ont engendré une baisse du niveau et de la qualité des eaux des rivières, des cours d'eau et des puits de la région d'étude, menaçant le droit à l'eau de plusieurs milliers de personnes. Il y a aussi cette poussière rouge, produite par l'extraction et le transport de la bauxite, qui recouvre les habitations et les champs. Les effets de ces différents polluants sur la qualité de l'air, de l'eau, et de la disponibilité des ressources en eau dans la zone du projet constituent peut-être l'impact les plus importants d'un projet d'exploitation minière. C'est pourquoi nous nous sommes engagés à mener des recherches dans ce cadre pour contribuer non seulement à l'amélioration de la science sur ce sujet « **Evaluation de l'impact des travaux de dynamitage sur l'environnement riverain de la mine de Sangarédi** ». L'objectif de cette recherche est d'identifier et quantifier quelques polluants indésirables qui affectent l'environnement minier des sites d'extraction de la bauxite à la Mine de Sangarédi.

Pour mieux cerner le contenu de ces travaux de recherche nous l'avons structuré comme suit :

- Evaluation de l'impact sur le milieu d'extraction de la bauxite ;
- Description du paysage de la zone d'extraction de la bauxite ;
- Délimitation de la zone d'influence des travaux miniers ;
- Evaluation de l'impact sur la qualité de l'air après les tirs de mines ;
- Evaluation de l'impact de la vibration sur l'environnement minier pendant les tirs.

II. Méthodologie :

L'impact de l'exploitation minière sur l'environnement se résume par :

i)-Impact sur le milieu physique

- La déformation du relief
- La détérioration de la qualité de l'air et du climat local
- La pollution des eaux de surface et souterraine
- La déstabilisation des infrastructures urbaines, minières et rurales
- Les vibrations, les bruits, les nuages et poussières.

ii)- Impact sur le milieu biologique

- Fuite des animaux sous l'effet sismique des tirs de mine
- Disparition du couvert végétal

iii)- Impact sur le milieu humain

- Perturbation des activités agricoles et sociales
- Détérioration de la santé de la population

2.1 Description du paysage de la concession de la compagnie des bauxites de guinée

La région de Sangarédi se trouve dans un plateau assez vallonné et des nuances de végétation (plateau, herbeux, savane boisée et versants agricoles) qui donnent un aspect de paysage bocager très appréciable et luxuriant en saison des pluies. Les variations du relief, de l'hydrographie, de la géomorphologie, de la géologie et du couvert végétal de la zone du projet se traduisent par la perception du paysage et la discontinuité très remarquable. Les variations du paysage en certains endroits peuvent s'observer dans le sens du topo séquence partant du sommet des plateaux vers les bas-fonds. On rencontre une zone de forêt galerie et de palmeraies (espèces agro-forestières maraichères) dans les bas-fonds et les berges cours d'eau. La végétation se raréfie au fur et à mesure qu'on monte pour place aux bowé possédant une végétation herbeuse fermée. Voilà quelques unités de paysages permettant de comprendre leur qualité :

- Zone fortement anthropisées : les grandes agglomérations ;
- Zone faiblement anthropisées : les formations végétales et champs de culture ;
- Végétation spontanée : savane boisée et arborée ;
- Zone des cours d'eau et des bas-fonds ; zone à valeur visuelle particulière des affleurements isolés.

2.2 Délimitation de la zone d'influence des travaux miniers

La zone d'influence des travaux comprend : une zone d'influence directe dans laquelle sont observés des aspects biologiques et physiques, et une zone d'influence diffuse où sont relevés les aspects socio-économiques.

- a) Zone d'influence direct : elle comprend la superficie où les ressources naturelles sont perturbées à savoir les chantiers des travaux d'extraction où les effets sont beaucoup remarquables.
- b) Zone d'influence de diffuse : couvre les zones où les effets sont ressentis à travers la pollution de l'atmosphère et autres aspects socio-économiques. Elle se justifie par les activités directes de l'exploitation (déplacement de la population, le transport, agriculture, l'élevage. Au-delà de la zone physique locale (sous-préfecture), tout le pays est aussi une zone d'influence du fait des retombées de l'exploitation de la bauxite par la CBG.

L'étude de l'évaluation des impacts des travaux de dynamitage sur les milieux physiques, biologiques et humains est réalisée par une méthodologie bien appréciée. Cette méthodologie est utilisée pour évaluer les impacts (intensité, étendue et la durée) des effets appréhendés. Ces trois caractéristiques sont engendrées en indicateur de synthèse, l'importance de l'effet environnemental qui permet de porter un jugement sur l'ensemble des effets distincts sur une composante donnée de l'environnement. C'est-à-dire les effets de modification du milieu physique servent d'intrants à l'évolution des perturbations des milieux biologiques et humains. La synthèse de cette étude d'évaluation des impacts des travaux de minage se trouve dans les tableaux N°1 ; N°2, et N°3.

Tableau N°1 : évaluation de l'impact sur le milieu physique

Milieu environnemental	Composante du milieu	Impacts	Critères	Évaluation	Importance
Physique	Micro climat et air	Pollution de la qualité de l'air et du micro climat	Nature de l'impact		Faible
			Composant	Grande	
			Perturbation	Élevée	
			Étendre	Locale	
			Intensité	Moyenne	
			Durée	Moyenne	
	Eau de surface	Blocage de l'eau et dégradation de sa qualité	Nature de l'impact		Très forte
			Composant	Grande	
			Perturbation	Élevée	
			Étendre	Locale	
			Intensité	Moyenne	
			Durée	Moyenne	
	Eau souterraine	Dégradation de la qualité des E, S par l'infiltration des contaminants	Nature de l'impact		Moyenne
			Composant	Grande	
			Perturbation	Élevée	
			Étendre	Locale	
			Intensité	Moyenne	
			Durée	Moyenne	
	Eau de surface	Dégradation	Nature de l'impact		Moyenne
			Composant	Grande	
			Perturbation	Élevée	
			Étendre	Locale	
			Intensité	Moyenne	
			Durée	Moyenne	

Tableau N°2 : Évaluation de l'impact sur le milieu biologique :

Milieu environnemental	Composant e du milieu		Critères	Évaluation	Importance
Biologique	Végétation	Destruction de la couche végétale et des eaux de surface Impacts	Nature de l'impact		Forte
			Composant	Grande	
			Perturbation	Élevée	
			Étendre	Locale	
			Intensité	Moyenne	
			Durée	Moyenne	
	Faune sauvage	Menace des oiseaux, insectes et animaux	Nature de l'impact		Forte
			Composant	Grande	
			Perturbation	Élevée	
			Étendre	Locale	
			Intensité	Moyenne	
			Durée	Moyenne	
	Paysage	Modification du relief, hydrographie géomorphologie, couvert végétal	Nature de l'impact		Forte
			Composant	Grande	
			Perturbation	Élevée	
			Étendre	Locale	
			Intensité	Moyenne	
			Durée	Moyenne	
			Composant	Grande	
			Perturbation	Élevée	
			Étendre	Locale	
			Intensité	Moyenne	
			Durée	Moyenne	

Tableau N°3 : Évaluation de l'impact sur le milieu humain

Milieu environnemental	Composante du milieu	Impacts	Critères	Évaluation	Importance
Humain	Santé sécurité	Infection des populations riveraines et accidents	Nature de l'impact		Très forte
			Composant	Grande	
			Perturbation	Élevée	
			Étendre	Locale	
			Intensité	Moyenne	
			Durée	Moyenne	
	Ressources naturelles	Rareté et atteinte des ressources naturelles	Nature de l'impact		Très forte
			Composant	Grande	
			Perturbation	Élevée	
			Étendre	Locale	
			Intensité	Moyenne	
			Durée	Moyenne	
	Circulation	Croisement des routes, risques d'accident	Nature de l'impact		Forte
			Composant	Grande	
			Perturbation	Élevée	
			Étendre	Locale	
			Intensité	Moyenne	
			Durée	Moyenne	
	Destruction et occupation des terrains de culture et de pâturage	Crise alimentaire, économique, difficulté d'élevage	Nature de l'impact		Très forte
			Composant	Grande	
			Perturbation	Élevée	
			Étendre	Locale	
			Intensité	Moyenne	
			Durée	Moyenne	

2.3 Impacts de l'exploitation minière sur la qualité de l'air

Les émissions atmosphériques provenant de l'exploitation minière peuvent non seulement affecter les zones environnantes, mais aussi la qualité de l'air à l'échelle régionale et mondiale. La qualité de l'air peut généralement être généralement définie comme la mesure de la pollution atmosphérique ambiante par rapport au potentiel d'atteinte à l'environnement ou à la santé humaine.

La qualité de l'air est très vulnérable car, contrairement à l'eau ou à d'autres déchets, l'air ne peut pas, en pratique, être retraité dans un lieu central et distribué ensuite pour être réutilisé (**Jain et al., 2012**). En raison de cette vulnérabilité, la pollution de l'air et les émissions de particules doivent être contrôlées et réduites à la source pour réduire les effets négatifs et diminuées à la source pour réduire les impacts négatifs sur les communautés voisines, la flore et la faune locales, et l'environnement mondial. Afin de réduire les impacts sur la qualité de l'air, il est important de comprendre comment l'impact environnemental de l'exploitation minière et du traitement des minerais contribuent à la pollution atmosphérique et les impacts potentiels que ces émissions peuvent avoir sur l'environnement. Cette section couvrira les impacts directs de l'exploitation minière et du traitement des minéraux sur la qualité de l'air. (**Ravi K. Jaim, 2016**).

Les poussières sont de compositions, densités, formes et dimensions très diverses selon leur mode de formation. Elles sont principalement caractérisées par leur diamètre aérodynamique qui est défini comme étant celui d'une particule sphérique, de masse volumique 103 kg/m^3 dont la vitesse de chute en air calme est identique à celle de la particule concernée dans les mêmes conditions (température, pression, humidité relative). Il est distingué deux types de particules, ayant des modes de formation différente :

- Grosses particules d'origine naturelle qui sont principalement émises par des processus mécaniques et biologiques (2 à $100 \mu\text{m}$) ;
- Fines particules d'avantage émises par des procédés de combustions ou industriels (ultra fines : $< 0,1 \mu\text{m}$ et fines : entre 0,1 et $2 \mu\text{m}$). Les poussières en fonction de leur nature peuvent interagir entre elles, avec d'autres substances ou la lumière. A titre indicatif, la qualité de l'air, en ce qui concerne les poussières, peut être quantifiée et qualifiée comme seuil : — Niveau de fond : de 30 à $120 \text{ mg/m}^2/\text{jour}$ — Empoussièrement annuel :

- ✓ Très faible : $< 150 \text{ mg/m}^2/\text{jour}$ (zone faiblement polluée)
- ✓ Faible : de 150 à $350 \text{ mg/m}^2/\text{jour}$ (zone moyennement polluée)

- ✓ Important : de 350 à 500 mg/m² /jour (zone polluée)
- ✓ Fort : de 500 à 1 000 mg/m² /jour (zone très polluée)
- ✓ Très fort : > 1 000 mg/m² /jour (zone très fortement polluée). Les dimensions des poussières produites en Mine, sont telles que la plus grande partie des poussières retombe, sous des conditions atmosphériques normales à des distances relativement faibles des points d'émission (rayon de 50 à 100 m autour du point d'émission)

En ce qui concerne les poussières canalisées (rejet de la cheminée), elles se comportent comme un gaz passif (voir étude de dangers) et obéissent aux lois de la diffusion atmosphérique. Les poussières dans l'atmosphère obéissent sensiblement à la loi de stocks et après être tombées, peuvent avoir trois destinées :

- a) rester au sol là où elles se trouvent (état transitoire)
- b) être projetées à nouveau dans l'air, soit par la circulation des engins de transports et de chantiers, soit par des vents violents et turbulents
- c) être lessivées par les eaux de pluies et entraînées vers l'exutoire du milieu local (**Budillon, 2009**).

2.3.1 Causes et origines des poussières :

Dans une mine ou carrière, les sources de poussières peuvent être classées en plusieurs grandes catégories :

- ✓ Les opérations d'abattage avec la foration des trous de mines
- ✓ Les matériaux de bourrage
- ✓ L'abattage à l'explosif lors de tirs de mines à cause des produits de la désagrégation des roches par l'explosion dans la zone des déformations plastiques
- ✓ La circulation des engins et la manutention des matériaux avec les activités des engins de décapage.
- ✓ Le chargement du dumper * la circulation des véhicules (engins et camions)
- ✓ La mise en verse des stériles lors de la remise en état.
- ✓ L'installation de traitement

La foration des trous de mines peut occasionner une production de poussière importante notamment par temps sec et venté si des mesures ne sont pas prises. Les matériaux de bourrage Les matériaux de bourrage généralement employés sont constitués par les débris de foration récupérés après foration des trous de mines. Ces matériaux, lorsqu'ils sont fins, ce qui est généralement le cas, se retrouvent dans les gaz des tirs. Le tir Lors du tir en masse, les principales sources de poussière proviennent :

- 1) Des débris de foration, s'ils ne sont pas récupérés.
- 2) Des matériaux de bourrage, si ces matériaux sont constitués d'éléments fins ou des débris de foration.
- 3) Des produits de la désagrégation des roches consécutivement à l'explosion dans la zone des déformations plastiques (chocs entre les fragments rocheux). S'il est facile de jouer sur les deux premiers paramètres, les poussières issues des produits de la désagrégation sont directement liées à la dureté, à la structure des roches à abattre et au plan de tir. A titre d'illustration, il est admis que la concentration de poussière (non toxique) dans les gaz de tirs, ressort en moyenne entre 1 et 4 g/m³ en fonction des moyens mis en place. En définitive, afin de diminuer les poussières contenues dans les gaz de tir, les mesures doivent être porter sur les débris de foration, sur le bourrage et sur le plan de tir (**Budillon, 2009**).

2.3.2. Calcul de la quantité de poussière émanant des tirs de mine par an :

Détermination de la quantité de roche sautée par trou. (Delémont Roger, 2021)

$$Q_{tr} = B \times E \times Hg; m^3$$

Où :

B – est la banquette (distance entre les rangées successives B=5m)

E – est l'espacement entre les trous consécutifs d'une même rangée (E=6m)

Hg – est la hauteur du gradin, à la CBG elle varie de 3 à 13 m, soit une moyenne de 8m

$$Q_{tr} = 6 \times 5 \times 8 = 240m^3$$

A la mine de Sangarédi le nombre de trous par tir varie de 80 à 210, soit une moyenne de 150 trous par tirs.

Le volume de roche abattue par tir sera :

$$V = Q_{tr} \times N_{tr} = 240 \times 150 = 36000m^3$$

En considérant qu'à chaque tir, 2% de la masse abattue sont transformées en poussière, le volume de ces dernières sera :

$$V_{pous} = 2\% \times V = 0,02 \times 36000 = 720m^3$$

Avec une production annuelle de 15×10^6 tonnes de bauxite, de densité 1,96 t/m³, on obtient :

$$Q/an = (15 \times 10^6) / 1,96 = 7\,653\,061,224\,m^3/an$$

$$Q/an = 7\,653\,061,224\,m^3/an$$

La quantité de poussière émise par an sera donc :

$$V > V_{pous}$$

$$Q/an > V_{pous}/an; 36\,000m^3 > 720\,m^3$$

$$7\,653\,061,224 > V_{pous}/an$$

$$\frac{V_{pous}}{an} = \frac{7\,653\,061,224 \times 720}{36000} = 153\,061,224 \, m^3/an$$

$$V_{pous}/an = 153\,062,224 \, m^3/an$$

Avec une production annuelle de 15×10^6 tonnes de bauxite brute, on peut assister à une émission probable de $153\,062,224 \, m^3/an$ de poussière dans l'atmosphère.

Par conséquent, les $153\,062,224 \, m^3/an$ d'une partie de poussière dans l'atmosphère peuvent se déposées sur les eaux de surface et s'infiltrées dans les nappes.

3.6 Détermination de la quantité de gaz émise par an :

Parmi les types d'explosifs à la mine de Sangarédi (Anfo et Emulsion), la matière première pour leur préparation est le nitrate d'ammonium (NH_4NO_3). Soit pour émulsion $HN_4NO_3=50$ à 85% et Anfo = 94% HN_4

La réaction de la décomposition de ce nitrate est donnée par :



D'après cette réaction les gaz les plus nocifs émis sont : NO_2 , NO et N_2 . Sachant que la charge moyenne d'un trou explosif est de 65 Kg, soit 61 Kg de nitrate pour l'Anfo.

Quantité moyenne de nitrate par tir sera : la charge moyenne de nitrate d'un trou (61Kg) par le nombre de trou par tir (150)

$$\text{Quantité moyenne de nitrate par tir sera : } Q_{moyNH_4NO_3} = 61 \times 150 = 9150 \, Kg$$

Trouvons la masse de nitrate à utiliser pour abattre 15 000 000 tonnes de bauxite, soit $7\,653\,061,224 m^3$

Si : 36000 (*volume de roche abbatu par tir*) $\rightarrow$

9150Kg (*Quantité moyenne de nitrate par tir*)

$$7653061,224 m^3 \rightarrow Q_{moyNH_4NO_3}$$

Ainsi calculons les volumes de gaz azotiques émis annuellement par les tirs de mine dans les conditions normales de température de la pression.

$$V_{NO_2} = \frac{Q_{moyNH_4NO_3} \times VN_2}{HN_4NO_3} = \frac{1945153 \times 2 \times 22,4}{8 \times 0,08} = 136160710 \, litres$$

$$\text{Soit } V_{NO_2} = 136,160 \, m^3$$

$$V_{NO} = \frac{Q_{moyNH_4NO_3} \times VN_2}{HN_4NO_3} = \frac{1945153 \times 4 \times 22,4}{8 \times 0,08} = 272321420 \, litres$$

$$\text{Soit } V_{NO} = 272,321 \, m^3$$

$$V_N = \frac{Q_{moyNH_4NO_3} \times VN_2}{HN_4NO_3} = \frac{1945153 \times 5 \times 22,4}{8 \times 0,08} = 340401775 \, litres$$

Soit $V_N = 340,401m^3$

Le volume total des gaz azotiques est de :

$$V_T = V_{NO_2} + V_{NO} + V_N = 136,160 + 272,321 + 340,401 = 749,881m^3/an$$

$$V_T = 749,881m^3/an$$

2.4 Evaluation de l'impact de la vibration

2.4.1 Calcul de la vitesse de propagation des ondes vibratoires :

En ciel ouvert, lorsque les gaz d'explosion se détendent dans la masse d'air ambiante, une onde de surpression acoustique est générée, avec du bruit associé. L'exposition à une surpression aérienne trop élevée peut causer des dommages auditifs, et peut endommager notamment les fenêtres des bâtiments environnants (DELILLE, 2012).

D'après les règles de sécurité pour les tirs de mine, les distances ci-après doivent être observées :

- Équipement et personnel : 300 à 500 m
- Habitation et infrastructures : 800 à 1000 m

Examen des deux cas en fonction de la distance (Rayon) de sécurité :

- Le site d'extraction par rapport à la cité :
- Le site par rapport aux village environnants.

1^{er} CAS : le plateau par rapport à la ville

Tableau N°4 : Nombre de trous par tir

Mine	Nombre de trous par tir						Moyenne	Distance de l'impact, (m)
Sangarédi	124	85	132	86	69	157	108	4000

la quantité d'explosif par tir $\frac{Q_{ex}}{tir} = \frac{N_{tr}}{tir} \times \frac{Q_{ex}}{tr}$

$Q_{ex/tr}$ quantité d'explosif par trou 65 kg, $N_{tr/tir}$ nombre moyen de trous par tir 108 trous.

$$Q_{ex/tir} = 65 \times 108 = 7020 Kg$$

La vitesse de propagation des ondes dans les roches est donnée par la relation :

$$v = k \left(\frac{D}{\sqrt{Q}} \right)^{-1,8} ; mm/s$$

Où :

D est la distance de sécurité en m

Q la quantité d'explosif en Kg

K constance qui tient compte des caractéristiques du site étudié : K=2500

Ainsi :

$$v = 2500 \left(\frac{4000}{\sqrt{7020}} \right)^{-1,8} = 2,37 \text{ mm/s}$$

$$v = 2,37 \text{ mm/s}$$

Suivant les normes DIN-4150 du projet EIE à Bougrine (Tunisie) $V=4\text{mm/s}$, la vitesse de propagation des ondes n'a pas d'impact sur la cité de sangarédi.

2^{ème} CAS : les plateaux par rapport aux villages environnements sachant que la charge moyenne est de 65 Kg par trou pour un nombre variant de 85 à 210 trous, calculons la vitesse avec laquelle les ondes atteindront les villages environnements situé à 800 m des chantiers d'extraction.

- Pour Ntr = 85, $Q=65 \times 85=5525\text{Kg}$ et $V=34,71 \text{ mm/s}$
- Pour Ntr=210, $V=78,34 \text{ mm/s}$

2.4.2 Mesure de la vibration

L'évaluation de l'impact des travaux de minage sur l'environnement riverain de la mine de Sangarédi selon le rapport de production (Nitro, 2022), nous a conduit à l'utilisation de la méthode analytique pour l'estimation théorique des nuisances générées par les tirs. Cette méthode a été appuyée par l'utilisation du sismographe DELTA-SEIS 1 et 2 de mesure des nuisances sismiques et acoustiques des tirs de mines.

La grandeur mesurée est le dB(L) ou Décibel linéaire. La surpression aérienne peut aussi être exprimée en Pascal (Pa). La réglementation recommande de se tenir en dessous de 125 dB(L). Le bruit se mesure avec des capteurs de surpression aérienne qui sont souvent intégrés au sismographe vendu dans le commerce. On peut aussi utiliser un sonomètre. A la mine de mine les valeurs limites acceptables pour :

- Vitesse de déplacement des particules dans le sol $V = 5 \text{ mm/s}$;
- Vibration aérienne ou acoustique (115 db).

2.4.2.1 Sismographe DELTA SEIS

i) Présentation

Développés par les sociétés Air Systems et SIMI, les enregistreurs DELTA SEIS 1 et 2 sont des sismographes de dernière génération destinée au contrôle des nuisances sismiques et acoustiques des tirs de mines.

Ces appareils sont conformes à la norme AFNOR NF E90 20 relatives aux caractéristiques des appareillages de mesures de ces phénomènes.

Les deux appareils sont dotés d'un écran graphique tactile permettant :

Le réglage aisé des paramètres de déclenchement et d'informations sur les enregistrements effectués (emplacement du tir, distance, charge unitaire et totale du tir).

L'affichage sur site des signaux enregistrés.

Les mesures sont enregistrées sous clef USB amovible : les données peuvent ensuite être directement analysées sur ordinateur avec les logiciels d'exploitation analyse Deltaseis ou While2003.

Le Deltaseis 1 est doté d'un capteur de mesure de vibration sismique (géophone tridirectionnel 4.5 Hz) et d'un microphone pour la mesure de surpression acoustique.

Il est livré dans une valisette de transport contenant deux clefs USB, le géophone, le microphone et son pied support et le chargeur.

Le Deltasies 2 est doté d'un capteur de mesure de vibrations sismiques (géophone tridimensionnel 4.5 Hz), d'un microphone pour la mesure de surpression acoustique et d'une imprimante permettant l'impression sur site des données.

Il est livré avec deux clefs USB, le géophone externe, le microphone et son pied support puis un câble de recharge secteur.

ii) Caractéristiques techniques

Tableau N°5 : Les caractéristiques techniques des deux appareillages sont les suivantes :

Gamme de mesure sismique	0-32 mm/s en standard 0-127mm/s en option (réglage usine)
Seuil de déclenchement	Réglage par pas de 0.1 mm/s à partir de 0.2 mm/s
Capteur sismique	En standard géophone externe tridimensionnel 4.5Hz. Tout type de géophone peut être envisagé moyennant un réglage complémentaire.
Gamme de mesure acoustique	0.06 à 5 mbar 110 à 147 dB brut
Seuil de déclenchement acoustique	Réglage par pas de 1 dB à partir de 115 dB (10 Pascal)
Capteur acoustique	Capteur piézorésistif à basse sensibilité (10 mbar pleine échelle, 1000 Pascal)
Temps d'acquisition	Reglage de 2 à 14 s par pas de 2 s
Échantillonnage	2048Hz
Dynamique	66 dB
Capacité maximale	En fonction de la mémoire disponible sur la clef USB, 1000 enregistrements de 4 s sur clef USB de 250Mo
Alimentation	Par chargeur externe pour le Deltaseis 1 Sur secteur pour le Deltaseis 2
Autonomie	7 jours en mode acquisition sans recharge 5 heures en mode consultation des données
Température d'utilisation	-10 ° à +40° C

Limite d'emploi	Les Deltaseis 1 et 2 doivent être conservés dans un local sec et tempéré. Si les appareils sont utilisés en milieu humide, les mettre à sécher couvercle ouvert à une température comprise entre 15 et 25 ° C.
Dimensions	Deltaseis 1 : conditionné dans une valisette de transport de 23x19x11 cm Deltaseis 2 : conditionné dans une valise plastique de 47x35x18 cm
Poids	Deltaseis 1 : 4.5 kg Deltaseis 2 : 7.5 Kg
Logiciel d'exploitation des données	Logiciels analyseDeltaseis ou While2003 (affichage des signaux, calcul de pondération selon l'arrêté du 22/09/94, FFT, filtrage, ...) ou tout autre logiciel d'exploitation pouvant lire des fichiers ascii au format dtc.
Garantie	Les appareils sont garantis pièces et main d'œuvre pendant 1 an.
Support technique et service après-vente	Pour tout problème technique sur le fonctionnement des appareils, contacter les sociétés SIMI

iii) Mode d'emploi

a) - Généralité

Les Deltaseis 1 et 2 sont équipés d'un écran tactile qui permet de régler les différents paramètres de fonctionnement par appui sur l'écran. Pour un fonctionnement optimal, l'écran doit être propre et bon état.

Les mesures sont enregistrés sous clef USB fournie avec l'appareil. Le formatage de la clef est spécifique à l'appareil (format FAT 32) : en cas de perte ou endommagement de la clef USB, nous vous remercions de nous contacter pour vous transmettre les instructions de formatage.

La charge de la batterie s'effectue en 12 heures. L'autonomie de l'appareil est de 15 jours en mode mesure, écran éteint.

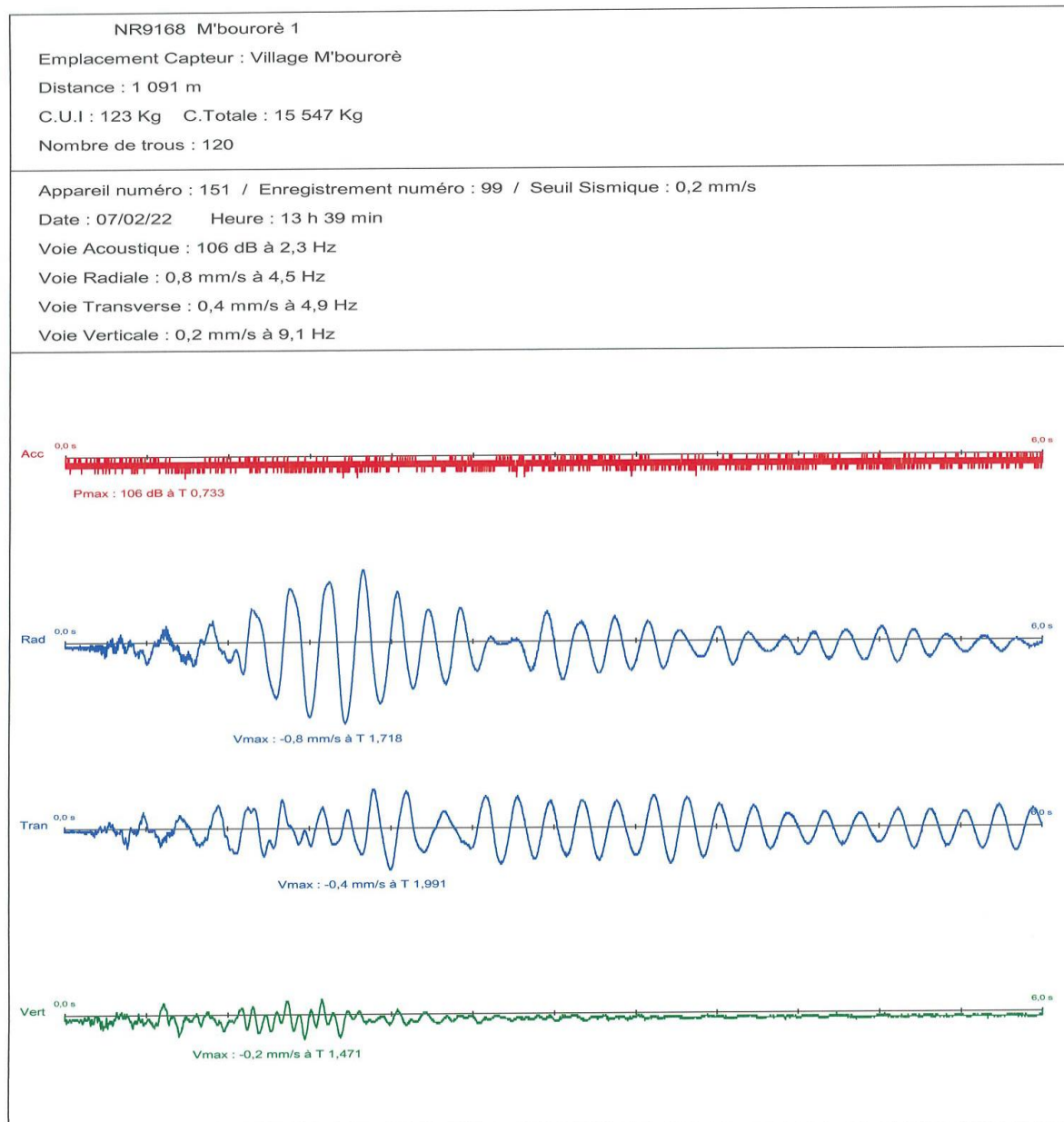
b) - Branchement des capteurs

Avant la mise en marche, brancher le(s) capteur(s) dans les prises situées à droite de l'appareil. La prise ronde est destinée au capteur (géophone) pour les appareils avec capteur externe. La prise rectangulaire (RS232) est destinée au capteur de surpression acoustique.

c) - Mise en marche

La mise en marche des appareils s'effectue en appuyant sur la touche M/A située en haut à droite de la face avant de l'appareil. Après appui sur la touche, le témoin de mise en route s'affiche quelques secondes (diode rouge) et l'écran s'allume.

Figure1 : Courbe de vibration solidienne et acoustique du plateau



III. Résultats et Discussions

Le volume total de gaz azotique émis par an dans l'atmosphère du site d'exploitation est de :

$$V_{\text{gaz}} = 750 \text{ m}^3/\text{an}$$

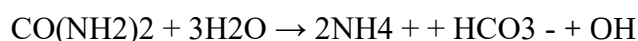
Outre ces gaz azotiques émis, les produits chimiques les plus agressifs en matière d'abattage dans les mines sont ceux utilisés dans le cadre de la fabrication à savoir : l'acide sulfurique (H_2SO_4), l'acide acétique (CH_3COOH) et le nitrate d'ammonium (NH_4NO_3)

Source : Explosifs détonant de types E, divisions de la réglementation des explosifs : Doc ; DRE-GO3-01. Canada 2015. (Adon, 2011) a souligné que dans l'objectif d'étudier le bilan de dépôt total d'azote atmosphérique, il apparaît important d'étudier et quantifier les dépôts secs à

l'échelle des principaux écosystèmes africains (savane sèche, savane humide et forêt). Ainsi, le réseau IDAF assure le suivi, depuis une dizaine d'années, des concentrations gazeuses mensuelles en surface du dioxyde de soufre (SO₂), du dioxyde d'azote (NO₂), de l'acide nitrique (HNO₃), de l'ammoniac (NH₃) et de l'ozone (O₃). Ces gaz ont un rôle important sur la composition chimique atmosphérique tropicale qui elle-même influence significativement la chimie globale (notamment le potentiel oxydant de l'atmosphère) et in fine le climat. Certaines espèces comme l'ozone sont également des gaz à effet de serre et, à l'échelle régionale, ont un impact sur la qualité de l'air et la santé.

Les oxydes d'azote (NO_x = NO + NO₂), sont essentiellement émis dans l'atmosphère sous forme de monoxyde d'azote (NO) qui se transforme ensuite rapidement en dioxyde d'azote (NO₂), plus toxique. Les oxydes d'azote sont fortement impliqués dans toute la chimie de la troposphère et de la stratosphère. Les sources des oxydes d'azote peuvent être d'origine anthropique ou naturelle.

Dans les activités anthropiques, la principale source d'ammoniac, à l'échelle globale, est l'agriculture, et notamment l'élevage. En effet, l'ammoniac provient de la décomposition de l'urée (CO(NH₂)₂) et de l'acide urique, présents dans les excréments d'animaux, en ion ammonium NH₄⁺, sous l'action de l'hydrolyse microbiologique de l'urée par l'enzyme uréase présente dans les faeces (**Bouwman, Boumans and Batjes, 2002**):



Cette action peut être aussi présente dans le sol où l'urée résiduelle, et d'autres composés azotés sont décomposés. En phase liquide, l'ammonium est en équilibre avec sa base conjuguée NH₃, qui elle-même est en équilibre avec NH₃ en phase gazeuse (**Bouwman, Boumans and Batjes, 2002**) :

NH₄⁺ (absorbé) ↔ NH₄⁺ (aq) ↔ NH₃ (aq) ↔ NH₃ (g) ↔ NH₃ (atm) Où (aq) représente la phase aqueuse, (g) gazeuse, et (atm) la perte dans l'atmosphère.

Tableau N° 6 : Récapitulatif des résultats de calcul

Poussière Vm (m ³)	Gaz (m ³)				Vibration (mm/s)
Vtir	Van	VNO ₂	VNO	VN ₂	800m
720	153061,22	136,16	272,321	340,401	56,52

Ces résultats dénotent l'importance des effets sismiques des tirs de mine sur l'environnement riverain des sites d'extraction de bauxite, le micro climat et l'air sont pollués par émission des poussière, gaz et vibration. La vitesse de propagation moyenne des ondes est de **V = 56,52mm/s > 4mm/s**

Ce résultat dépasse la vitesse recommandée par les normes de sécurité, alors cela nécessite le déplacement des populations vivant dans les rayons de la zone d'extraction.

Les mesures de surpression acoustique et de vibration sismique effectuées sur le terrain sont définies sur les graphiques ci-dessous.

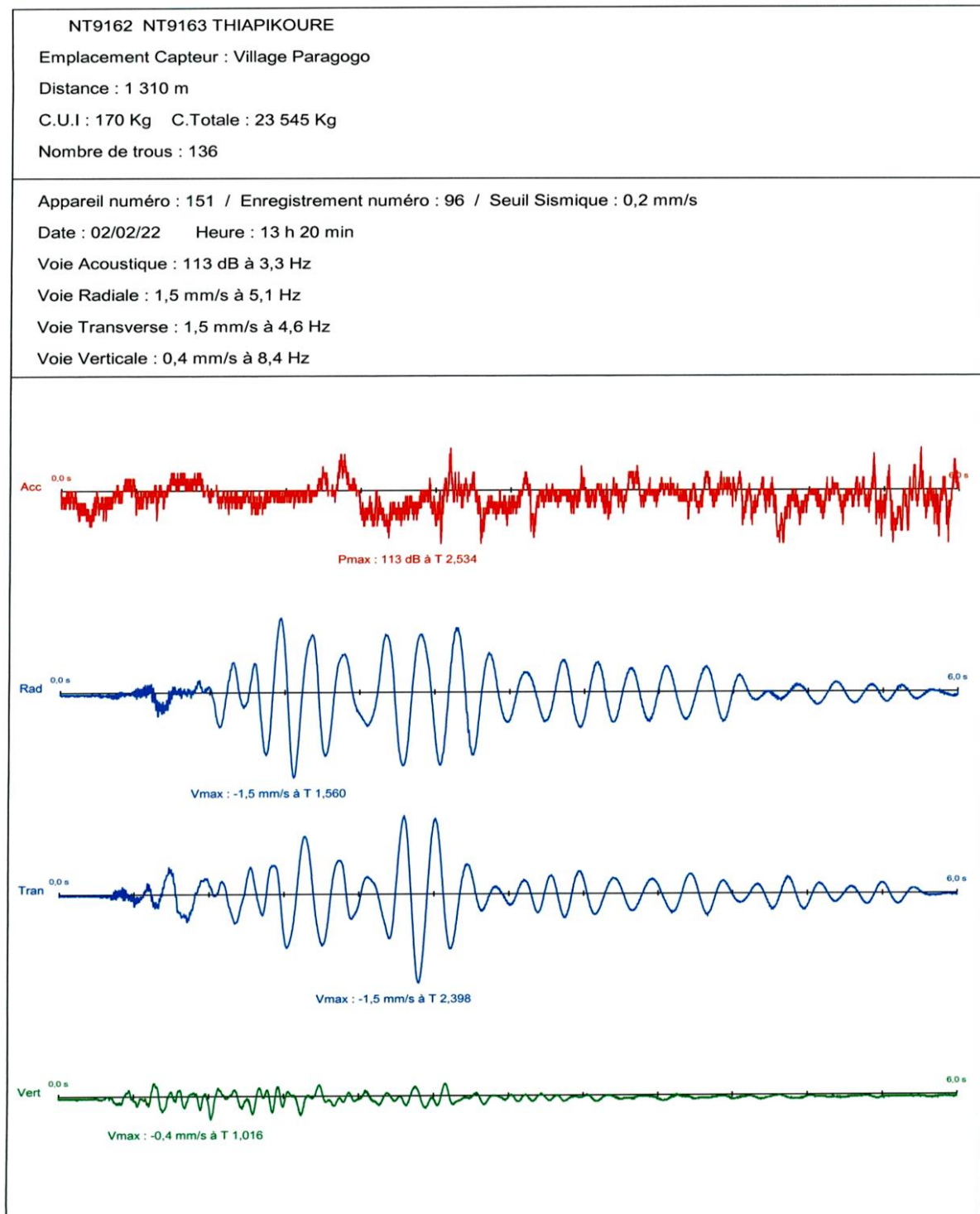


Figure 2 : Courbe de vibration solidienne et acoustique du plateau

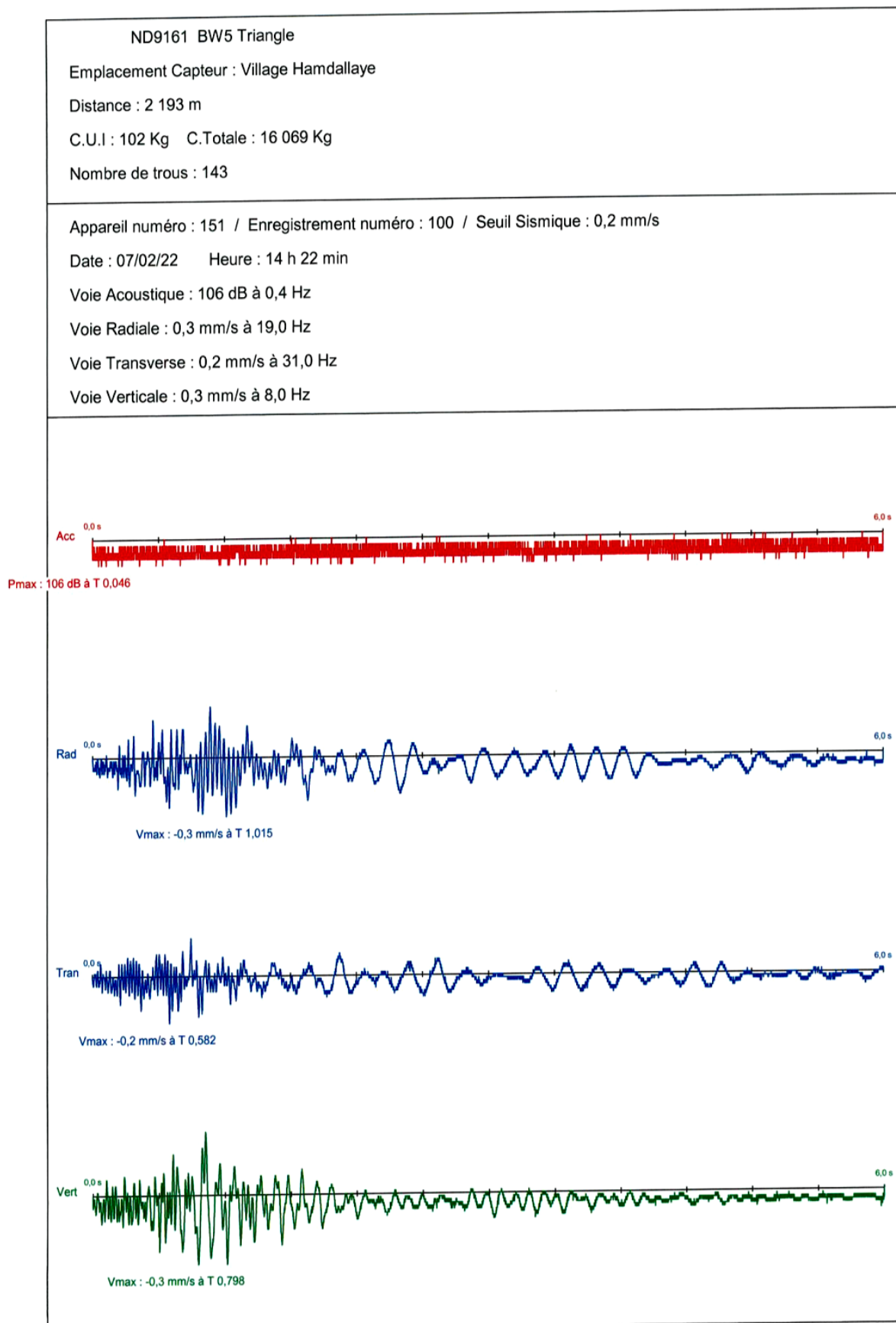


Figure 3 : Courbe de vibration solidienne et acoustique du plateau Hamdallaye

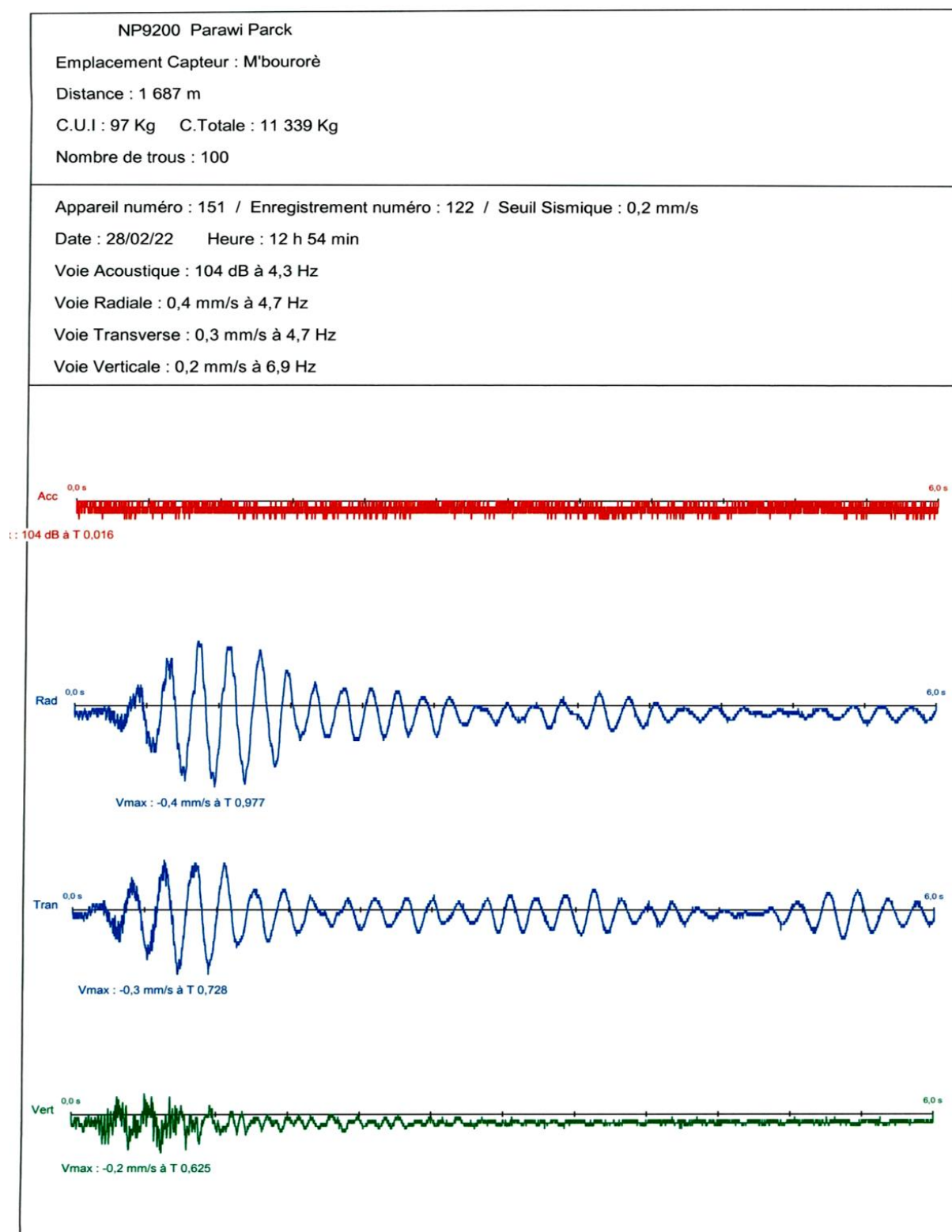


Figure4 : Courbe de vibration solidienne et acoustique du plateau Silidara

Conclusion

À la lumière des résultats de cette étude, les travaux d'abattage à l'explosif restent l'opération la plus polluante des différents processus d'exploitation dans les mines. La pollution de l'air atmosphérique est caractérisée essentiellement par les rejets incontrôlés de poussière, de fumée et de gaz provenant des explosions de charges détonantes. Les explosifs sont des produits chimiques qui peuvent soit par contact direct cutané, soit par inhalation des vapeurs ambiantes, soit par inhalation des fumées après combustion des accessoires, provoquant des dommages plus ou moins graves à la santé des travailleurs. Les travaux d'abattage doivent désormais se situer dans une perspective de bio-économie. Quand on sait qu'à l'échelle mondiale, le problème de l'environnement le plus immédiat tient compte de l'importance des états pathogènes et des décès prématurés liés à la présence des agents biologiques dans l'environnement de l'homme : l'air, l'eau, les aliments, les sols, etc. La toxicité des fumées sur un chantier dépend de nombreux paramètres tels que le type d'explosif utilisé, son régime de détonation, l'importance de la charge mise à feu, la résistance de la structure de la roche, le plan de tir et surtout les conditions d'aérage. C'est pourquoi les concentrations en gaz toxiques présents dans un chantier donné sont bien plus importantes que les productions intrinsèques de tels gaz par l'explosif. Les poussières générées par les tirs sont inévitables : leur intensité dépend étroitement du type de matériaux minés et de l'hydrogéologie du site.

En outre, nous recommandons de prendre des dispositions pour réduire ou supprimer ces poussières, ou lorsque cela n'est pas raisonnable et pratiquement réalisable, il faut fournir des équipements voulus pour prévenir l'inhalation des poussières et veiller à ce que ces équipements soient constamment utilisés.

Des dispositions appropriées devraient être prises pour lutter contre les poussières en suspension dans l'air sur tous les lieux de travail, il convient de porter une attention particulière aux circonstances, opération ou emplacement ci-après :

- Au front d'abattage, pendant la période immédiatement postérieure au tir de mines ;
- Lors de l'utilisation de foreuses ou d'autres machines de foration au rocher dépourvues de dispositifs efficaces de captage ou de suppression des poussières ;
- Aux points de chargement ou de déchargement, en particulier en atmosphère sèche ;
- Dans toutes les voies de roulage de la mine.

BIBLIOGRAPHIE

Adon, M. (2011) 'Etude des concentrations de gaz atmosphériques et estimation des flux de dépôt sec à l'échelle des principaux écosystèmes africains', p. 291.

Baghvand (2010) 'Optimizing Coagulation Process for Low to High Turbidity Waters Using Aluminum and Iron Salts', *American Journal of Environmental Sciences*, 6(5), pp. 442–448. Available at: <https://doi.org/10.3844/ajessp.2010.442.448>.

Bernard, T., Dozolme, P. and Butron, A.D. (1995) 'Le Contrôle Total des Tirs de Mine en Carrière', p. 18.

Bouwman, A.F., Boumans, L.J.M. and Batjes, N.H. (2002) 'Modeling global annual N₂O and NO emissions from fertilized fields: N₂O AND NO EMISSIONS FROM FERTILIZERS', *Global Biogeochemical Cycles*, 16(4), pp. 28-1-28-9. Available at: <https://doi.org/10.1029/2001GB001812>.

Budillon, R. (2009) *Règles techniques concernant les poussières*.

DELILLE, F. (2012) *Search for a hole-by-hole fragmentation prediction method in application to open pit blasts*. MINES ParisTech.

Thomas, F. (2017) 'Enjeux miniers en Guinée', p. 3.