

SCC

PK 0.8, Route de dégrad des cannes,
97300 CAYENNE – Guyane française

PJ114 : Etudes EGIDE

Rapport

Réf : CACICA205352 / RACICA04264-01

HDE / JPT

21/11/2020



SCC

PK 0.8, Route de dégrad des cannes, 97300 CAYENNE – Guyane française
PJ114 : Etudes EGIDE

Ce rapport a été rédigé avec la collaboration de :

Objet de l'indice	Date	Indice	Rédaction Nom / signature	Vérification Nom / signature	Validation Nom / signature
Rapport	21/11/2020	01	H. DEDIEU	JP LENGLET	JP LENGLET

Numéro de contrat / de rapport :	Réf : CACICA205352 / RACICA04264-01
Numéro d'affaire :	A54568
Domaine technique :	Air Conseil Industrie

BURGEAP Agence Caraïbes • 12 Immeuble Les Flamboyants – Z.I. La Lézarde – 97232 Le Lamentin

Tél : 0596 55 08 60 • Fax : 05.96.56.82.45 • burgeap.caraibes@groupeginger.com

SOCIETE DES CARRIERES DE CABASSOU

PROJET DE RENOUVELLEMENT ET D'EXTENSION DE LA CARRIERE DES MARINGOUINS (973)

PREVISION DE L'IMPACT VIBRATOIRE DES TIRS DE MINES

Référence :		19-24NT		
Indice	Date	Rédaction	État	Modifications - Observations
Cd	26/11/2020	SAUVAGE	ORI	
Bc	19/11/2020	SAUVAGE	ORI	
Ab	17/07/2019	SAUVAGE	PRE	



TABLE DES MATIERES

1 - PRÉSENTATION DE LA CARRIERE ET DE SON ENVIRONNEMENT.....	3
2 - LIMITES SUR LES STRUCTURES RIVERAINES	6
2.1. VIBRATIONS	7
2.2. SURPRESSION AERIENNE.....	7
2.3. NOTIONS DE PERCEPTION ET DE GENE DES RIVERAINS.....	8
3 - MESURES DES IMPACTS DE 2019 A 2020	9
4 - LOIS DE PROPAGATION DES VIBRATIONS.....	10
5 - PREVISION DES NIVEAUX VIBRATOIRES.....	12
6 - CONCLUSION	14

TABLE DES ILLUSTRATIONS

TABLEAU° 1A – DETAIL DES ALTITUDES ET DES HAUTEURS DES FRONTS ENVISAGES DANS LA FOSSE ACTUELLE	4
TABLEAU° 1B – DETAIL DES ALTITUDES ET DES HAUTEURS DES FRONTS ENVISAGES DANS L’EXTENSION.....	4
CARTE° 2 – EXTRAIT DE LA CARTE IGN PRESENTANT LES RIVERAINS DE L’EXPLOITATION	4
TABLEAU° 3 – STRUCTURES RIVERAINES DU PROJET DE CARRIERE, ALTITUDES ET DISTANCES MINIMALES AVEC LES TIRS DE MINES	5
TABLEAU 4 : SEUIL D’APPARITION DES EFFETS DE LA SURPRESSION	8
HISTOGRAMME 5 : CHARGES UNITAIRES DES TIRS ETUDIES DE 2019 A OCTOBRE 2020.....	9
HISTOGRAMME 6 : NIVEAUX BRUTS DES VIBRATIONS DE 2019 A OCTOBRE 2020	9
HISTOGRAMME 7 : DISTANCES TIR-SISMOGRAPHE DES MESURES DE 2019 A OCTOBRE 2020.....	10
TABLEAU 8 : LOIS OBTENUES A PARTIR DES DONNEES PONDEREES DE 2013 A OCTOBRE 2020	11
GRAPHIQUE 9 : MESURES ET LOIS OBTENUES A PARTIR DES DONNEES PONDEREES DE 2013 ET 2019.....	11
TABLEAU 10 : ENCADREMENT DES NIVEAUX AVEC LES LOIS DE PROPAGATION.....	12
TABLEAU 11 : COMPARAISON DES NIVEAUX THEORIQUES ET REEL DU TIR DU 28/10/2020.....	13
TABLEAU 12 : NIVEAUX MOYENS DE VIBRATION PONDEREE ESTIMES A PARTIR DE LA CHARGE UNITAIRE EN EXPLOSIF.....	13
TABLEAU 13 : NIVEAUX MAX DE VIBRATION PONDEREE MAJORANTE ESTIMES A PARTIR DE LA CHARGE UNITAIRE EN EXPLOSIF	13
A2-1 – PHASES 1 A 7 DU PROJET	18
A3-1 – EXEMPLE EN DIAMETRE 89 MM D’UN TIR DE 12 M.....	26
A3-2 – EXEMPLE EN DIAMETRE 89 MM D’UN TIR DE 15 M.....	27

ANNEXES

A1 - LOCALISATION DE LA CARRIERE ET DU PROJET D’EXTENSION	15
A2 - PHASAGE.....	17
A3 - PLANS DE CHARGEMENT.....	25
A4 - MESURES DE VIBRATION DE 2013 ET 2020.....	28



La présente note technique a été élaborée par EGIDE Environnement à la demande de la Société des Carrières de Cabassou qui exploite la carrière de roche massive des Maringouins (973).

Il s'agit d'analyser les impacts vibratoires des tirs de mines et de vérifier la procédure d'anticipation et de suivi des niveaux vibratoires dans le cadre de la demande d'augmentation de la quantité d'explosifs utilisés dès réception, et du dossier de demande de renouvellement et d'extension de la carrière.

Actuellement l'UDR permet la livraison de 425 kg d'explosifs ; la demande porte sur une quantité maximale de 950 kg.

L'augmentation du nombre de trous par tir, permettrait notamment de diminuer le nombre de tirs par semaine et donc l'impact à l'extérieur du site.

Les données concernant le site et les structures voisines ont été transmises par la SCC.

Dans un premier temps, les mesures de vibration réalisées en autocontrôle par l'entreprise ont constitué une base de données à partir de laquelle sont calculées des lois de propagation de vibrations. Ces mesures ont été réalisées pour des tirs situés sur les fronts de la fosse actuelle.

Les calculs statistiques permettent de définir les différents paramètres de lois prévisionnelles, caractéristiques du site des Maringouins et des choix de l'exploitant.

Les charges unitaires maximales envisageables sont déterminées en fonction des distances minimales entre les tirs et les structures environnantes, et la limite de vitesse particulière définie dans l'arrêté n°1968 IB/ID/ENV du 19/10/2000.

Le but ultime de cette démarche est de construire une procédure d'anticipation des niveaux avant chaque tir avec une marge de sécurité acceptable, pour garantir l'adaptation du plan de tir sur les fronts de 12 m dans la fosse actuelle, et les fronts de 15 m du projet d'extension, au fur et à mesure de l'avancement de l'exploitation et de la distance aux structures voisines.

I - PRÉSENTATION DE LA CARRIERE ET DE SON ENVIRONNEMENT

L'annexe I présente le plan de la carrière, située au Sud de l'agglomération de Cayenne.

La carrière exploite l'un des mornes formés par les roches dures les plus anciennes du bouclier guyanais. La montagne des Maringouins culmine à 48 m NGG au Nord-Ouest de la carrière.

Le projet de carrière a pour objectif de produire des granulats avec un rythme de production moyen de 350 000 T/an jusqu'en 2050, c'est-à-dire 140 000 m³/an. Cette production pourra atteindre 500 000 T/an, soit 200 000 m³/an.

L'extraction du massif rocheux est prévue à l'explosif en suivant un maximum de cinq fronts d'abattage de 6 m, 12 m et 15 m de hauteur entre les niveaux -27 m NGG et 39 m NGG. Il s'agit communément



de tirs en gradins (déplacement des matériaux lors de l'abattage face au front et au-dessus de la plateforme).

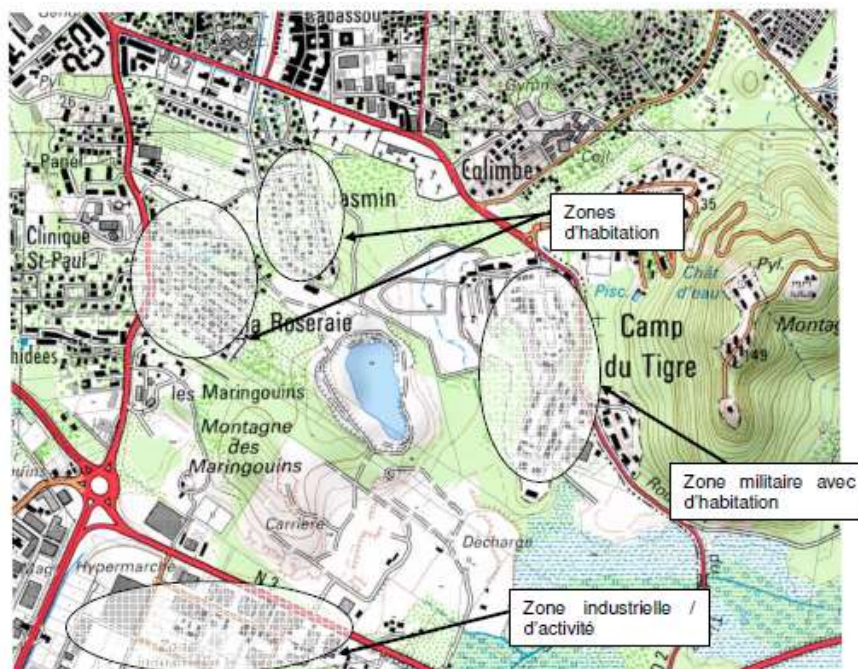
Etage	Pied de front m NGG	Hauteur de front (m)	Hauteur maximale m NGG
5	21	12	33
4	9	12	21
3	-3	12	9
2	-15	12	-3
1	-27	12	-15

Tableau° 1a – Détail des altitudes et des hauteurs des fronts envisagés dans la fosse actuelle

Etage	Pied de front m NGG	Hauteur de front (m)	Hauteur maximale m NGG
5	24	15	39
4	9	15	24
3	-6	15	9
2	-21	15	-6
1	-27	6	-21

Tableau° 1b – Détail des altitudes et des hauteurs des fronts envisagés dans l'extension

La carte 2 présente la localisation de la carrière et les environnants.



Carte° 2 – Extrait de la carte IGN présentant les riverains de l'exploitation

Les structures riveraines de l'extraction sont recensées dans le tableau 3, d'après les informations fournies par la société SCC : sont principalement concernés des habitations, des commerces, des entrepôts, des installations sportives...



Localisation	Type de structure	Distance minimale (m)	Altitude au sol (m NGG)
Sud	Route nationale n°3	210	[2-8]
	Bureaux groupe Ribal	241	5
	Zone industrielle	229	[2-8]
Sud – Ouest	Hypermarché U et parking	398	2
	Concession Mercedes	240	[2-8]
Ouest	RNI Cayenne – Balata	585	2
	Stade et autres installations sportives	120	5
Nord - Ouest	Route d'accès du Lotissement aux installations sportives	436	5
	Lotissement La Roseraie	290	5
	Groupe scolaire de la Roseraie	270	2
Nord	Lotissement Jasmin	189	10
Nord - Est	Installations militaires Camp du Tigre	363	5
Est	Route départementale n°2 Route du Tigre	597	[2-5]
	Décharge	361	2

Tableau°3 – Structures riveraines du projet de carrière, altitudes et distances minimales avec les tirs de mines

Actuellement le minage est réalisé sur des gradins de 12 m. Les caractéristiques des plans de tir sont présentées en annexe 2 : le plan d'amorçage respecte les règles du tir séquentiel en bi détonation par trou et le plan de chargement est réalisé par le personnel de la carrière depuis de nombreuses années.

Le volume par trou de 108 m³ est obtenu avec une banquette de 3 m et un espacement de 3 m. Les trous forés en diamètre 89 mm ont un angle de 5° et la surprofondeur est de cinquante centimètres. Les tirs comportent 11 trous et leur disposition dépend de la géométrie du front : une à trois rangées sont réalisées en fonction de la situation.

Les chargements sont mis en œuvre dans des trous secs ou mouillés avec deux charges par trou de 12 m :

- 1 détonateur non électrique fond de trou et un élément retard de 25 ms en surface
- 9 cartouches d'émulsion Emulstar 8000 UG en diamètre 70/2080
- bourrage intermédiaire de 1,5 m à 3 m en matériaux concassés de taille [4-6] mm
- 1 détonateur non électrique fond de trou et un élément retard de 25 ms en surface
- 9 cartouches d'émulsion Emulstar 8000 UG en diamètre 70/2080
- bourrage terminal de 3 m en matériaux concassés de taille [4-6] mm

La charge unitaire est de 18,7 kg d'explosifs par départ.



Le chargement prévu pour les trous de 15 m est le suivant :

- 1 détonateur non électrique fond de trou et un élément retard de 25 ms en surface
- 13 cartouches d'émulsion Emulstar 8000 UG en diamètre 70/2080
- bourrage intermédiaire de 1,5 m à 2,1 m en matériaux concassés de taille [4-6] mm
- 1 détonateur non électrique fond de trou et un élément retard de 25 ms en surface
- 13 cartouches d'émulsion Emulstar 8000 UG en diamètre 70/2080
- bourrage terminal de 3 m en matériaux concassés de taille [4-6] mm

La charge unitaire théorique est de 27 kg d'explosifs par départ.

Dans tous les cas l'amorçage est conçu pour respecter les règles du tir en multi rangées.

L'augmentation du nombre de trous permet par ailleurs un meilleur contrôle de la géométrie des fronts après le tir et donc une diminution des vibrations sur le long terme.

Une quantité d'explosifs par livraison de 950 kg d'explosifs par tir permettraient la réalisation d'environ 25 trous sur les fronts de 12 m et de 17 trous sur les fronts de 15 m.

2 - LIMITES SUR LES STRUCTURES RIVERAINES

De manière générale les tirs de mines sont à l'origine :

- de vibrations impulsionnelles transmises par le sol autour du tir,
- de l'émission d'une onde acoustique de courte durée,
- de déplacement de rochers dans un périmètre défini.

L'impact des tirs à l'extérieur de l'exploitation intervient principalement du fait de phénomènes physiques continus (énergie se propageant dans le massif rocheux et dans l'air) mais qui s'atténuent avec la distance.

La réglementation française demande à l'exploitant :

1. de maîtriser les vibrations issues des tirs de mines afin que les structures riveraines soient protégées :
 - des effets directs (fissurations par exemple) par des excitations répétées ou non, mais à niveau élevé, par les sources impulsionnelles ;
 - des effets indirects par densification du sol.
2. d'éviter la gêne notamment en limitant le niveau de pression acoustique de crête à 125dB_I.



2.1. VIBRATIONS

Les impacts vibratoires des tirs de mines sur les habitations sont réglementés par les textes suivants :

- Arrêté du 22/09/1994 relatif aux exploitations de carrières et aux installations de premier traitement des matériaux de carrières.
- Circulaire n°96-52 du 2 juillet 1996 relative à l'application de l'arrêté du 22 septembre 1994 relatif aux exploitations de carrières et aux installations de premier traitement des matériaux de carrières.

L'arrêté du 22/09/94 applicable aux exploitations de carrières fixe une limite de 10 mm/s de vitesse particulière pondérée sur « les constructions avoisinantes étant des immeubles occupés ou habités par des tiers ou affectés à toute activité humaine ».

La limite de 10 mm/s pondérée permet de prévenir les risques d'apparition de dégâts dans les structures avoisinantes. Rappelons que la pondération en fonction du contenu fréquentiel et ce niveau limite ont été retenus par le législateur afin de préserver l'état des structures voisines des activités, ce qui implique que les mesures soient réalisées sur les habitations. Des points de mesures extérieurs peuvent correspondre à des ententes locales mais les contenus fréquentiels des signaux mesurés doivent être représentatifs des fréquences mesurées sur les habitations.

L'arrêté n° 1968 IB/ID/ENV du 19/10/2000 autorisant l'exploitation de la carrière reprend la limite de 10 mm/s de vibration pondérée.

2.2. SURPRESSION AERIENNE

La surpression aérienne est la variation de pression dans l'air autour de la pression atmosphérique ambiante. Elle est liée aux mouvements des particules de l'air autour de leur position de repos, mouvement qui se propage de proche en proche, à une vitesse voisine de 340 m/s, depuis la source que constitue un tir de mine.

Les microphones associés aux géophones sur les sismographes spécialisés pour les tirs de mines fournissent des mesures en décibel linéaire (aucune pondération du signal brut n'est réalisée) ou en Pascal (Pa).

Les surpressions aériennes émises par les tirs de mines possèdent des fréquences variant essentiellement de 1 Hz à une cinquantaine de Hertz selon le phénomène qui en est l'origine. Une partie de l'énergie transmise par ces ondes est donc inaudible ; c'est d'ailleurs souvent la part la plus importante puisque, pour la plupart des tirs, près de 90% de l'énergie transmise est dans le domaine des infrasons.

Les surpressions aériennes peuvent être à l'origine de dégâts dans les constructions comme, par exemple des bris de vitrage. Le tableau 4 présente, les seuils d'apparition de phénomènes liés à la surpression d'après différentes sources.



Valeur en crête de la surpression aérienne		Effet
dBL	Pa	
100	2	Seuil de perception à 5 Hz
120	20	Vitres qui vibrent, lustres qui bougent
125	35	Seuil conseillé de la circulaire de 1996 du Ministère de l'environnement – Seuil conseillé par la FEEM
130	63	Seuil USBM - vibration sensible des planchers
134	100	Début d'apparition des risques de bris de vitrage pour des baies vitrées (10^{-5}) à 1 Hz
135	112	Seuil d'apparition des dégâts (microfissures dans les plâtres et d'enduits, déplacements de tuiles)
139	180	Seuil maximum d'exposition des personnes - OMS
142	250	Début d'apparition des risques de bris de vitrage pour des fenêtres (10^{-5})
170	6000	Bris de toutes les vitres d'habitation

Tableau 4 : Seuil d'apparition des effets de la surpression

Les surpressions sont, plus que les vibrations, dépendantes :

- du confinement et donc du plan de tir, c'est-à-dire de la banquette et du bourrage terminal, mais plus encore de la structure du massif et plus particulièrement des discontinuités présentes, de leur continuité, de leur orientation et de leur ouverture.
- de l'orientation des fronts par rapport au point de mesurage : elles sont maximales dans la direction des tirs et minimales dans la direction opposée, et la variation de surpression entre ces deux directions peut atteindre un rapport de 10.
- des effets d'écrans constitués par des talus ;
- des conditions climatiques et en particulier du vent.

La circulaire d'application du 02/07/1996 de l'arrêté du 22/09/1994 conseille une limite de 125 décibels linéaires (dBL) au niveau des structures. Un seuil de confort est généralement admis à 118 dBL.

Le suivi des niveaux de surpression aérienne est important car il permet de détecter des évolutions du confinement du massif rocheux ou des paramètres de tir (banquette plus faible, déviation vers le front...) à l'origine d'augmentation de surpression. La mesure de la surpression aérienne liée aux tirs de mines est une donnée fondamentale dans la maîtrise de la sécurité des tirs.

2.3. NOTIONS DE PERCEPTION ET DE GENE DES RIVERAINS

Nos études réalisées sur quelques sites en France métropolitaine ont montré que les niveaux moyens de gêne, c'est-à-dire les tolérances vis-à-vis des tirs, sont variables d'un site à l'autre. Ils sont liés aux historiques de prises en compte des remarques des riverains, aux autres impacts hérités des activités locales, à l'âge et l'état de santé des résidents...

Il est certain que le niveau de perception du tir, et donc de gêne dans certains cas, dépend non seulement du niveau de vibration, du niveau de surpression aérienne, de la durée globale du signal reçu sur la maison, mais aussi des bruits qui peuvent être induits par ces impacts dans la structure d'habitation.

Plus la durée du signal reçu au niveau de la structure est longue, plus la personne a le temps de percevoir le dérangement.



Plus la partie audible du signal global est importante (certaines fréquences de la surpression incidente peuvent mobiliser des éléments de la construction), plus la gêne évolue vers une angoisse crainte d'atteinte à l'intégrité du bâtiment. Rappelons que des niveaux inférieurs à 10 mm/s pondérés, limite ayant été choisie avec une marge de sécurité pour protéger les habitations, n'engendrent pas d'altération du bâti. La pondération aboutit à un signal dans lequel les basses fréquences (pouvant avoir une action sur la densification du sous-sol et l'apparition de microfissures) sont amplifiées et les hautes fréquences atténuées. Rappelons également pour les surpressions que des surpressions inférieures à 134 dB ne produisent pas de dégât dans les structures et a fortiori inférieures à 125 dBL. L'activité des personnes et leur localisation sont également fondamentales pour comparer les gênes entre deux tirs.

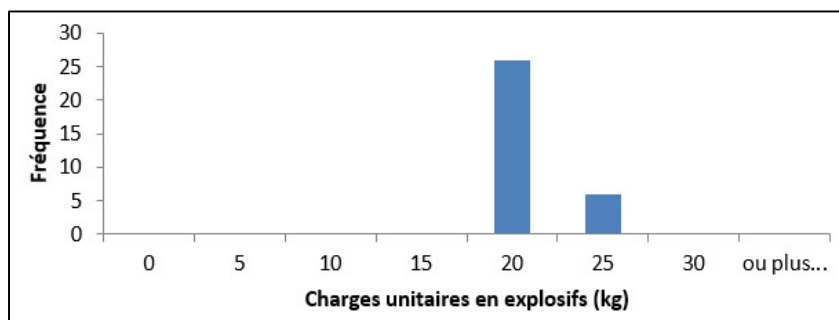
3 - MESURES DES IMPACTS DE 2019 A 2020

Quarante-huit mesures de vitesse particulière pondérée obtenues en autocontrôle par l'exploitant nous ont été transmises (annexe 4). Elles correspondent à quarante-huit tirs de mines réalisés sur la carrière de 2013 à septembre 2020.

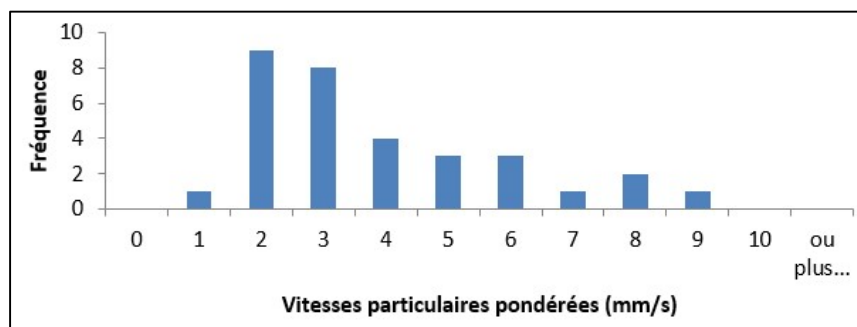
Les valeurs de la vitesse particulière pondérée, la distance et la charge unitaire associées proviennent des registres contenant les caractéristiques des tirs de mines, synthétisées dans un fichier annuel. Ces mesures concernent des tirs en gradin.

Les charges unitaires des tirs de 2019 et 2020, représentatives du mode d'exploitation actuel, sont présentées sur l'histogramme 5 ci-dessous : elles sont comprises entre 19 et 21 kg par retard.

Près de quatre-vingts pourcents des mesures de vibrations pondérées qui leur sont associées (histogramme 6) sont inférieures à 6 mm/s, toutes sont inférieures à 8,33 mm/s.



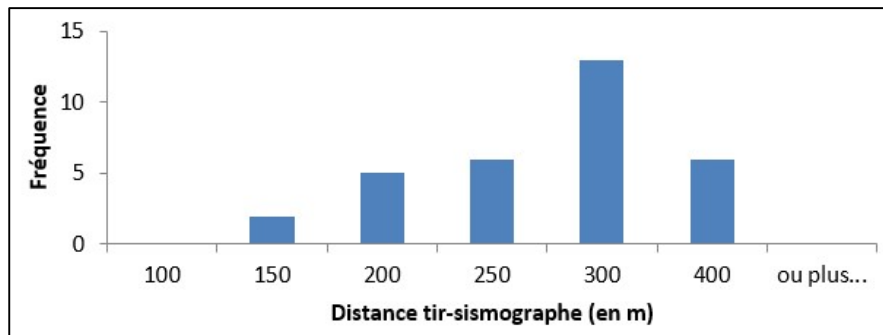
Histogramme 5 : charges unitaires des tirs étudiés de 2019 à octobre 2020



Histogramme 6 : Niveaux bruts des vibrations de 2019 à octobre 2020



Les distances pour lesquelles ces mesures ont été obtenues sont comprises entre 130 m et 360 m (histogramme 7)



Histogramme 7 : Distances tir-sismographe des mesures de 2019 à octobre 2020

En complément, notons qu'en 2019, l'entreprise a enregistré simultanément les vibrations et le niveau crête de surpression aérienne héritée des tirs. Huit mesures ont été obtenues : entre 108 et 117 dBL.

4 - LOIS DE PROPAGATION DES VIBRATIONS

Les vibrations émises lors des tirs se propagent dans le sol tout en s'y amortissant ; les principaux paramètres qui influencent les niveaux de vibrations sont les suivants :

- ✓ la quantité d'énergie mise en œuvre par départ (la charge unitaire)
- ✓ la distance entre le lieu de tir et le point considéré.

La vibration peut être caractérisée par sa vitesse particulière et par sa fréquence.

Les lois générales de propagation des vibrations s'écrivent :

$$V = K \cdot \left[\frac{D}{\sqrt{Q}} \right]^{-n} = K \cdot Dred^{-n} \quad (1)$$

Avec V : vitesse particulière maximale (mm/s)

Q : charge unitaire maximale (kg)

D : distance entre le tir et le point de mesure (m)

$D/Q^{0.5}$: distance réduite ($Dred$ sur les graphiques)

K et n : coefficients propres au tir et site

Le modèle de Pierre Chapot reste le mieux adapté pour décrire la propagation des vibrations dans le cas d'une carrière de roche massive (*Laboratoire des Ponts et Chaussées n°105, Etude des vibrations provoquées par les explosifs dans les milieux rocheux, septembre 1980*).

Des lois empiriques d'amortissement sont donc calculées à partir de la loi de Chapot :



$$V = K \cdot \left[\frac{D}{\sqrt{Q}} \right]^{-1.8} \quad (2)$$

Avec V : vitesse particulaire maximale (mm/s) Q : charge unitaire maximale (kg)
D : distance entre le tir et le point de mesure (m) K : coefficient propre au tir / **n = 1,8**

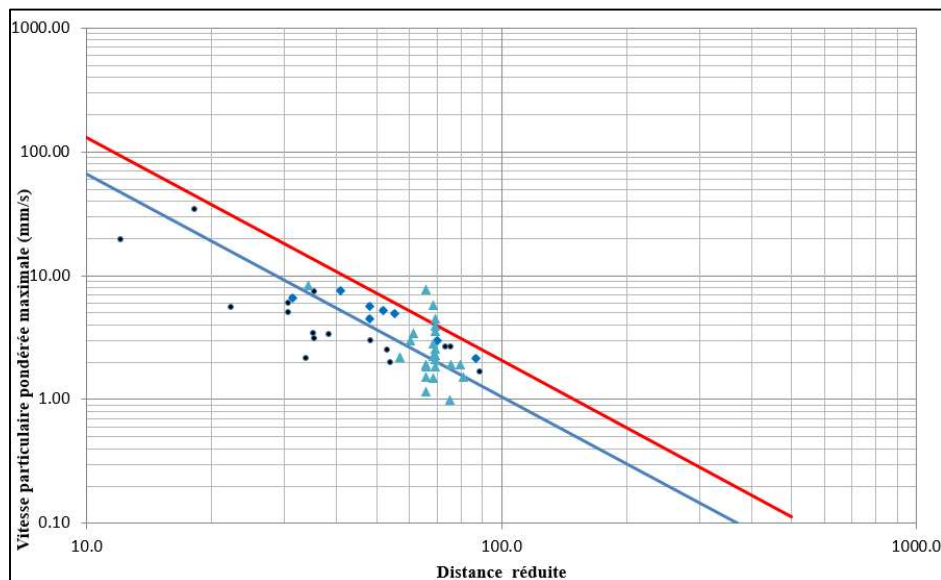
Dans ce paragraphe, sont présentées deux valeurs de K calculées, qui permettent d'encadrer les niveaux prévisionnels de vibration en fonction de la charge mise en œuvre et de sa distance au point de mesure :

- K moyen : 50% des vibrations sont au-dessus et au-dessous de la droite obtenue avec l'équation (2) ;
- K majorant : 90% des vibrations sont inférieures à la droite obtenue avec l'équation (2) en supposant que leur répartition statistique est normale.

Le tableau 8 ci-dessous présente les coefficients de site K moyen et majorant calculés avec les mesures pondérées des tirs de 2013 à octobre 2020 (graphique 9) :

Carrière des Maringouins	Pour les valeurs de vitesses particulières pondérées 2013-2020
Nombre de tirs	48
Nombre de mesures brutes	48
K moyen	3922
K majorant	6993

Tableau 8 : lois obtenues à partir des données pondérées de 2013 à octobre 2020



Graphique 9 : mesures et lois obtenues à partir des données pondérées de 2013 et 2019
(Ronds : 2013, losanges : 2019 ; triangles : 2020)

Le coefficient K est influencé par le milieu de transmission (l'état du rocher), par les variations des pratiques de tirs et la qualité des mesures.



Une loi majorante de propagation des **vitesse**s particulières pondérées pour les tirs de la carrière s'écrit donc :

$$V_{maj} = 6993 \cdot \left[\frac{D}{\sqrt{Q}} \right]^{-1,8} \quad (3)$$

5 - PREVISION DES NIVEAUX VIBRATOIRES

Connaissant des lois qui simulent la relation entre les vibrations dues au tir de mines et la distance aux structures riveraines de la carrière des Maringouins, l'exploitant s'assure, au moment de la création du plan de tir, c'est-à-dire avant l'implantation du tir sur le front, que la charge unitaire qu'il prévoit respectera la limite de 10 mm/s de vitesse particulière pondérée.

Dans les zones proches des habitations, il maîtrise les risques de projections en vérifiant et en adaptant au besoin les paramètres de tir (banquette, espacement, énergie des explosifs, bourrage terminal)

1. Il instaure une méthode de suivi des distances précises entre les structures riveraines et l'emplacement prévu de son tir.
2. Il s'assure de la maîtrise de la géométrie des fronts à abattre.
3. Il utilise des lois de propagation mises à jour régulièrement afin d'encadrer avec un risque acceptable le niveau de vitesse particulière prévu.

L'utilisation de la loi de propagation (3) pour le choix de la charge unitaire est décrite à travers l'exemple du tableau 10 dans lequel la charge unitaire de 20 kg apparaît en limite d'utilisation à 190 m des habitations (lotissement Jasmin).

Charge unitaire envisagée (kg) : 20	Vitesse particulière pondérée anticipée (mm/s)	
Distance tir- structures (m)	K moyen pondéré	K majorant pondéré
190	4,6	8,2

Tableau 10 : Encadrement des niveaux avec les lois de propagation

4. Autre étape importante de la procédure : les mesures réelles sont comparées aux valeurs anticipées afin de vérifier l'adéquation du choix des paramètres avec les objectifs environnementaux et anticiper des évolutions possibles du comportement du massif rocheux et des tirs.

Le tableau 11 présente une comparaison entre une valeur effectivement mesurée avec les valeurs anticipées : les niveaux sont dans la gamme de variation prévue ou inférieurs à très inférieurs à l'anticipation.



Charge unitaire réalisée (kg) : 19,5	Vitesse particulière pondérée anticipée (mm/s)		Vitesse particulière mesurée (mm/s)
Distance tir- structures	K moyen pondéré	K majorant	Vitesse pondérée
300	2	4	2,26

Tableau 11 : Comparaison des niveaux théoriques et réel du tir du 28/10/2020

5. La précision de la charge unitaire devient un élément important lors de l'augmentation du nombre de trou de mines : l'exploitant veille à utiliser des techniques de mise en œuvre qui les garantit.

Compte-tenu de cette procédure, il est possible d'envisager le minage avec des ajustements de la charge unitaire au fur et à mesure de l'avancement des fronts. Les tableaux 12 et 13 qui constituent une base de faisabilité, sont donnés à titre indicatif car il est impératif que l'évolution des impacts soit suivie d'un tir à l'autre dans la zone entre 300 m et 150 m.

L'exploitant redouble d'attention lorsque les vibrations de tir se retrouvent dans la zone grisée des tableaux.

Kmax=3922	distance minimum (en m) entre le tir et la structure riveraine												
CU (kg)	150	160	170	180	190	200	210	220	230	240	250	260	280
29.6	10.0	8.9	8.0	7.2	6.5	6.0	5.5	5.0	4.6	4.3	4.0	3.7	3.3
33.8		10.0	9.0	7.4	7.4	6.7	6.2	5.7	5.2	4.8	4.5	4.2	3.7
38			10.0	8.2	8.2	7.5	6.8	6.3	5.8	5.4	5.0	4.7	4.1
47.6				10.0	10.0	9.2	8.4	7.7	7.1	6.6	6.1	5.7	5.0
47.6					10.0	9.2	8.4	7.7	7.1	6.6	6.1	5.7	5.0
52.6						10.0	9.2	8.4	7.8	7.2	6.7	6.2	5.5
58							10.0	9.2	8.5	7.9	7.3	6.8	6.0
63.9								10.0	9.3	8.6	8.0	7.4	6.5
69.4									10.0	9.3	8.6	8.0	7.0

Tableau 12 : Niveaux moyens de vibration pondérée estimés à partir de la charge unitaire en explosif et de la distance minimale entre le tir et la structure avec des coefficients de site Kmoy=3922 et n= -1,8

Kmax=6993	distance minimum (en m) entre le tir et la structure												
CU (kg)	150	160	170	180	190	200	210	220	230	240	250	260	280
15.5	10.0	8.9	8.0	7.2	6.5	5.9	5.4	5.0	4.6	4.3	4.0	3.7	3.2
17.6		10.0	8.9	8.1	7.3	6.7	6.1	5.6	5.2	4.8	4.5	4.2	3.6
20			10.0	9.0	8.2	7.5	6.8	6.3	5.8	5.4	5.0	4.7	4.1
22.5				10.0	9.1	8.3	7.6	7.0	6.5	6.0	5.6	5.2	4.5
25					10.0	9.1	8.4	7.7	7.1	6.6	6.1	5.7	5.0
27.5						10.0	9.1	8.4	7.7	7.2	6.7	6.2	5.4
30.4							10.0	9.2	8.5	7.8	7.3	6.8	5.9
33.5								10.0	9.2	8.6	8.0	7.4	6.5
36.5									10.0	9.3	8.6	8.0	7.0
40										10.0	9.3	8.7	7.6
43											10.0	9.3	8.1
46.6												10.0	8.7
54													10.0

Tableau 13 : Niveaux max de vibration pondérée majorante estimés à partir de la charge unitaire en explosif et de la distance minimale entre le tir et la structure avec des coefficients de site Kmaj=6993 et n= -1,8



6 - CONCLUSION

Cette étude présente la synthèse des mesures d'autocontrôle de la carrière des Maringouins obtenues de 2013 à octobre 2020. Il apparaît que tous les niveaux vibratoires pondérés mesurés en 2019 et 2020 par la carrière sont inférieurs à 8,33 mm/s, et près de 80 % sont en dessous de 6 mm/s pondéré. Ces mesures réglementaires pondérées sont toutes inférieures à 10 mm/s pondérées, conformément à l'arrêté d'autorisation n° 19681B/ID/ENV du 19/10/2000.

La demande d'augmentation de la quantité d'explosifs de l'UDR de 425 kg à 950 kg permettrait à l'exploitant de ne réaliser moins de tirs présentant un nombre de trous d'environ 25 pour les fronts de 12 m, et 17 pour les fronts de 15 m, tout en maîtrisant les impacts vibratoires grâce à la technique d'amorçage séquentiel qu'il utilise depuis plusieurs années et à une meilleure gestion de la géométrie des fronts sur le long terme.

En complément, l'exploitant poursuit son effort de maîtrise des impacts en systématisant la procédure d'anticipation des vibrations et de contrôle en phase implantation et chargement des tirs en particulier dans la limite des 300 m à 150 m des riverains :

- Les mesures conjointes de surpression aérienne seront systématisées,
- l'utilisation de méthodes modernes de réalisation des plans de tir sera maintenue,
- l'adaptation des plans de tirs sera poursuivie.



ANNEXE I :

AI - Localisation de la carrière et du projet d'extension



A.I- Extrait de la carte IGN n° 4713 AU 1/25000 : localisation de la carrière

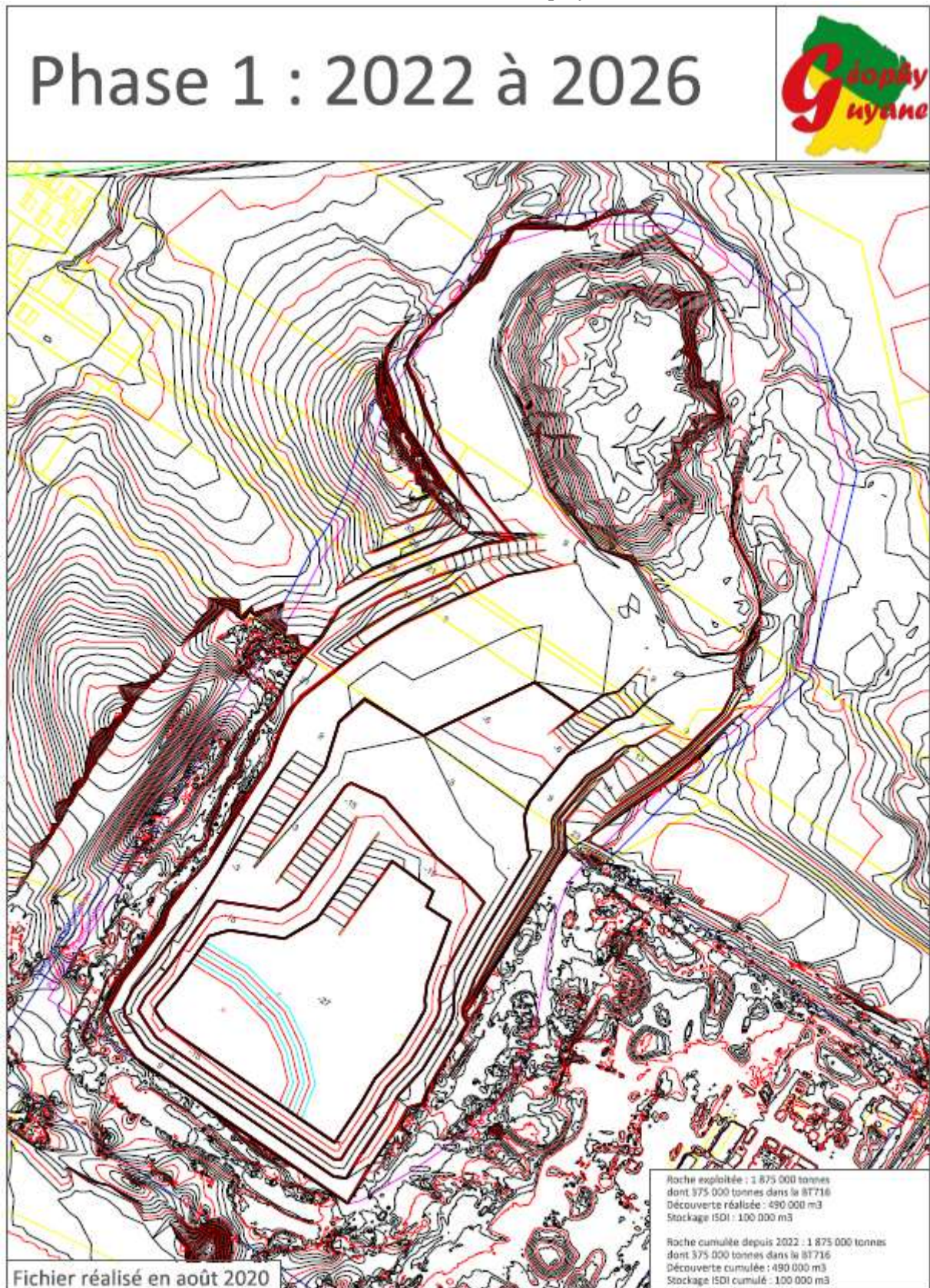


ANNEXE 2 :

A2 - Phasage



A2-1 – Phases 1 à 7 du projet





Phase 2 : 2027 à 2031



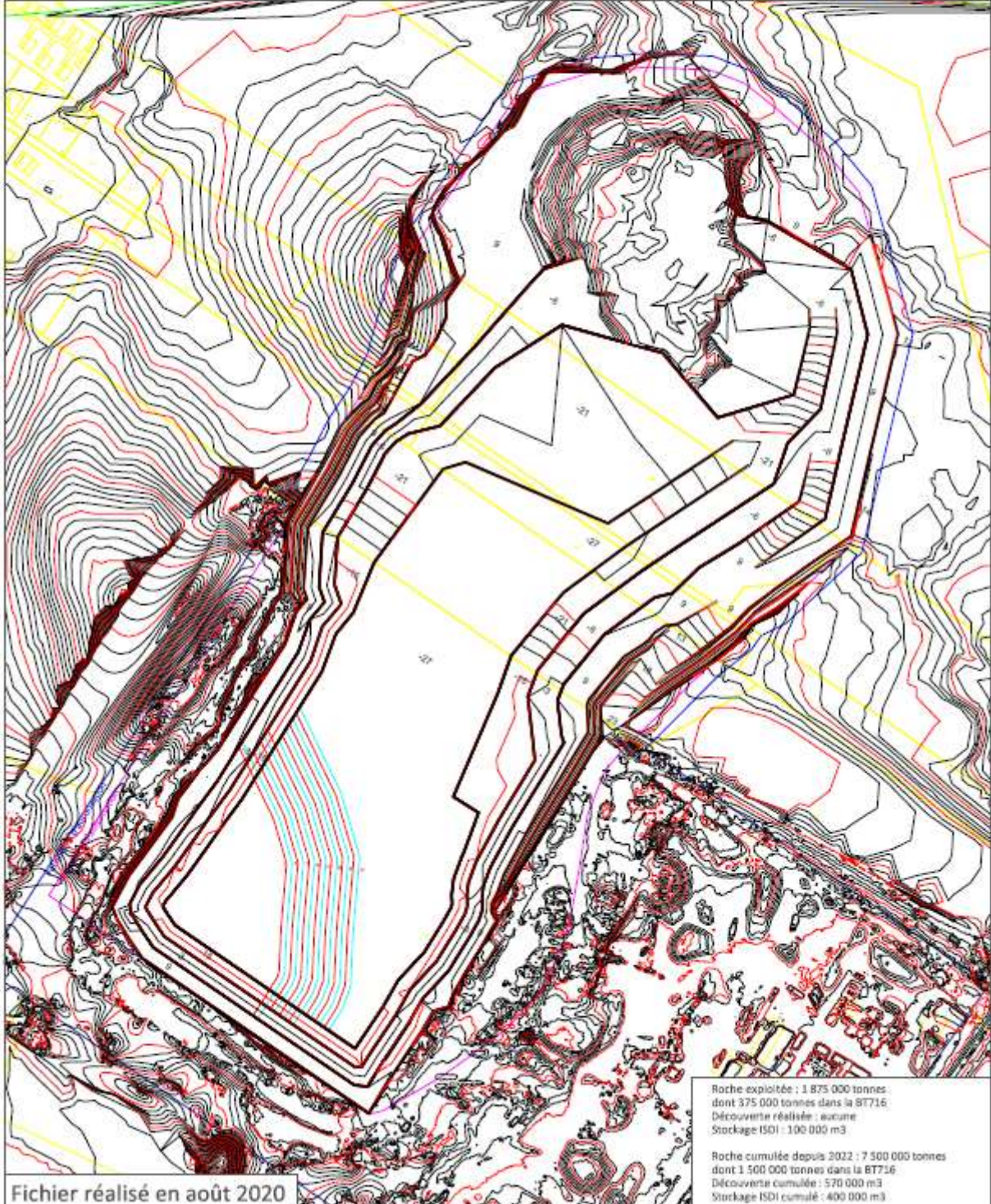


Phase 3 : 2032 à 2036



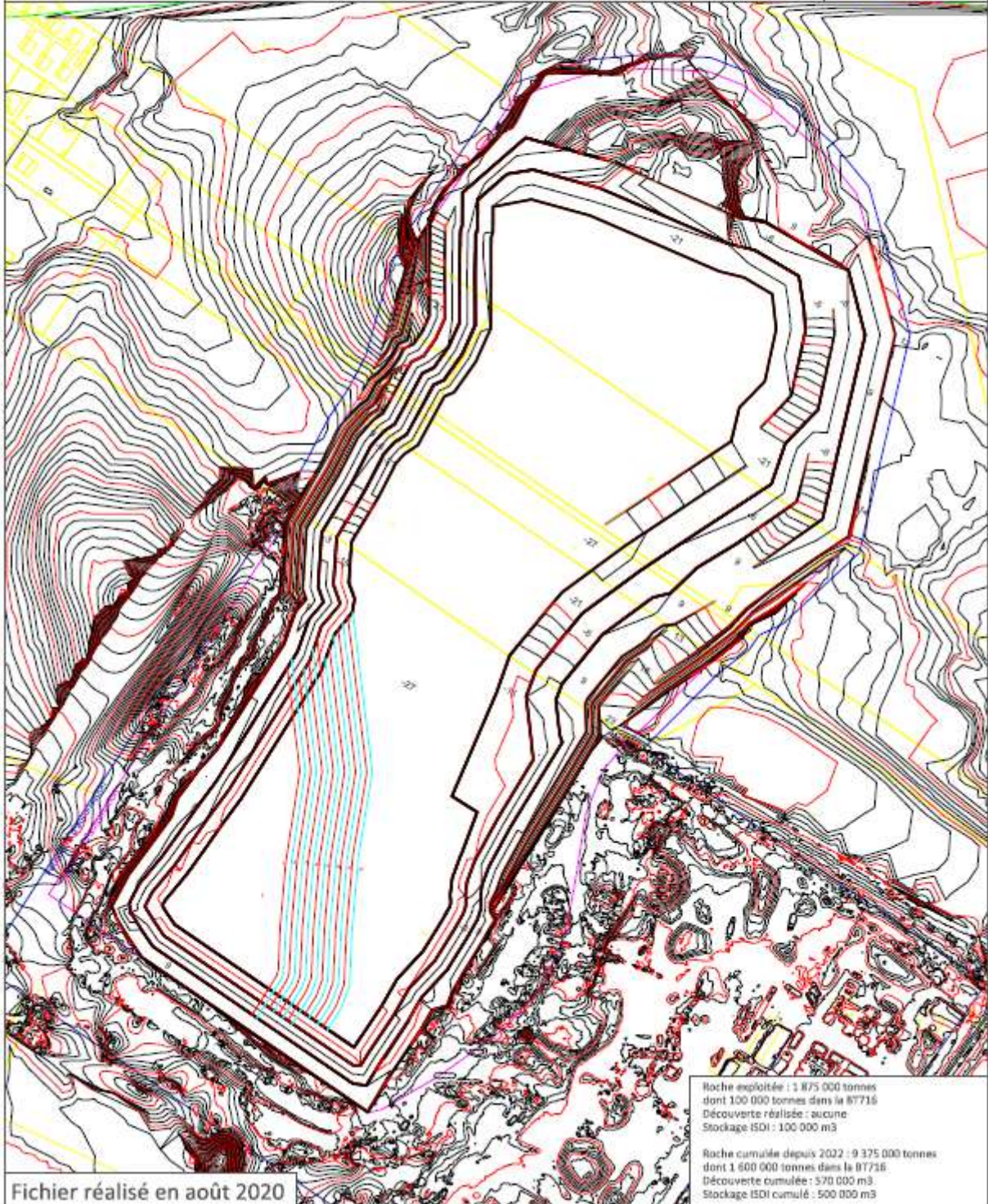


Phase 4 : 2037 à 2041



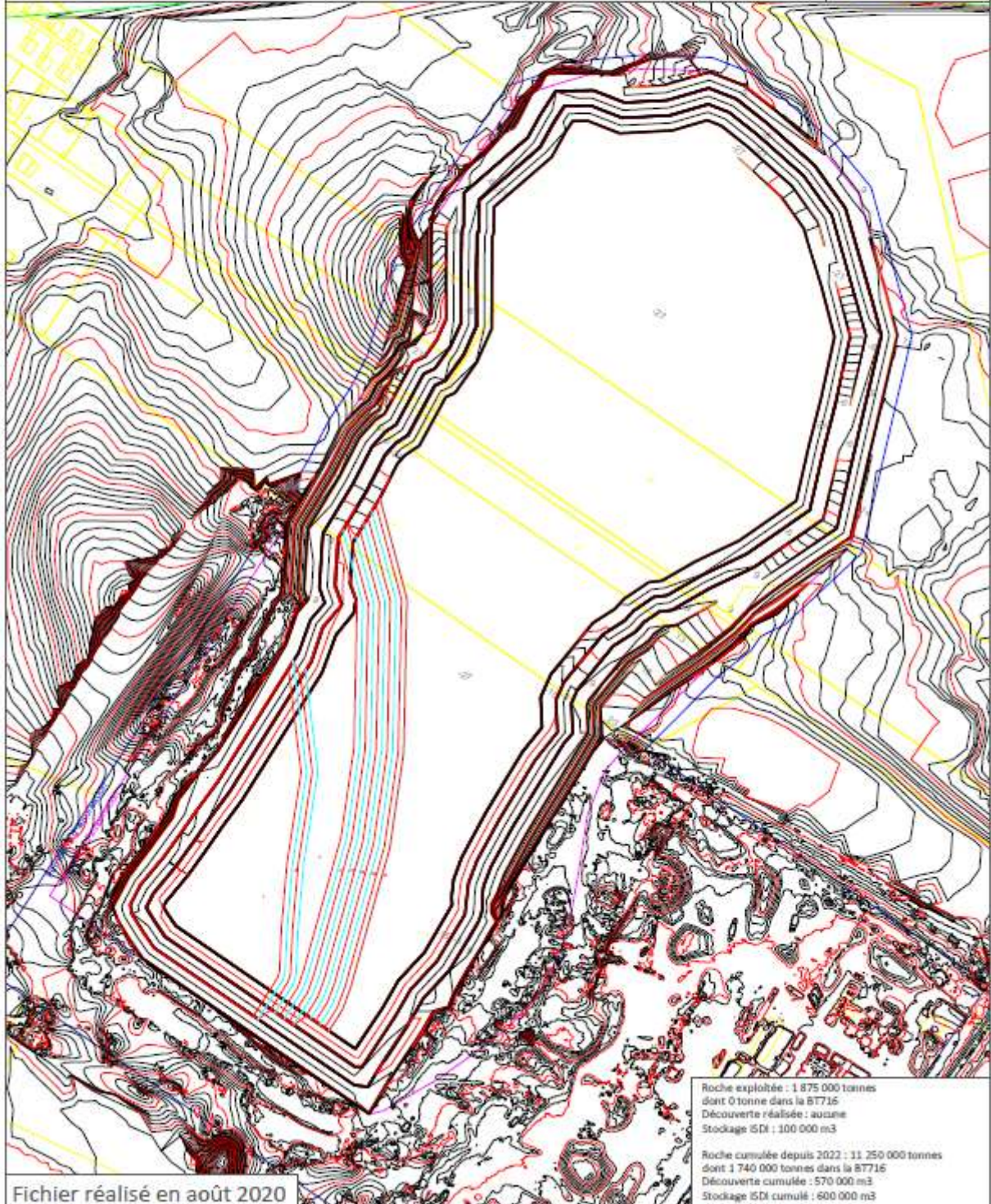


Phase 5 : 2042 à 2046





Phase 6 : 2047 à 2051



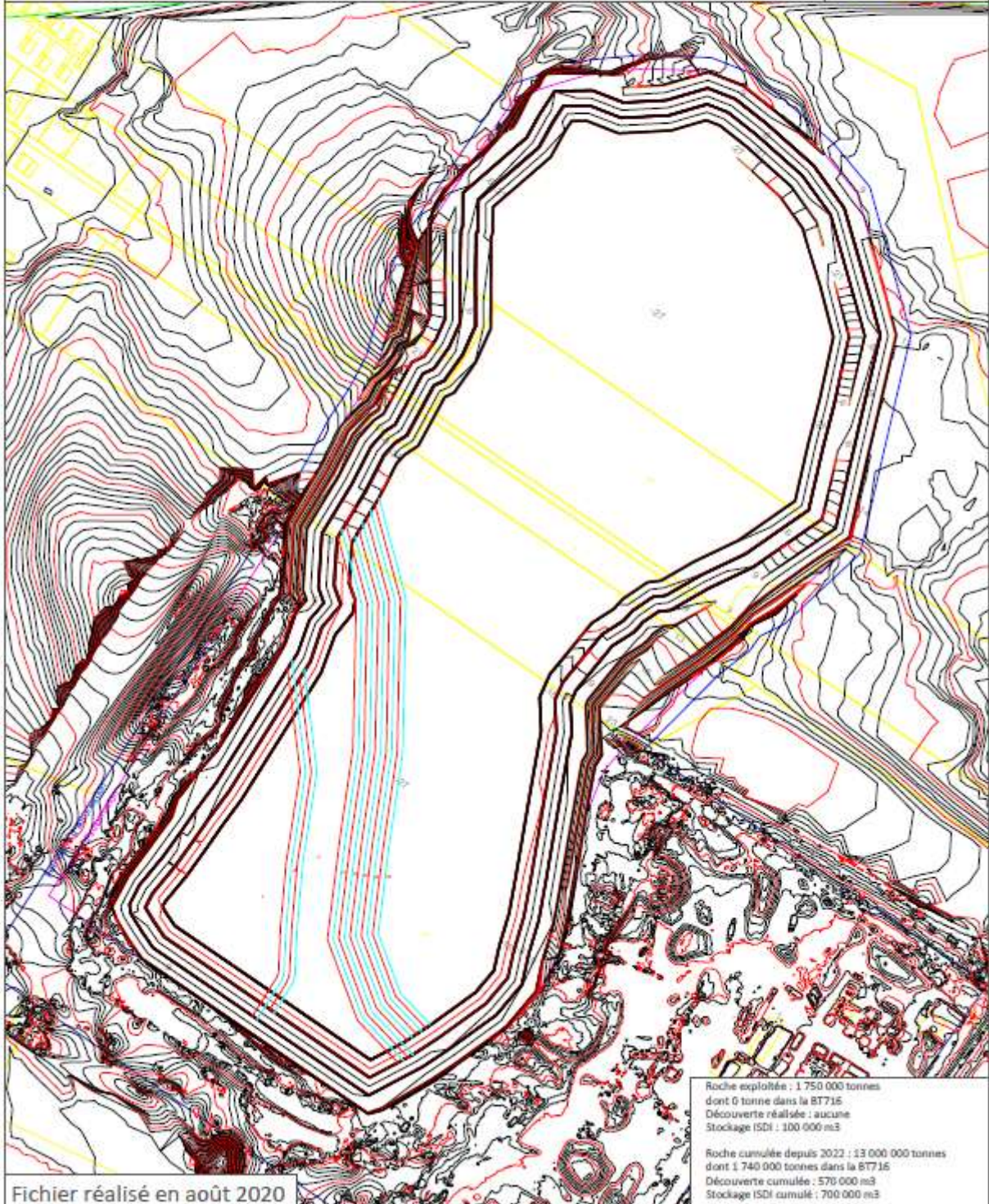
Fichier réalisé en août 2020

Roche exploitée : 1 875 000 tonnes
dont 0 tonne dans la 87716
Découverte réalisée : aucune
Stockage ISDI : 100 000 m³

Roche cumulée depuis 2022 : 11 250 000 tonnes
dont 1 740 000 tonnes dans la 87716
Découverte cumulée : 570 000 m³
Stockage ISDI cumulé : 600 000 m³



Phase 7 : 2052 à 2056



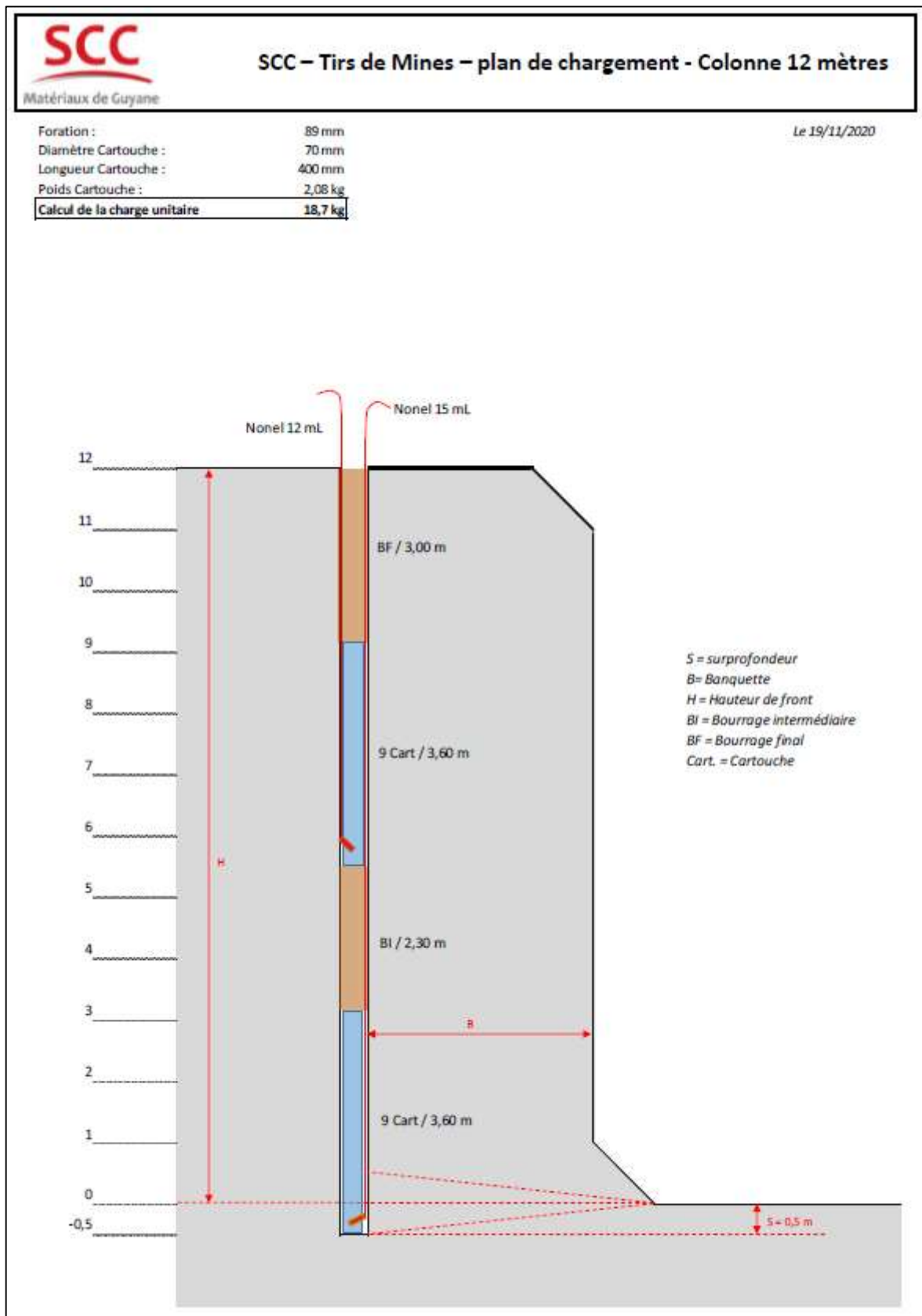


ANNEXE 3 :
A3 - Plans de chargement



A3-1 – Exemple en diamètre 89 mm d'un tir de 12 m

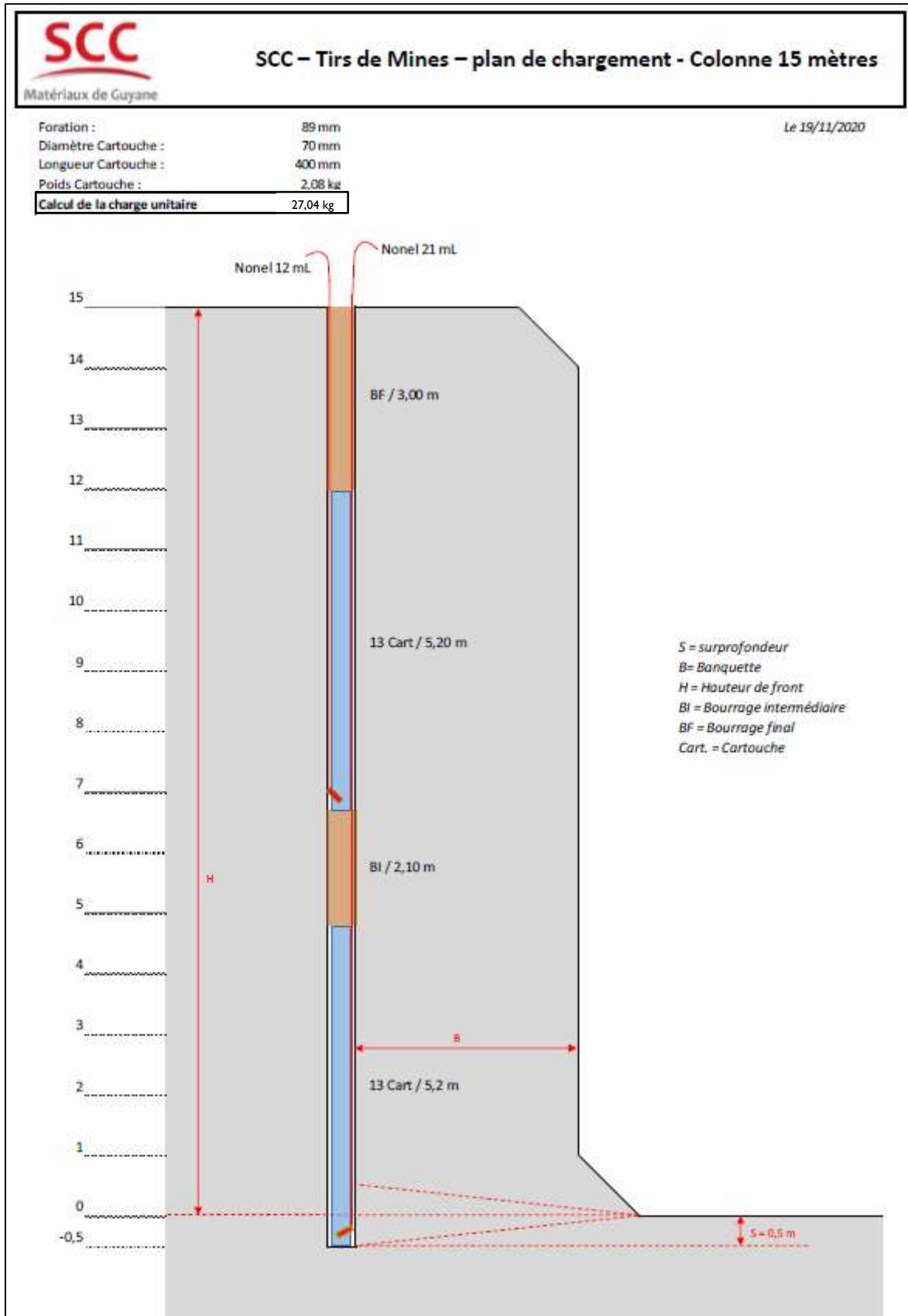
11 à 25 trous de mines disposés en suivant une maille de 3 m x 3 m





A3-2 – Exemple en diamètre 89 mm d'un tir de 15 m

11 à 17 trous de mines disposés en suivant une maille de 3 m x 3 m ou 3,4 m x 3,4 m





ANNEXE 4 :

A4 - Mesures de vibration de 2013 et 2020



Vitesses particulières pondérées d'autocontrôle de 2013 et 2020 utilisées pour le calcul des lois de propagation :

Tir	date	charge unitaire (kg)	lieu de mesure	distance (m)	surpression	vitesse max pondérée (mm/s)	K
28	17/05/2013	42.0	atelier carrière	350	115.0	1.99	2614
29	24/05/2013	32.0	Ribal TP	300	124.0	2.51	3190
31	29/05/2013	38.5	Entrée GM	300	122.0	2.99	3218
33	11/06/2013	14.7	Gigabloc	340	118.0	1.67	5369
34	14/06/2013	32.7	Stock 0/20 Chevaux	69	200.0	19.52	1728
36	24/06/2013	38.6	Stade de foot	190	<100	5.95	2805
37	27/06/2013	32.7	Géant Casino	420	<100	2.65	6055
38	02/07/2013	42.5		230	129.0	3.39	2069
39	05/07/2013	38.6	rejet eau pompe mine	210	119.0	2.16	1219
41	10/07/2013	59.0		140	129.0	34.62	6436
43	17/07/2013	16.4		90	121.0	5.50	1465
46	31/07/2013	35.4	Parking Géant casino	450	113.0	2.65	6378
48	14/08/2013	42.5	entrée extraction carrière	200	127.0	5.01	2378
49	16/08/2013	42.5	fond de carrière	250	132.0	3.36	2383
50	21/08/2013	38.5	entrée extraction carrière	220	121.0	3.10	1909
52	28/08/2013	38.5	entrée extraction carrière	220	120.0	7.43	4575
	29/04/2019	17.2		290	111.0	2.96	6179
	30/04/2019	17.2		130	117.0	6.60	3251
	15/05/2019	17.2		200	110.0	4.51	4824
	20/05/2019	17.2		215	109.0	5.26	6408
	28/05/2019	17.2		170	111.0	7.64	6099
	29/05/2019	17.2		200	109.0	5.65	6045
	05/06/2019	17.2		230	108.0	4.98	6850
	12/06/2019	17.2		360	110.0	2.16	6655
44	28/10/2020	18.72		300		2.26	4654
43	20/10/2020	18.72		200		4.46	4427
43	19/10/2020	18.72		300		2.11	4345
41	07/10/2020	18.72		210		3.93	4259
40	30/09/2020	18.72		200		3.55	3524
40	28/09/2020	18.72		300		2.58	5313
39	23/09/2020	20.80		300		1.93	3615
39	22/09/2020	20.80		300		1.15	2154
38	17/09/2020	20.80		300		1.53	2866
38	15/09/2020	20.80		300		1.85	3465
37	09/09/2020	20.82		210		7.73	7613
36	02/09/2020	19.32		250		5.73	8262
36	31/08/2020	19.32		300		2.84	5685

SOCIETE DES CARRIERES DE CABASSOU

PROJET DE RENOUVELLEMENT ET D'EXTENSION DE LA CARRIERE DES MARINGOUINS (973)

ANALYSE DES RISQUES LIES AUX PROJECTIONS DES TIRS DE MINES

Référence :		20-15NT		
Indice	Date	Rédaction	État	Modifications - Observations
Be	25/11/2020	SAUVAGE	ORI	
Ac	02/11/2020	SAUVAGE	ORI	



TABLE DES MATIÈRES

1 - PRÉSENTATION DU PROJET ET DE SON ENVIRONNEMENT	4
2 - DESCRIPTION DES PLANS DE TIRS PREVUS	6
3 - EVALUATION DES RISQUES DE PROJECTION	7
3.1 - PRISE EN COMPTE DES PROJECTIONS AU SENS DE L'ARRETE DU 29/09/2005	7
3.2 - MODELE DES PROJECTIONS ET HYPOTHESES COMPLEMENTAIRES	8
4 - ESTIMATION DES RISQUES DE PROJECTIONS.....	9
4.1 - HYPOTHESES RETENUES.....	9
4.2 - LIMITES DES ZONES D'EFFETS	10
5 - SITUATION DES RECEPTEURS	10
5.1 - SUD : ROUTE NATIONALE 3	10
5.2 - SUD : BUREAUX DU GROUPE RIBAL	12
5.3 - SUD : ZONE D'ACTIVITE	12
5.4 - SUD-OUEST : HYPERMARCHÉ SUPER U ET PARKING	13
5.5 - SUD-OUEST : CONCESSION MERCEDES	13
5.6 - OUEST : ROUTE NATIONALE 1	14
5.7 - OUEST : STADES ET INSTALLATIONS SPORTIVES.....	15
5.8 - NORD-OUEST : ROUTE D'ACCES AU LOTISSEMENT DE LA ROSERAIE	16
5.9 - NORD-OUEST : LOTISSEMENT DE LA ROSERAIE	16
5.10- NORD-OUEST : GROUPE SCOLAIRE LA ROSERAIE.....	17
5.11- NORD : LOTISSEMENT JASMIN	18
5.12- NORD-EST : INSTALLATIONS DU CAMP MILITAIRE.....	19
5.13- EST : ROUTE DU TIGRE.....	19
5.14- EST : DECHETTERIE ISDND	20
5.15- ENSEMBLE DES RECEPTEURS	21
6. CONCLUSION	22

ANNEXES

A1 - PLAN DE SITUATION DE LA CARRIÈRE ET DES ENVIRONNANTS	23
A2 - PLANS DE TIR TYPE	25
A3 - FICHES TECHNIQUES DES EXPLOSIFS	29
A4 - METHODE D'EVALUATION DES PROJECTIONS ET DE LEURS EFFETS.....	32
A5 - PHASAGE	40
A6 - LIMITES DES ZONES D'EFFETS.....	48



TABLEAUX ET ILLUSTRATIONS

TABLEAU°1A – DETAIL DES ALTITUDES ET DES HAUTEURS DES FRONTS ENVISAGÉS DANS LA FOSSE ACTUELLE	4
TABLEAU°1B – DETAIL DES ALTITUDES ET DES HAUTEURS DES FRONTS ENVISAGÉS DANS L'EXTENSION	5
CARTE°2 – EXTRAIT DE LA CARTE IGN PRÉSENTANT LES RIVERAINS DE L'EXPLOITATION	5
TABLEAU°3 – STRUCTURES RIVERAINES DU PROJET DE CARRIÈRE, NOMBRE DE PERSONNES CONCERNÉES, ALTITUDES ET DISTANCES MINIMALES AVEC LA LIMITE D'EXPLOITATION	6
TABLEAU 4 - ÉNERGIES DES PRODUITS UTILISÉS DANS LES CHARGEMENTS TYPE DES MINES	9
TABLEAU 5A - NOMBRE DE PERSONNES DANS LES ZONES D'EFFETS SANS MESURES CORRECTIVES POUR LA ROUTE NATIONALE 3	11
TABLEAU 5B - NOMBRE DE PERSONNES DANS LES ZONES D'EFFETS AVEC MESURES CORRECTIVES POUR LA ROUTE NATIONALE 3	11
TABLEAU 6 - NOMBRE DE PERSONNES DANS LES ZONES D'EFFETS AVEC MESURES CORRECTIVES POUR LES BUREAUX RIBAL	12
TABLEAU 7 - NOMBRE DE PERSONNES DANS LES ZONES D'EFFETS AVEC MESURES CORRECTIVES POUR LA ZONE INDUSTRIELLE	12
TABLEAU 8 - NOMBRE DE PERSONNES DANS LES ZONES D'EFFETS AVEC MESURES CORRECTIVES POUR LA ZONE INDUSTRIELLE	13
TABLEAU 9 - NOMBRE DE PERSONNES DANS LES ZONES D'EFFETS AVEC MESURES CORRECTIVES POUR LA CONCESSION MERCEDES	14
TABLEAU 10 - NOMBRE DE PERSONNES DANS LES ZONES D'EFFETS POUR LE CARREFOUR DES MARINGOUINS AVEC MESURES CORRECTIVES	14
TABLEAU 11 - NOMBRE DE PERSONNES DANS LES ZONES D'EFFETS AVEC MESURES CORRECTIVES POUR LES INSTALLATIONS SPORTIVES	15
TABLEAU 12 - NOMBRE DE PERSONNES DANS LES ZONES D'EFFETS POUR LA ROUTE DE LA ROSERAIE AVEC MESURES CORRECTIVES	16
TABLEAU 13 - NOMBRE DE PERSONNES DANS LES ZONES D'EFFETS AVEC MESURES CORRECTIVES POUR LE LOTISSEMENT DE LA ROSERAIE	17
TABLEAU 14 - NOMBRE DE PERSONNES DANS LES ZONES D'EFFETS AVEC MESURES CORRECTIVES POUR LE GROUPE SCOLAIRE	18
TABLEAU 15 - NOMBRE DE PERSONNES DANS LES ZONES D'EFFETS AVEC MESURES CORRECTIVES POUR LE LOTISSEMENT JASMIN	18
TABLEAU 16 - NOMBRE DE PERSONNES DANS LES ZONES D'EFFETS AVEC MESURES CORRECTIVES POUR LES INSTALLATIONS MILITAIRES	19
TABLEAU 17 - NOMBRE DE PERSONNES DANS LES ZONES D'EFFETS POUR LA ROUTE DU TIGRE AVEC MESURES CORRECTIVES	20
TABLEAU 18 - NOMBRE DE PERSONNES DANS LES ZONES D'EFFETS AVEC MESURES CORRECTIVES POUR L'ISNDN	20
TABLEAU 19 – SITUATION DE L'ENSEMBLE DES RECEPTEURS APRES MESURES CORRECTIVES POUR UN TIR DANS LA FOSSE ACTUELLE	21
TABLEAU 20 – SITUATION DE L'ENSEMBLE DES RECEPTEURS APRES MESURES CORRECTIVES POUR UN TIR DANS L'EXTENSION	21
A1-1 – LOCALISATION DU PROJET	24
A2-1 – EXEMPLE EN DIAMÈTRE 89 MM D'UN TIR DE 12 M	26
A2-2 – EXEMPLE EN DIAMÈTRE 89 MM D'UN TIR DE 15 M	27
A3-1 – FICHE PRODUIT GAMME EMULSTAR	30
A4-1 – ÉVOLUTION DE K AVEC LA PROBABILITÉ	33
A4-2 – SECTEURS AFFECTÉS PAR LES PROJECTIONS ISSUES DES FRONTS D'UN TIR	34
A4-3 – PROBABILITÉ DE DÉCÈS EN FRANCE -INED 2012	37
A4-4 – ÉCHELLE DE PROBABILITÉ D'ÉVÉNEMENTS SELON L'ANNEXE I DE L'ARRÊTÉ DU 29 SEPTEMBRE 2005	37
A4-5 – CORRESPONDANCE ENTRE LES COUPLES (ZONE D'EFFET, PROBABILITÉ) ET LA PROBABILITÉ D'ATTEINTE ANNUELLE	38
A4-6 – DÉFINITION DES ZONES D'EFFETS POUR LES STRUCTURES	38
A4-7 – SEUIL D'ACCEPTABILITÉ POUR LES PERSONNES	39
A5-1 – PHASES 1 A 7 DU PROJET	41
A6-1 – LIMITE EN M DES ZONES D'EFFET SELON LE RECEPTEUR ET L'ÉTAGE POUR DES PROJECTIONS ISSUES DU FRONT	50
A6-2 – LIMITE EN M DES ZONES D'EFFET SELON LE RECEPTEUR ET L'ÉTAGE POUR DES PROJECTIONS ISSUES DE LA SURFACE	54



Ce document a été rédigé par EGIDE Environnement à la demande de la société des Carrières de Cabassou dans le cadre du dossier de demande de renouvellement et d'extension de la carrière localisée sur la commune de Cayenne (973). Elle a pour objet d'étudier et de quantifier les risques liés aux projections lors des tirs de mines du projet.

Cette étude s'inscrit dans le cadre de la circulaire du 10 mai 2000 relatif à la prévention des accidents majeurs et à l'arrêté du 29 septembre 2005 relatif à l'évaluation et à la prise en compte des accidents potentiels dans les études de dangers des installations classées.

Elle prend en compte les structures riveraines de l'exploitation : la situation vis-à-vis des risques de projection de chaque récepteur potentiel est évaluée séparément dans un premier temps, puis la situation de l'ensemble des récepteurs est étudiée.

I - PRÉSENTATION DU PROJET ET DE SON ENVIRONNEMENT

Le projet constitue une extension et un renouvellement de la carrière exploitée au lieu-dit « Montagne des Maringouins » à Cayenne (localisation en annexe I).

Le projet de carrière a pour objectif de produire des granulats avec un rythme de production moyen de 350 000 T/an jusqu'en 2050, c'est-à-dire 140 000 m³/an. Cette production pourra atteindre 500 000 T/an, soit 200 000 m³/an.

La zone d'extraction projetée concerne principalement une leptynite (gneiss à grains fins) dans lequel s'intercalent un filon de pegmatite (granite à gros cristaux, roche claire) horizontal sur les premiers paliers puis plongeant jusqu'à être vertical en profondeur, et un filon de dolérite (roche noire) vertical, qui traverse la carrière.

L'extraction du massif rocheux est prévue à l'explosif en suivant un maximum de cinq fronts d'abattage de 6 m, 12 m et 15 m de hauteur entre les niveaux -27 m NGG et 39 m NGG. Il s'agit communément de tirs en gradins (déplacement des matériaux lors de l'abattage face au front et au-dessus de la plateforme).

Étage	Pied de front m NGG	Hauteur de front (m)	Hauteur maximale m NGG
5	21	12	33
4	9	12	21
3	-3	12	9
2	-15	12	-3
1	-27	12	-15

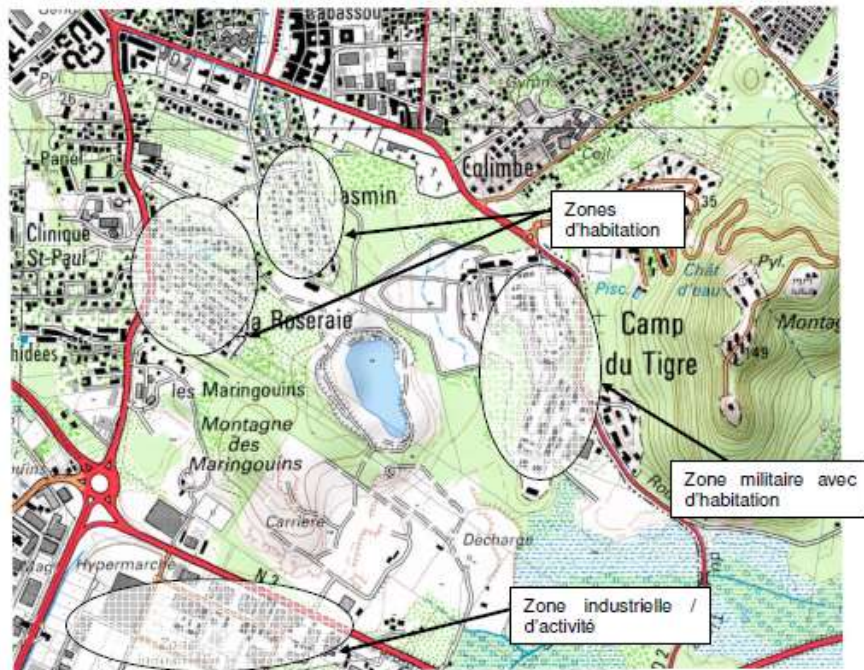
Tableau° I a – Détail des altitudes et des hauteurs des fronts envisagés dans la fosse actuelle



Etage	Pied de front m NGG	Hauteur de front (m)	Hauteur maximale m NGG
5	24	15	39
4	9	15	24
3	-6	15	9
2	-21	15	-6
1	-27	6	-21

Tableau° 1b – Détail des altitudes et des hauteurs des fronts envisagés dans l'extension

La carte 2 présente la localisation de la carrière et les structures environnantes.



Carte° 2 – Extrait de la carte IGN présentant les riverains de l'exploitation

Les structures riveraines de l'extraction sont recensées dans le tableau 3, d'après les informations fournies par la société SCC.

Il s'agit d'une zone périurbaine avec des lotissements, une zone commerciale et les routes qui desservent l'agglomération.



Localisation	Type de structure	Distance minimale (m)	Altitude au sol (m NGG)	Nombre de personnes concernées
Sud	Route nationale n°3	210	[2-8]	16 000 véh/j ⁽¹⁾
	Bureaux groupe RIBAL	241	5	50
	Zone industrielle	229	[2-8]	100
Sud – Ouest	Hypermarché et parking Super U	398	2	1000
	Concession Mercedes	240	[2-8]	10
Ouest	Carrefour des Maringouins RNI	525	2	45 000 véh/j ⁽¹⁾
	Stade et autres installations sportives	120	5	100
Nord - Ouest	Route d'accès du Lotissement aux installations sportives	436	5	100 véh/j
	Lotissement La Roseraie	290	5	Environ 80 habitations
	Groupe scolaire de la Roseraie	270	2	300
Nord	Lotissement Jasmin	189	10	Environ 50 habitations
Nord - Est	Installations militaires Camp du Tigre	363	5	90
Est	Route départementale n°2 Route du Tigre	597	[2-5]	1 200 véh/j
	ISDND déchèterie	361	2	20

Tableau°3 – Structures riveraines du projet de carrière, nombre de personnes concernées, altitudes et distances minimales avec la limite d'exploitation

2 - DESCRIPTION DES PLANS DE TIRS PREVUS

L'extraction sera réalisée par des tirs en gradin (disposant d'une surface libre verticale au moins) dans la continuité de l'exploitation actuelle, avec des fronts passant de 12 m dans la fosse actuelle à 15 m dans le projet d'extension.

Le plan de tir défini pour le gisement actuel est présenté en annexe 2. Il s'agit d'une vingtaine de trous de mines disposés sur une ou deux rangées, forés en diamètre 89 mm avec un angle d'environ 5°.

Le chargement est adapté en fonction de la hauteur du front. La maille BxE est de 3 m x 3 m :

- 9 à 13 cartouches d'émulsion Emulstar 8000UG (70/2080)
- 1,5 m à 3 m de bourrage en gravillons 6/10
- 9 à 13 cartouches d'émulsion Emulstar 8000UG (70/2080)
- un bourrage terminal de 3 m minimum en gravillons 6/10

Les énergies explosives mises en œuvre sont proches de 1,7 MJ/m³.

Le plan d'amorçage est établi selon les règles de bonne pratique de la profession.



3 - EVALUATION DES RISQUES DE PROJECTION

3.1 - PRISE EN COMPTE DES PROJECTIONS AU SENS DE L'ARRETE DU 29/09/2005

La présente étude de dangers de projections s'appuie sur une analyse des risques analogue à celle de la sécurité pyrotechnique, notamment dans le cadre de l'arrêté du 20 avril 2007 fixant les règles relatives à l'évaluation des risques et à la prévention des accidents dans les établissements pyrotechniques.

Elle prend en compte les textes suivants :

- Arrêté ministériel du 26 mai 2014 relatif à la prévention des accidents majeurs
- Arrêté du 29 septembre 2005 relatif à l'évaluation et la prise en compte de la probabilité d'occurrence, de la cinétique, de l'intensité des effets et de la gravité des conséquences des accidents potentiels dans les études de dangers des installations classées soumises à autorisation
- Arrêté du 20 Avril 2007 fixant les règles relatives à l'évaluation des risques et à la prévention des accidents dans les établissements pyrotechniques
- Circulaire du 10 mai 2000 relative à la prévention des accidents majeurs impliquant des substances ou des préparations dangereuses présentes dans certaines catégories d'installations classées pour la protection de l'environnement soumises à autorisation (application de la directive Seveso II)
- Circulaire du 2 Octobre 2003 relative aux mesures d'application immédiate introduites par la loi 2003-699 en matière de prévention des risques technologiques dans les installations classées.
- Circulaire du 10/05/10 récapitulant les règles méthodologiques applicables aux études de dangers, à l'appréciation de la démarche de réduction du risque à la source et aux plans de prévention des risques technologiques (PPRT) dans les installations classées en application de la loi du 30 juillet 2003 (BO du MEEDDM n° 2010/12 du 10 juillet 2010)

Conformément à l'annexe I de l'Arrêté du 29 septembre 2005 *relatif à l'évaluation et à la prise en compte de la probabilité d'occurrence, de la cinétique, de l'intensité des effets et de la gravité des conséquences des accidents potentiels dans les études de dangers des installations classées soumises à autorisation*, une étude spécifique conduisant à l'estimation des risques liés aux projections doit être menée dans le cadre suivant :

« Valeurs relatives aux seuils d'effets liés à l'impact d'un projectile ou effets de projection.

Compte tenu des connaissances limitées en matière de détermination et de modélisation des effets de projection, l'évaluation des effets de projection d'un phénomène dangereux nécessite, le cas échéant, une analyse, au cas par cas, justifiée par l'exploitant.

Pour la délimitation des zones d'effets sur l'homme ou sur les structures des installations classées, il n'existe pas à l'heure actuelle de valeur de référence. Lorsqu'elle s'avère nécessaire, cette délimitation s'appuie sur une analyse au cas par cas comme mentionné au premier alinéa. »



3.2 - MODELE DES PROJECTIONS ET HYPOTHESES COMPLEMENTAIRES

Une projection correspond à la mise en mouvement par le tir d'un morceau de roche de taille variable à grande distance. Pour les structures, les dégâts sont notamment fonction de la taille, de la vitesse et de l'angle de la trajectoire du projectile. Cependant, pour l'homme, l'effet direct des projections est potentiellement létal dans tous les cas.

Les risques de projections sont établis sur la base d'un modèle statistique de répartition normale des projections autour d'une loi moyenne. Le modèle de projection utilisé dans le présent document est détaillé en annexe 4. Ce modèle ainsi que la méthode d'évaluation des effets ont fait l'objet de publications dans des revues scientifiques internationales à comité de lecture. (Blanchier, A., 2012, Quantification of the levels of risk of flyrock, Proc. of FragBlast 10 conference – Blanchier A., 2013, Quantification of the levels of risk of flyrock, Proc. of ISEE conference – Blanchier A., 2015, Quantification of the levels of risk of flyrock, Proc. of EFEE conference). Il a également fait l'objet de tierces expertises en France.

D'une manière générale, les projections peuvent provenir, soit de la surface supérieure du tir (projections issues des têtes de trou de mines), soit de surfaces de dégagement verticales (projections issues du front) comme c'est le cas en particulier pour les tirs en gradins (voir dans le détail le schéma A4-2 de l'annexe 4).

- **Les projections issues des têtes de trous de mines sont des projections en cloches qui peuvent intervenir dans toutes les directions ; elles ont cependant une portée relativement faible pour des tirs réalisés conformément aux règles de l'art (respect de l'épaisseur et de la qualité du bourrage, notamment).**
- **Les projections issues du front ont des trajectoires tendues ; elles sont orientées vers l'avant du front (demi-espace face au tir) et ont une portée relativement élevée pour des tirs en gradins réalisés conformément aux règles de l'art. Le risque lié à ce type de projections peut être totalement supprimé, pour un récepteur donné, en choisissant des orientations de front adaptées.**

Les distances de projections dépendent de l'altitude relative de la charge explosive et du récepteur potentiel.

En matière de projections, un projectile de 200 g peut être mortel à 20 m comme à 1 000 m. L'approche du problème est par conséquent sensiblement différente de celle d'autres dangers de l'arrêté du 20 avril 2007 dont l'effet varie de manière importante en fonction de la distance, comme par exemple pour l'onde de choc aérienne où la pression diminue avec la distance : l'effet des projections ne change pas sensiblement en fonction de la distance ; seule la probabilité change. En effet, la probabilité d'atteinte diminue avec la distance, et dans le même temps la surface de réception augmente avec la distance.

Une probabilité annuelle d'impact est déterminée en fonction du plan de tir défini, des variations du confinement, de la maîtrise de la géométrie, des distances du tir aux récepteurs potentiels et des différences d'altitude entre charges explosives et récepteurs. Cette probabilité annuelle d'impact prend en compte à la fois l'échelle de probabilité de l'évènement au sens de l'arrêté du 29 septembre 2005 et les zones d'effet au sens de l'article 11 de l'arrêté du 20 avril 2007 (Produit Pi.Zj). Nous retiendrons pour une même probabilité annuelle d'impact la combinaison de probabilité d'évènement et de zone d'effet la plus contraignante, à savoir la combinaison E.Zj pour **l'effet sur les personnes**.



4 - ESTIMATION DES RISQUES DE PROJECTIONS

Une estimation des distances de projections selon les chargements des trous de mine de la carrière est présentée ci-après. Selon la zone de tir, les risques de projections issues de la surface et/ou les risques de projections issues du front seront pris en compte.

4.1 - HYPOTHESES RETENUES

L'exploitation a pour objectif de produire des granulats à raison de 140 000 m³/an en moyenne jusqu'en 2050. Cette production pourra atteindre 200 000 m³/an ; l'évaluation des risques est réalisée pour ce volume maximal.

Les plates-formes supérieures des gradins correspondent aux altitudes maximales fournies dans les tableaux 1a et 1b. Les altitudes des récepteurs correspondent à l'altitude minimale du tableau 3.

Les projections issues du front de taille peuvent intervenir dans le demi-espace faisant face aux directions du front. Les projections issues de la surface du tir peuvent intervenir dans toutes les directions (voir schéma A4-2).

Le chargement des trous est conforme à la description du paragraphe 2 et de l'annexe 2.

Nos calculs utilisent usuellement les énergies explosives mesurées en piscine. Les caractéristiques retenues dans cette étude correspondent aux valeurs classiques rencontrées pour des explosifs de même type (voir annexe 3) ; elles sont présentées dans le tableau 4.

Explosif	Diamètre de la cartouche ou du taillant (mm)	Charge linéaire (kg/m)	Énergie (MJ/kg)	Énergie linéaire (MJ/m)
Émulsion encartouchée Emulstar 8000UG	70	4,93	4,81	23,7

Tableau 4 - Énergies des produits utilisés dans les chargements type des mines

Les projections issues du front de taille dépendent notamment de l'énergie linéaire mise en œuvre et des épaisseurs de roche qui lui font face. Elles dépendent donc de la qualité de l'implantation des trous et des contrôles d'épaisseurs réalisés.

Les calculs sont réalisés à partir des paramètres théoriques du plan de tir du fait de la mise en œuvre d'un levé des fronts avant l'implantation.

Les projections issues de la plateforme dépendent de la longueur et de la nature du bourrage (gravillons 6/10) et de la charge sous le bourrage.



4.2 - LIMITES DES ZONES D'EFFETS

Les tableaux A6-1 et A6-2 en annexe 6 contiennent, pour chaque gradin et chaque récepteur, les limites supérieures des zones d'effet assorties d'une probabilité E pour **les projections issues des fronts et de la surface des tirs** en diamètre 89 mm.

L'ensemble des tableaux de l'annexe 6 présentent également les distances minimales entre les fronts et les récepteurs : ces distances sont conformes aux plans de phasage d'exploitation de l'annexe .

Dans les tableaux A6-1 à A6-2, sont en grisé toutes les situations qui ne peuvent pas être rencontrées compte-tenu des distances minimales entre le récepteur potentiel étudié et les zones de tir. Les situations inacceptables au sens de la réglementation sont signalées en caractères rouges gras.

5 - SITUATION DES RECEPTEURS

La situation de chaque récepteur est étudiée séparément dans un premier temps. Pour chaque récepteur, dans le cas de niveaux de risques de projection trop élevés, des mesures de réduction sont proposées de manière à lever les non-conformités. Les nouvelles distances de sécurité sont en caractères bleus gras.

Cependant c'est la situation de l'ensemble des récepteurs qui doit être prise en compte au sens de la circulaire du 10/05/10 du MEEDDM en application de la loi du 30 juillet 2003. La situation générale est traitée ensuite.

La circulaire du 10/05/10 du MEEDDM prise en application de la loi du 30 juillet 2003 dans son paragraphe 2.2.6 demande à ce qu'aucune personne ne soit en zone d'effet Z1-Z2 et autorise qu'il y ait moins de 100 personnes en zone d'effet Z3 et moins de 1 000 personnes en zone d'effet Z4 avec une probabilité de niveau E (P0).

Le premier résultat de cette étude est que les riverains sont en dehors des zones Z1 à Z4 pour les risques de projections issues de la surface des tirs, autant pour la fosse actuelle que pour l'extension envisagée. En conséquence, toutes les solutions qui consistent à positionner les tirs dans les directions opposées aux riverains sont valables en terme de risques de projections issues de la surface des tirs.

5.1 - SUD : ROUTE NATIONALE 3

Le trafic de la route nationale 3 est localement estimé à 16 000 véhicules/jour. Le nombre de personnes présentes peut être évalué à 0,4 personnes permanentes par km exposé et par tranche de 100 véhicules/jour.



Les limites maximales des différentes zones d'effets pour les projections issues des fronts sont données dans le tableau A6-1.

Le nombre de personnes potentiellement présentes sur cette portion de route est défini dans le tableau 5a en fonction de la zone d'effet.

Il apparaît que des personnes se situent en Z2 pour tous les fronts de la fosse actuelle et pour les fronts supérieurs de l'extension. Par ailleurs le nombre de personnes en Z3 est déjà important et doit être diminuer pour rester en dessous des 100 personnes pour tous les riverains du site.

Récepteur potentiel	exploitation	Etage (m NGG)	Distance (m)	Nombre de personnes exposées		
				Z1 et Z2	Z3	Z4
RN3 Risques de projection provenant des fronts	Fosse actuelle	-15	258	45.1	69.2	95.8
		-3	246	47.8	71.4	97.8
		9	234	50.4	73.6	99.7
		21	222	52.7	75.6	101.6
		33	210	54.9	77.5	103.4
	Extension	-21	523	0	43.0	82.2
		-6	508	0	48.8	86.0
		9	493	0	53.9	89.5
		24	478	12.1	58.5	92.9
		39	463	24.0	62.7	96.1

Tableau 5a - Nombre de personnes dans les zones d'effets sans mesures correctives pour la route nationale 3

L'exploitant a choisi dans son phasage d'exploitation un recul des fronts qui lui permet de garantir qu'aucun tir avec des fronts susceptibles d'engendrer des projections issues des fronts au sens du schéma A4-2, ne soit réalisé à moins de la limite supérieure de la Z3 (en bleu dans le tableau 5b). Les dégagements des tirs vers le Nord Nord-Ouest doivent être rendus impossible au moment de l'implantation des trous de mines.

Récepteur potentiel	exploitation	Etage (m NGG)	Distance (m)	Nombre de personnes exposées		
				Z1 et Z2	Z3	Z4
RN3 Risques de projection provenant des fronts	Fosse actuelle	-15	599	0	0	66.3
		-3	610	0	0	66.8
		9	621	0	0	67.3
		21	631	0	0	67.9
		33	641	0	0	68.4
	Extension	-21	621	0	0	70.1
		-6	635	0	0	70.8
		9	648	0	0	71.4
		24	662	0	0	72.1
		39	674	0	0	72.8

Tableau 5b - Nombre de personnes dans les zones d'effets avec mesures correctives pour la route nationale 3

Étant donné le plan de tir retenu pour l'exploitation de la carrière et les distances des tirs les plus proches, et compte-tenu de l'engagement de l'exploitant ci-dessus, la situation des tirs vis-à-vis de la route nationale 3 est conforme aux exigences de la circulaire du 10/05/10 pour les risques de projections issues des fronts des tirs.



5.2 -SUD : BUREAUX DU GROUPE RIBAL

Le nombre de personnes potentiellement présentes en permanence au niveau des bureaux du groupe Ribal a été localement estimé à 50 personnes.

Le tableau A6-I montre que des personnes se trouvent en Z2, et que 50 personnes sont potentiellement présentes en Z3. Afin de diminuer le nombre en Z3, les distances de sécurité sont augmentées.

Récepteur potentiel	exploitation	Etage (m NGG)	Distance (m)	Nombre de personnes exposées		
				Z1 et Z2	Z3	Z4
Bureaux du groupe RIBAL Risques de projection provenant des fronts	Fosse actuelle	-15	596	0	0	50
		-3	607	0	0	50
		9	618	0	0	50
		21	628	0	0	50
		33	639	0	0	50
	Extension	-21	619	0	0	50
		-6	632	0	0	50
		9	646	0	0	50
		24	659	0	0	50
		39	672	0	0	50

Tableau 6 - Nombre de personnes dans les zones d'effets avec mesures correctives pour les bureaux RIBAL

Étant donnés les plans de tirs retenus pour l'exploitation de la carrière et les distances des tirs les plus proches, la situation des tirs vis-à-vis des bureaux de Ribal est conforme aux exigences de la circulaire du 10/05/10 pour les risques de projection issus des tirs.

5.3 -SUD : ZONE D'ACTIVITE

Le nombre de personnes potentiellement présentes en permanence au niveau de la zone d'activité située au Sud de la RN3 a été localement estimé à 200 personnes.

Le tableau A6-I montre que des personnes se trouvent en Z2, et que 100 personnes sont potentiellement présentes en Z3. Afin de diminuer le nombre en Z3, les distances de sécurité sont augmentées.

Récepteur potentiel	exploitation	Etage (m NGG)	Distance (m)	Nombre de personnes exposées		
				Z1 et Z2	Z3	Z4
Zone d'activité au Sud de la RN3 Risques de projection provenant des fronts	Fosse actuelle	-15	436	0	0	50
		-3	447	0	0	50
		9	458	0	0	50
		21	468	0	0	50
		33	478	0	0	50
	Extension	-21	538	0	0	50
		-6	523	0	0	50
		9	508	0	0	50
		24	490	0	0	50
		39	500	0	0	50

Tableau 7 - Nombre de personnes dans les zones d'effets avec mesures correctives pour la zone industrielle



Étant donné les plans de tirs retenus pour l'exploitation de la carrière du fait de la présence de la RN3, la situation des tirs vis-à-vis de la zone d'activité industrielle Sud est conforme aux exigences de la circulaire du 10/05/10 pour les risques de projection issus des tirs.

5.4 - SUD-OUEST : HYPERMARCHÉ SUPER U ET PARKING

Le nombre de personnes potentiellement présentes en permanence au niveau du supermarché au Sud de la RN3 a été localement estimé à 1000 personnes. Cependant, compte tenu de la distance au bord de l'exploitation et des zones d'effets du tableau A6-1 ce chiffre est modifié pour ne tenir compte que du nombre de personnes potentiellement sur le parking.

Le tableau A6-1 montre que des personnes se trouvent en Z2, et que 200 personnes sont potentiellement en Z3. Afin de diminuer le nombre en Z3, les distances de sécurité sont augmentées.

Récepteur potentiel	exploitation	Etage (m NGG)	Distance (m)	Nombre de personnes exposées		
				Z1 et Z2	Z3	Z4
Parking du supermarché Risques de projection provenant des fronts	Fosse actuelle	-15	599	0	0	120
		-3	610	0	0	120
		9	621	0	0	120
		21	631	0	0	120
		33	641	0	0	120
	Extension	-21	662	0	0	120
		-6	647	0	0	120
		9	648	0	0	120
		24	662	0	0	120
		39	674	0	0	120

Tableau 8 - Nombre de personnes dans les zones d'effets avec mesures correctives pour la zone industrielle

Étant donné les plans de tirs retenus pour l'exploitation de la carrière du fait de la présence de la RN3, la situation des tirs vis-à-vis de la zone d'activité industrielle est conforme aux exigences de la circulaire du 10/05/10 pour les risques de projection issus des tirs.

5.5 - SUD-OUEST : CONCESSION MERCEDES

Le nombre de personnes potentiellement présentes en permanence au niveau des bâtiments de la concession Mercedes a été localement estimé à 10 personnes.

Le tableau A6-1 montre que des personnes se trouvent en Z2, et que 10 personnes sont potentiellement en Z3.

L'exploitant a choisi dans son phasage d'exploitation un recul des fronts qui lui permet de garantir qu'aucun tir avec des fronts susceptibles d'engendrer des projections issues des fronts au sens du schéma A4-2, ne soit réalisé à moins de la limite supérieure de la Z2 (en bleu dans le tableau 9).



Récepteur potentiel	exploitation	Etage (m NGG)	Distance (m)	Nombre de personnes exposées		
				Z1 et Z2	Z3	Z4
Concession Mercedes Risques de projection provenant des fronts	Fosse actuelle	-15	436	0	10	10
		-3	447	0	10	10
		9	458	0	10	10
		21	468	0	10	10
		33	478	0	10	10
	Extension	-21	448	0	10	10
		-6	461	0	10	10
		9	474	0	10	10
		24	487	0	10	10
		39	500	0	10	10

Tableau 9 - Nombre de personnes dans les zones d'effets avec mesures correctives pour la concession Mercedes

Étant donnés les plans de tirs retenus pour l'exploitation de la carrière et les distances des tirs les plus proches, la situation des tirs vis-à-vis de la concession Mercedes est conforme aux exigences de la circulaire du 10/05/10 pour les risques de projection issus des tirs.

5.6 - OUEST : ROUTE NATIONALE I

Le trafic au niveau de la RNI commençant au carrefour des Maringouins est localement estimé à 45 000 véhicules/jour. Le nombre de personnes présentes peut être évalué à 0,4 personnes permanentes par km exposé et par tranche de 100 véhicules/jour.

Les limites maximales des différentes zones d'effets pour les projections issues des fronts sont données dans le tableau A6-I.

Le nombre de personnes potentiellement présentes sur cette portion de route est défini dans le tableau 10 en fonction de la zone d'effet.

Il apparaît qu'aucune personne se situe en Z2 pour tous les fronts de la fosse actuelle et pour les fronts supérieurs de l'extension. Mais le nombre de personnes en Z3 est important et doit être diminuer pour rester en dessous des 100 personnes pour tous les riverains du site.

Récepteur potentiel	exploitation	Etage (m NGG)	Distance (m)	Nombre de personnes exposées		
				Z1 et Z2	Z3	Z4
RNI Risques de projection provenant des fronts	Fosse actuelle	-15	599	0	0	186.4
		-3	610	0	0	187.9
		9	621	0	0	189.4
		21	631	0	0	190.8
		33	641	0	0	192.3
	Extension	-21	691	0	0	164.5
		-6	676	0	0	180.8
		9	648	0	0	200.9
		24	662	0	0	202.8
		39	674	0	0	204.6

Tableau 10 - Nombre de personnes dans les zones d'effets pour le carrefour des Maringouins avec mesures correctives



L'exploitant a choisi dans son phasage d'exploitation un recul des fronts qui lui permet de garantir qu'aucun tir avec des fronts susceptibles d'engendrer des projections issues des fronts au sens du schéma A4-2, ne soit réalisé à moins de la limite supérieure de la Z3 (en bleu dans le tableau 10).

Étant donné le plan de tir retenu pour l'exploitation de la carrière et les distances des tirs les plus proches, et compte-tenu de l'engagement de l'exploitant ci-dessus, la situation des tirs vis-à-vis de la RNI est conforme aux exigences de la circulaire du 10/05/10 pour les risques de projections issues des fronts des tirs.

5.7 - OUEST : STADES ET INSTALLATIONS SPORTIVES

Le nombre de personnes potentiellement présentes en permanence au niveau du stade et des installations sportives a été localement estimé à 100 personnes.

Les limites maximales des différentes zones d'effets pour les projections issues des fronts sont données dans le tableau A6-1.

Le tableau A6-1 montre que des personnes se trouvent en Z2, et que 100 personnes sont potentiellement présentes en Z3. Afin de diminuer le nombre en Z3, les distances de sécurité sont augmentées.

Récepteur potentiel	exploitation	Etage (m NGG)	Distance (m)	Nombre de personnes exposées		
				Z1 et Z2	Z3	Z4
Stade et installations sportives	Fosse actuelle	-15	596	0	0	30
		-3	607	0	0	30
		9	618	0	0	30
		21	628	0	0	30
		33	639	0	0	30
Risques de projection provenant des fronts	Extension	-21	619	0	0	30
		-6	632	0	0	30
		9	646	0	0	30
		24	659	0	0	30
		39	672	0	0	30

Tableau 11 - Nombre de personnes dans les zones d'effets avec mesures correctives pour les installations sportives

L'exploitant a choisi dans son phasage d'exploitation un recul des fronts qui lui permet de garantir qu'aucun tir avec des fronts susceptibles d'engendrer des projections issues des fronts au sens du schéma A4-2, ne soit réalisé à moins de la limite supérieure de la Z3 (en bleu dans le tableau 11).

Étant donné les plans de tirs retenus pour l'exploitation et de l'engagement de la carrière ci-dessus, la situation des tirs vis-à-vis des installations sportives est conforme aux exigences de la circulaire du 10/05/10 pour les risques de projection issus des tirs.



5.8 - NORD-OUEST : ROUTE D'ACCÈS AU LOTISSEMENT DE LA ROSERAIE

Le trafic au niveau de la route d'accès au lotissement de La Roseraie est localement estimé à 100 véhicules/jour. Le nombre de personnes présentes peut être évalué à 0,4 personnes permanentes par km exposé et par tranche de 100 véhicules/jour.

Les limites maximales des différentes zones d'effets pour les projections issues des fronts sont données dans le tableau A6-1.

Le nombre de personnes potentiellement présentes sur cette portion de route est défini dans le tableau 12 en fonction de la zone d'effet.

Il apparaît que des personnes sont susceptibles de se trouver en Z2. Mais le nombre de personnes en Z3 est important et doit être diminuer pour rester en dessous des 100 personnes pour tous les riverains du site.

Récepteur potentiel	exploitation	Etage (m NGG)	Distance (m)	Nombre de personnes exposées		
				Z1 et Z2	Z3	Z4
Route d'accès au lotissement La Roseraie	Fosse actuelle	-15	469	0	0.15	0.25
		-3	457	0	0.16	0.26
		9	455	0	0.17	0.27
		21	465	0	0.17	0.27
		33	475	0	0.17	0.27
Risques de projection provenant des fronts	Extension	-21	466	0	0.16	0.27
		-6	459	0	0.17	0.28
		9	472	0	0.18	0.28
		24	485	0	0.18	0.29
		39	497	0	0.18	0.29

Tableau 12 - Nombre de personnes dans les zones d'effets pour la route de La Roseraie avec mesures correctives

L'exploitant a choisi dans son phasage d'exploitation un recul des fronts qui lui permet de garantir qu'aucun tir avec des fronts susceptibles d'engendrer des projections issues des fronts au sens du schéma A4-2, ne soit réalisé à moins de la limite supérieure de la Z2 (en bleu dans le tableau 12).

Étant donné le plan de tir retenu pour l'exploitation de la carrière et les distances des tirs les plus proches, et compte-tenu de l'engagement de l'exploitant ci-dessus, la situation des tirs vis-à-vis de la route d'accès à La Roseraie est conforme aux exigences de la circulaire du 10/05/10 pour les risques de projections issues des fronts des tirs.

5.9 - NORD-OUEST : LOTISSEMENT DE LA ROSERAIE

Le nombre de personnes potentiellement présentes en permanence au niveau des habitations du lotissement de La Roseraie est évalué à partir du nombre de maisons localisées dans les zones d'effets et le nombre moyen INSEE de 2,5 personnes par logement.

Les limites maximales des différentes zones d'effets pour différentes situations de projection sont données dans le tableau A6-1.



Le tableau A6-1 montre que des personnes se trouvent en Z2, et qu'environ 120 personnes sont potentiellement présentes en Z3. Afin de diminuer le nombre en Z3, les distances de sécurité sont augmentées.

L'exploitant a choisi dans son phasage d'exploitation un recul des fronts qui lui permet de garantir qu'aucun tir avec des fronts susceptibles d'engendrer des projections issues des fronts au sens du schéma A4-2, ne soit réalisé à moins de la limite supérieure de la Z2 (en bleu dans le tableau 13).

Étant donnés les plans de tirs retenus pour l'exploitation et de l'engagement de la carrière ci-dessus, la situation des tirs vis-à-vis du lotissement de la Roseraie est conforme aux exigences de la circulaire du 10/05/10 pour les risques de projection issus des tirs.

Récepteur potentiel	exploitation	Etage (m NGG)	Distance (m)	Nombre de personnes exposées		
				Z1 et Z2	Z3	Z4
Lotissement de la Roseraie Risques de projection provenant des fronts	Fosse actuelle	-15	434	0	10	25
		-3	445	0	10	25
		9	455	0	17.5	82.5
		21	465	0	17.5	82.5
		33	475	0	17.5	82.5
	Extension	-21	445	0	17.5	45
		-6	459	0	20	50
		9	472	0	25	112.5
		24	485	0	25	105
		39	497	0	25	100

Tableau 13 - Nombre de personnes dans les zones d'effets avec mesures correctives pour le lotissement de La Roseraie

5.10- NORD-OUEST : GROUPE SCOLAIRE LA ROSERAIE

Le nombre de personnes potentiellement présentes en permanence au niveau du groupe scolaire est 300 personnes.

Les limites maximales des différentes zones d'effets pour différentes situations de projection sont données dans le tableau A6-1.

Le tableau A6-1 montre que des personnes se trouvent en Z2, et qu'environ 250 personnes sont potentiellement présentes en Z3. Afin de diminuer le nombre en Z3, les distances de sécurité sont augmentées.

L'exploitant a choisi dans son phasage d'exploitation un recul des fronts qui lui permet de garantir qu'aucun tir avec des fronts susceptibles d'engendrer des projections issues des fronts au sens du schéma A4-2, ne soit réalisé à moins de la limite supérieure de la Z3 (en bleu dans le tableau 14).

Étant donnés les plans de tirs retenus pour l'exploitation et de l'engagement de la carrière ci-dessus, la situation des tirs vis-à-vis du groupe scolaire est conforme aux exigences de la circulaire du 10/05/10 pour les risques de projection issus des tirs.



Récepteur potentiel	exploitation	Etage (m NGG)	Distance (m)	Nombre de personnes exposées		
				Z1 et Z2	Z3	Z4
Lotissement de la Roseraie Risques de projection provenant des fronts	Fosse actuelle	-15	599	0	0	200
		-3	610	0	0	200
		9	621	0	0	200
		21	631	0	0	200
		33	641	0	0	200
	Extension	-21	621	0	0	200
		-6	635	0	0	200
		9	648	0	0	200
		24	662	0	0	200
		39	674	0	0	200

Tableau 14 - Nombre de personnes dans les zones d'effets avec mesures correctives pour le groupe scolaire

5.1 I- NORD : LOTISSEMENT JASMIN

Le nombre de personnes potentiellement présentes en permanence au niveau des habitations du lotissement Jasmin est évalué à partir du nombre de maisons localisées dans les zones d'effets et le nombre moyen INSEE de 2,5 personnes par logement.

Les limites maximales des différentes zones d'effets pour différentes situations de projection sont données dans le tableau A6-1.

Le tableau A6-1 montre que des personnes se trouvent en Z2, et qu'environ 135 personnes sont potentiellement présentes en Z3. Afin de diminuer le nombre en Z3, les distances de sécurité sont augmentées.

L'exploitant a choisi dans son phasage d'exploitation un recul des fronts qui lui permet de garantir qu'aucun tir avec des fronts susceptibles d'engendrer des projections issues des fronts au sens du schéma A4-2, ne soit réalisé à moins de la limite supérieure de la Z2 pour les tirs de la fosse, et Z3 pour les tirs de l'extension (en bleu dans le tableau 15).

Récepteur potentiel	exploitation	Etage (m NGG)	Distance (m)	Nombre de personnes exposées		
				Z1 et Z2	Z3	Z4
Lotissement Jasmin Risques de projection provenant des fronts	Fosse actuelle	-15	429	0	17.5	65
		-3	440	0	25	70
		9	451	0	35	75
		21	461	0	35	75
		33	471	0	35	75
	Extension	-21	614	0	0	57.5
		-6	628	0	0	57.5
		9	641	0	0	57.5
		24	655	0	0	57.5
		39	667	0	0	57.5

Tableau 15 - Nombre de personnes dans les zones d'effets avec mesures correctives pour le lotissement Jasmin



Étant donné les plans de tirs retenus pour l'exploitation et de l'engagement de la carrière ci-dessus, la situation des tirs vis-à-vis du lotissement Jasmin est conforme aux exigences de la circulaire du 10/05/10 pour les risques de projection issus des tirs.

5.12- NORD-EST : INSTALLATIONS DU CAMP MILITAIRE

Le nombre de personnes potentiellement présentes en permanence au niveau des bâtiments du camp militaire a été localement estimé à 90 personnes.

Le tableau A6-1 montre que des personnes se trouvent en Z2, et que 90 personnes sont potentiellement en Z3.

L'exploitant a choisi dans son phasage d'exploitation un recul des fronts qui lui permet de garantir qu'aucun tir avec des fronts susceptibles d'engendrer des projections issues des fronts au sens du schéma A4-2, ne soit réalisé à moins de la limite supérieure de la Z3 (en bleu dans le tableau 16).

Récepteur potentiel	exploitation	Etage (m NGG)	Distance (m)	Nombre de personnes exposées		
				Z1 et Z2	Z3	Z4
Concession Mercedes Risques de projection provenant des fronts	Fosse actuelle	-15	596	0	0	50
		-3	607	0	0	50
		9	618	0	0	50
		21	628	0	0	55
		33	639	0	0	55
	Extension	-21	619	0	0	50
		-6	632	0	0	55
		9	646	0	0	65
		24	659	0	0	65
		39	672	0	0	65

Tableau 16 - Nombre de personnes dans les zones d'effets avec mesures correctives pour les installations militaires

Étant donné les plans de tirs retenus pour l'exploitation de la carrière et les distances des tirs les plus proches, la situation des tirs vis-à-vis du camp militaire est conforme aux exigences de la circulaire du 10/05/10 pour les risques de projection issus des tirs.

5.13- EST : ROUTE DU TIGRE

Le trafic au niveau du Tigre est localement estimé à 90 véhicules/jour. Le nombre de personnes présentes peut être évalué à 0,4 personnes permanentes par km exposé et par tranche de 100 véhicules/jour.

Les limites maximales des différentes zones d'effets pour les projections issues des fronts sont données dans le tableau A6-1.

Le nombre de personnes potentiellement présentes sur cette portion de route est défini dans le tableau 17 en fonction de la zone d'effet.



Il apparaît que des personnes sont susceptibles de se trouver en Z3.

Récepteur potentiel	exploitation	Etage (m NGG)	Distance (m)	Nombre de personnes exposées		
				Z1 et Z2	Z3	Z4
Route du Tigre Risques de projection provenant des fronts	Fosse actuelle	-15	859	0	0	0
		-3	847	0	0	0
		9	835	0	0	0
		21	847	0	0	0
		33	859	0	0	0
	Extension	-21	627	0	0	5.2
		-6	612	0	1.6	5.6
		9	597	0	2.4	5.9
		24	612	0	2.4	5.9
		39	627	0	2.4	6.0

Tableau 17 - Nombre de personnes dans les zones d'effets pour la route du Tigre avec mesures correctives

Étant donné le plan de tir retenu pour l'exploitation de la carrière et les distances des tirs les plus proches, et compte-tenu de l'engagement de l'exploitant ci-dessus, la situation des tirs vis-à-vis de la route du Tigre est conforme aux exigences de la circulaire du 10/05/10 pour les risques de projections issues des fronts des tirs.

5.14- EST : DECHETTERIE ISDND

Le nombre de personnes potentiellement présentes en permanence au niveau de la déchetterie ISDND a été localement estimé à 20 personnes.

Le tableau A6-1 montre que des personnes se trouvent en Z2, et que 20 personnes sont potentiellement en Z3.

L'exploitant a choisi dans son phasage d'exploitation un recul des fronts qui lui permet de garantir qu'aucun tir avec des fronts susceptibles d'engendrer des projections issues des fronts au sens du schéma A4-2, ne soit réalisé à moins de la limite supérieure de la Z2 (en bleu dans le tableau 18).

Récepteur potentiel	exploitation	Etage (m NGG)	Distance (m)	Nombre de personnes exposées		
				Z1 et Z2	Z3	Z4
Concession Mercedes Risques de projection provenant des fronts	Fosse actuelle	-15	436	0	20	20
		-3	447	0	20	20
		9	458	0	20	20
		21	468	0	20	20
		33	478	0	20	20
	Extension	-21	448	0	20	20
		-6	461	0	20	20
		9	474	0	20	20
		24	487	0	20	20
		39	500	0	20	20

Tableau 18 - Nombre de personnes dans les zones d'effets avec mesures correctives pour l'ISDND

Étant donné les plans de tirs retenus pour l'exploitation de la carrière et les distances des tirs les plus proches, la situation des tirs vis-à-vis de la déchetterie ISDND est conforme aux exigences de la circulaire du 10/05/10 pour les risques de projection issus des tirs.



5.15- ENSEMBLE DES RECEPTEURS

L'acceptabilité des tirs conformément aux critères relatifs à l'effet sur les personnes définis, pour les installations pyrotechniques, dans le paragraphe 2.2.6 B de la circulaire du 10/05/10 du MEEDDM en application de la loi du 30 juillet 2003 s'adresse à la totalité des personnes présentes en permanence pour l'ensemble des récepteurs potentiels envisageables.

Les tableaux 19 et 20 suivants donnent la situation de l'ensemble des récepteurs, dans les cas les plus défavorables de la fosse actuelle puis de l'extension, en cumulant le nombre de personnes présentes au niveau de chaque récepteur, compte tenu des mesures correctives du paragraphe 5.

Les riverains étant disposés autour du site, cette hypothèse de cumul est défavorable puis qu'un tir de mines en gradin peut émettre des projections issues du front dans le demi-espace face aux surfaces de dégagement verticales (Schéma A4-2)

Localisation du tir	Couple majorant « probabilité/zone d'effet »	Nombre de personnes présentes en permanence	Nombre de personnes autorisées	Situation des récepteurs
Fosse actuelle	E.Z2	0	0	conforme
	E.Z3	82.67	<100	conforme
	E.Z4	953.47	<1000	conforme

Tableau 19– Situation de l'ensemble des récepteurs après mesures correctives pour un tir dans la fosse actuelle

Localisation du tir	Couple majorant « probabilité/zone d'effet »	Nombre de personnes présentes en permanence	Nombre de personnes autorisées	Situation des récepteurs
Extension	E.Z2	0	0	conforme
	E.Z3	57.58	<100	conforme
	E.Z4	998.69	<1000	conforme

Tableau 20– Situation de l'ensemble des récepteurs après mesures correctives pour un tir dans l'extension

A la condition de mettre en place les mesures correctives du paragraphe 5, la situation des tirs en diamètre 89 mm sur l'ensemble du projet de carrière est conforme aux exigences de la circulaire du 10/05/10 du MEEDDM en application de la loi du 30 juillet 2003.



6. CONCLUSION

Les dangers liés aux projections dues aux tirs de mines ont été analysés au sens de l'arrêté du 29 septembre 2005 relatif à l'évaluation et la prise en compte de la probabilité d'occurrence, de la cinétique, de l'intensité des effets et de la gravité des conséquences des accidents potentiels dans les études de dangers des installations classées soumises à autorisation.

L'extraction sera réalisée par de tirs en gradins dans la fosse actuelle ou dans l'extension.

Le plan de chargement des trous en diamètre 89 mm est réalisé pour les fronts de 12 m et ceux de 15 m.

A condition de mettre en place les mesures correctives du paragraphe 5, la situation des tirs en diamètre 89 mm sur l'ensemble du projet de carrière est conforme aux exigences de la circulaire **du 10/05/10 du MEEDDM en application de la loi du 30 juillet 2003**.

L'exploitant met à disposition de l'équipe de minage un outil permettant de matérialiser avant l'implantation les distances aux riverains dans toutes les directions.

La formation des opérateurs sur les moyens d'anticiper les risques de projections est primordiale. Le suivi de la géométrie des fronts et des forages, le film des tirs, la mesure de la surpression sont des éléments de suivi des tirs favorables à la maîtrise des risques.



ANNEXE I :

AI - Plan de situation de la carrière et des environnants



SCC – CARRIÈRE DES MARINGOUINS (973)
ANALYSE DES RISQUES LIÉS AUX PROJECTIONS DES TIRS

A1-1 – Localisation du projet



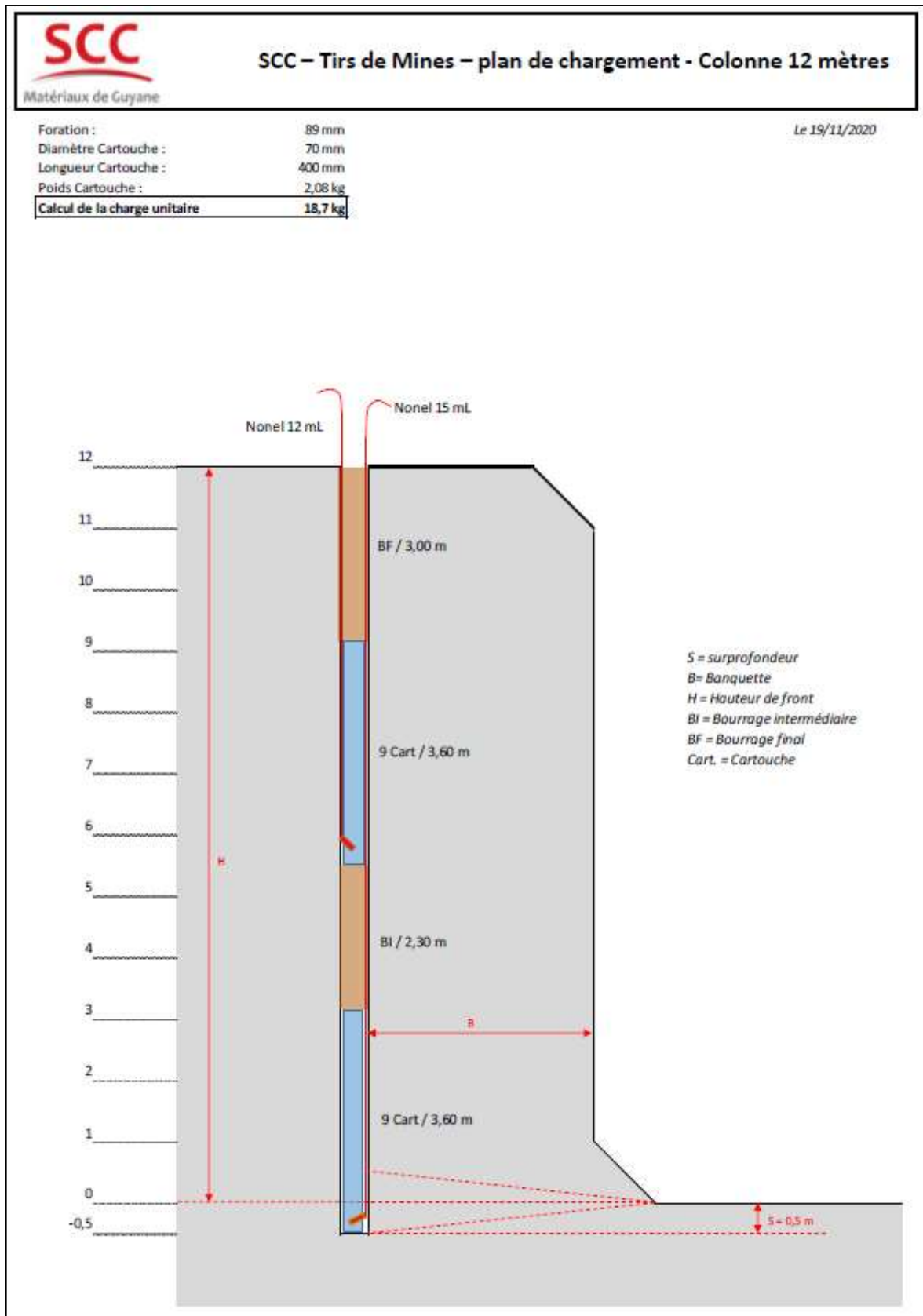


ANNEXE 2 :
A2 - Plans de tir type



A2-1 – Exemple en diamètre 89 mm d'un tir de 12 m

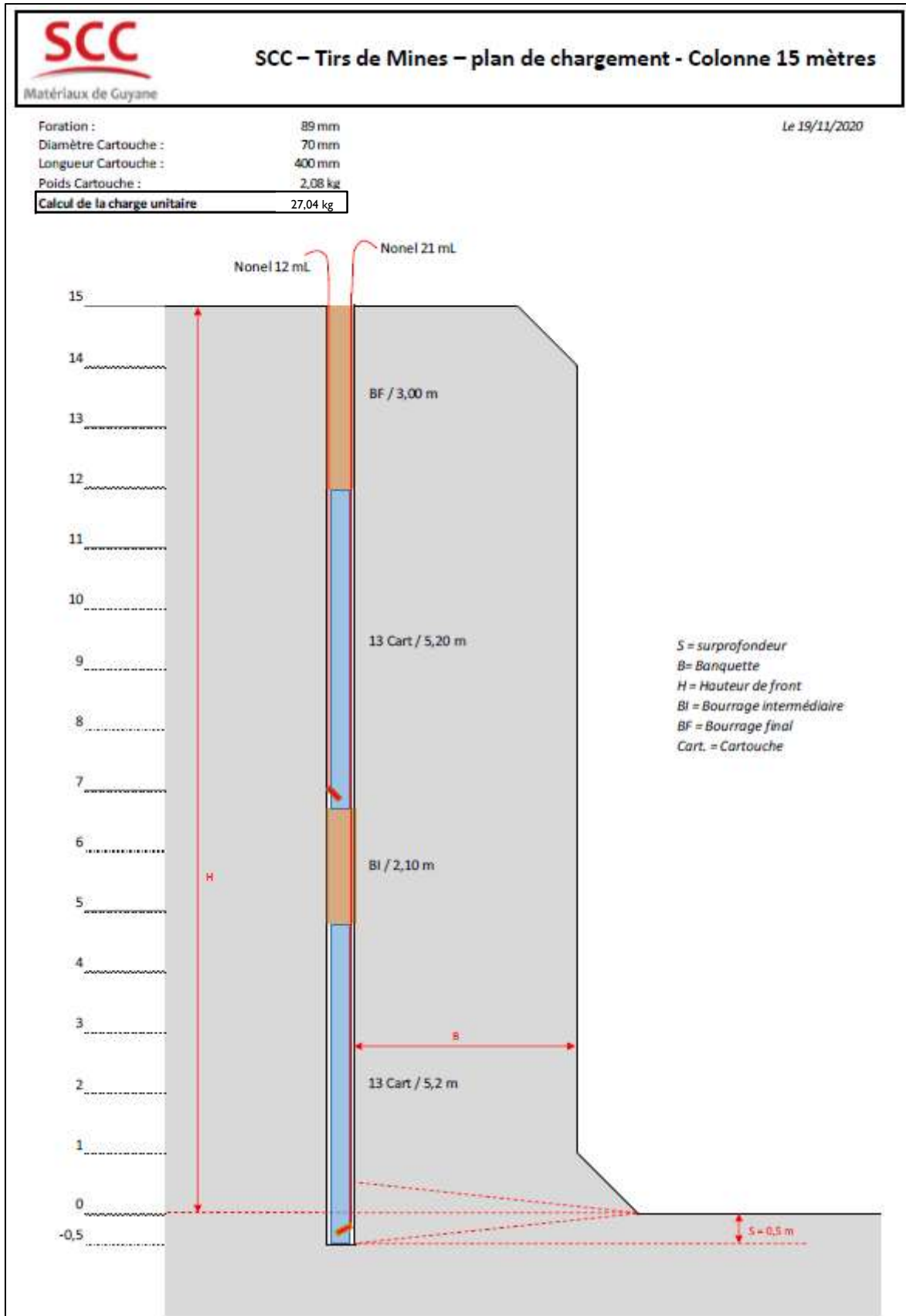
11 à 25 trous de mines disposés en suivant une maille de 3 m x 3 m





A2-2 – Exemple en diamètre 89 mm d'un tir de 15 m

11 à 17 trous de mines disposés en suivant une maille de 3 m x 3 m ou 3,4 m x 3,4 m







ANNEXE 3 :

A3 - Fiches techniques des explosifs



A3-1 – Fiche produit gamme EMULSTAR

EMULSTAR



Emulsion encartouchée

EXPLOSIF

1 - DOMAINE D'UTILISATION

TITANOBEL propose une émulsion encartouchée particulièrement adaptée à l'abattage de roches dures et très dures en carrières et sur chantier de travaux publics, même en présence d'eau.

La gamme se décline en version classique pour les opérations courantes et en version UG, conçue pour les conditions sévères de pression statique ou dynamique (travaux souterrains, tirs de tranchée, tirs en charge étagée, tirs en zone très faillée ou gorgée d'eau).

Pour chaque version, le produit est disponible en 3 catégories de puissance :

- EMULSTAR 3000 pour le chargement en colonne de roches tendres
- EMULSTAR 6000 pour les roches plus dures
- EMULSTAR 8000+ pour les roches très dures et le chargement en pied. L'EMULSTAR 8000+ a des caractéristiques pyrotechniques supérieures à toutes les dynamites.



2 - PRÉSENTATION ET CONDITIONNEMENT

L'EMULSTAR se présente sous forme pâteuse de couleur grise, encartouchée en gaine plastique, et clippée aux deux extrémités. Elle est conditionnée en carton de 25 kg.

CALIBRES STANDARDS (diamètre en mm / poids en g)			
EMULSTAR 3000 ET 3000 UG	EMULSTAR 6000 ET 6000 UG	EMULSTAR 8000+	EMULSTAR 8000 UG
120/6000 - 24 kg	120/6000 - 24 kg	120/6000 - 24 kg	120/6000 - 24 kg
110/4800	110/4800* - 24 kg	110/4800* - 24 kg	110/4800* - 24 kg
100/4170*	100/4170*	-	-
90/3125	90/3125	90/3125	90/3125
80/2500	80/2500	80/2500	80/2500
70/2083	70/2083	70/2083	70/2083
60/1563	60/1563	60/1563	60/1563
50/1087	50/1087	-	50/1087
-	-	-	35/500*
-	-	-	35/350*
-	-	-	30/400*
-	-	-	30/250*
-	-	-	28/250*
-	-	-	25/250*
-	-	-	25/190*

* Sur commande ferme uniquement

* Les EMULSTARS 3000 UG et 6000 UG sont disponibles sur commande spéciale.





3 - CARACTÉRISTIQUES TECHNIQUES

	3000	3000 UG	6000	6000 UG	8000 +	8000 UG
Caractéristiques mesurées						
Densité moyenne d'encartouchage						
Ø > 40 mm	1,26	1,26	1,28	1,28	1,28	1,28
Ø ≤ 40 mm		1,22		1,25		1,25
Coefficient d'auto-excitation (cm)	4,5	4,5	3,5	3,5	≥ 10	≥ 10
Vitesse de détonation (m/s)						
Ø 30 mm confiné	5000	5200	5000	5200	5000	5300
Ø 80 mm confiné	5500	5600	5500	5600	5600	5700
Energie moyenne mesurée en piscine						
E choc (MJ/kg)	1,75	1,75	1,98	1,98	2,26	2,42
E gaz (MJ/kg)	1,88	1,75	2,09	1,98	2,67	2,38
E totale (MJ/kg)	3,63	3,50	4,07	3,96	4,93	4,81
Caractéristiques calculées						
Balance d'oxygène (g/100g)	-0,3	-0,3	-1,3	-1,3	-3,4	-3,4
Volume de gaz (l/kg)	902	869	820	785	732	710
Energie théorique totale (MJ/kg)	3,79	3,65	4,77	4,56	5,79	5,61
Strength (MJ/kg)	0,83	0,80	0,98	0,94	1,14	1,10
Pressions de détonation (calculées avec les vitesses de détonation mesurées)						
Ø 30 mm confiné (GPa)	7,6	8,2	8,1	8,1	8,1	8,8
Ø 80 mm confiné (GPa)	9,5	9,9	9,7	9,7	10,3	10,4
Résistance à la compression (bar)						
Résistance à la pression statique Ø ≤ 40 / Ø > 40	3	60/380	3	60/380	3	60/380
Résistance à la pression dynamique Ø ≤ 40 / Ø > 40	(*)	200/420	(*)	200/420	(*)	200/420

(*) dépend du délai de retard

4 - CONDITIONS D'EMPLOI

L'EMULSTAR doit être utilisée dans un délai de 1 an après la date de fabrication. Elle doit être amorcée avec un détonateur de 0,8 g de pentrite ou avec un cordeau détonant de 20 g/ml.

L'EMULSTAR UG sera à privilégier chaque fois que le plan de tir et/ou la nature du terrain peuvent être la cause d'interactions importantes entre les charges explosives (compression statique et/ou dynamique).

Température limite d'utilisation : + 70 °C

Température limite de stockage : + 50 °C.

Dans des conditions de températures basses (< - 10 °C), on utilisera de préférence la gamme UG.

5 - DÉSIGNATIONS ADMINISTRATIVES

Autorisation d'emploi en France	3000 et 3000 UG	6000 et 6000 UG	8000+ et 8000 UG
Classement au stockage	1.1.D	1.1.D	1.1.D
Classement au transport	1.1.D – UN 0241	1.1.D – UN 0241	1.1.D – UN 0241
Chargement en chute libre et travaux souterrains (sans risque de grisou ou de poussières inflammables)	0080.EXP.04.0007	0080.EXP.07.0064	0080.EXP.01.0037
	0080.EXP.04.0008	0080.EXP.07.0065	0080.EXP.01.0038

6 - RESPONSABILITÉS

Les indications et recommandations contenues dans ce document sont données à titre indicatif, de bonne foi et ne peuvent constituer une garantie. Elles sont fondées sur tous les tests réalisés à ce jour par le fabricant qui ne peut envisager toutes les applications possibles pour ces explosifs ni contrôler la qualité de leur utilisation. Les produits décrits dans ce document sont donc vendus sous la seule garantie de leur conformité aux attestations d'examen CE de type et aux arrêtés d'agrément et décisions référencés par le Ministère Français de l'Industrie. Nous réservons notre droit d'effectuer à tout moment et sans préavis des mises à jour : ajouts, suppressions ou modifications d'informations au présent document.



ANNEXE 4 :

A4 - Méthode d'évaluation des projections et de leurs effets



Modèle des projections et hypothèses complémentaires

Une projection correspond à la mise en mouvement par l'onde de choc et les gaz du tir d'un morceau de roche de taille variable à grande distance. Pour les structures, les dégâts sont notamment fonction de la taille, de la vitesse et de l'angle de la trajectoire du projectile. Pour l'homme l'effet direct est potentiellement létal.

Nous établirons ici les risques des dangers de projections sur la base d'un modèle statistique de répartition normale des projections autour d'une loi moyenne.

Cette estimation s'appuie sur des études conduites aux États Unis depuis les années 1980 : l'évaluation des vitesses de déplacement des éléments d'un front de taille par cinématographie rapide. Ces mesures ont été synthétisées sous la forme d'une relation mathématique par Frank CHIAPETTA [First international symposium on rock fragmentation by blasting, LULEA, Suède, 1983] :

$$V = K \cdot \left[\frac{B}{\sqrt[3]{E_l}} \right]^{-1.17}$$

Où V est la vitesse de projection exprimée en m/s, B est l'épaisseur de roche au droit de l'explosif exprimée en m, E_l est l'énergie linéaire de la charge explosive exprimée en MJ/m et K est un coefficient exprimant la probabilité d'atteinte de la vitesse considérée.

La variation du coefficient K évolue selon une loi normale en fonction du niveau de probabilité. Elle est exprimée dans le tableau suivant :

Probabilité d'atteinte de la vitesse	50%	5%	1%	0,1%	0,01%
K	14	25	32	40,7	50,4

A4-1 – Évolution de K avec la probabilité

Le mouvement décrit par chaque bloc est considéré balistique. Les frottements de l'air sont négligés, ce qui est une hypothèse défavorable.

La trajectoire d'un bloc, soumis à la vitesse initiale V inclinée d'un angle α sur l'horizontale et situé à la hauteur h par rapport à la surface de réception du bloc, est définie par les relations paramétriques suivantes :

$$\begin{cases} X = V \cdot \cos \alpha \cdot t \\ Z = V \cdot \sin \alpha \cdot t - \frac{1}{2} g t^2 + h \end{cases}$$

La trajectoire d'un bloc, soumis à la vitesse initiale V , inclinée d'un angle α sur l'horizontale et situé à la hauteur h par rapport à la surface de réception du bloc, peut également s'écrire sous la forme suivante :

$$X = \frac{V \cdot \cos \alpha}{g} \cdot \left[V \cdot \sin \alpha + \sqrt{V^2 \cdot \sin^2 \alpha + 2gh} \right]$$

g représente ici l'accélération de la pesanteur au point considéré.

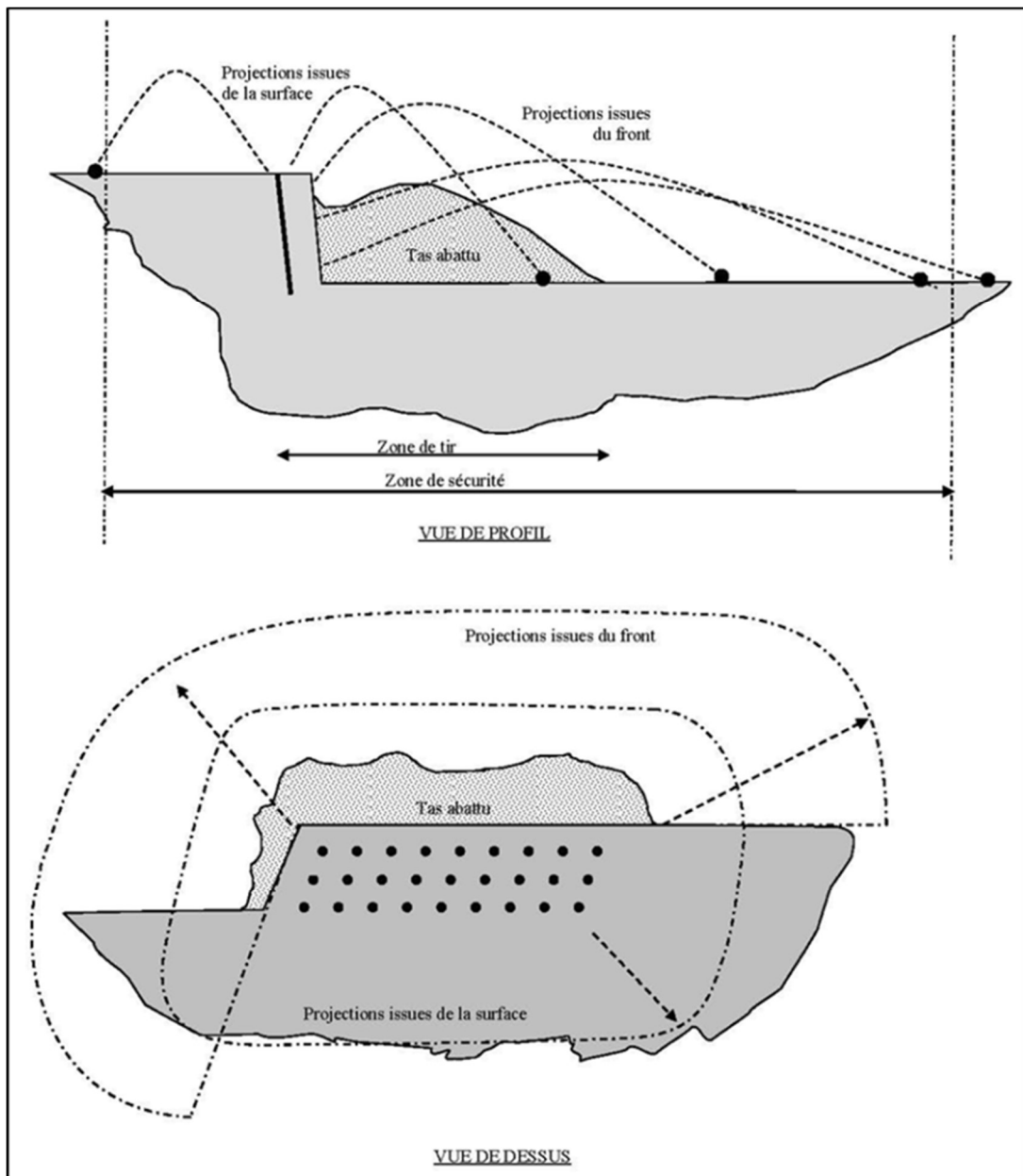


Dans ces évaluations, nous retiendrons comme angle α celui correspondant à la distance de projection maximale d . Il s'agit d'une hypothèse défavorable.

$$d = \max(X)$$

pour α variant de $-\pi/2$ à $\pi/2$

D'une manière générale, les projections peuvent provenir, soit de la surface supérieure du tir (projections issues des têtes de trous de mines), soit de surfaces de dégagement verticales (projections issues du front) comme c'est le cas en particulier pour les tirs en gradins (voir schéma A4-2).



A4-2 – Secteurs affectés par les projections issues des fronts d'un tir



Les projections issues des têtes de trous de mines sont des projections en cloches qui peuvent intervenir dans toutes les directions ; elles ont cependant une portée relativement faible pour des tirs réalisés conformément aux règles de l'art (respect de l'épaisseur et de la qualité du bourrage, notamment).

Les projections issues du front ont des trajectoires tendues ; elles sont orientées vers l'avant du front (demi-espace face au tir) et ont une portée relativement élevée pour des tirs en gradins réalisées conformément aux règles de l'art. Le risque lié à ce type de projections peut être totalement supprimé en choisissant des orientations de front adaptées.

Les distances de projections dépendent de l'altitude relative de la charge explosive et du récepteur potentiel.

Les écrans éventuels et en particulier les fronts opposés ou les merlons ne sont pas pris en compte dans cette étude.

Probabilités d'impact

Dans notre modèle établi sur la base d'une répartition normale des projections autour d'une loi moyenne, il n'existe pas de distance maximale de projection. En réalité, l'énergie explosive mise en œuvre est une quantité limitée et connue et les projections sont bornées. Mais compte tenu du faible recensement des projections à grande distance, il est difficile d'établir une distance maximale d'effet en substituant la loi normale par une loi en cloche.

Or un projectile de 200 g peut être mortel à 20 m comme à 1 000 m.

L'approche du problème est par conséquent sensiblement différente de celle d'autres dangers de l'arrêté du 20 avril 2007 dont l'effet varie de manière importante en fonction de la distance, comme par exemple pour l'onde de choc aérienne où la pression diminue avec la distance : l'effet des projections ne change pas sensiblement en fonction de la distance ; seule la probabilité change. En effet, la probabilité d'atteinte diminue avec la distance et dans le même temps la surface de réception augmente avec la distance.

Par ailleurs, selon l'expérience, la dimension des projectiles rencontrés varie en fonction de la distance au tir. A très courte distance, les dimensions moyennes des projectiles peuvent être très importantes (métriques) alors qu'à grande distance, ces dimensions moyennes sont plus réduites, de dimensions décimétriques.



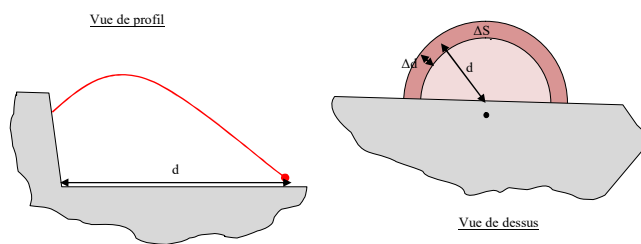
Sur la base des hypothèses de l'exploitation courante prévue pour la carrière, le modèle précédent permet de déterminer successivement :

- la distance de projection maximale d pour un tir en fonction du niveau de probabilité p ;

$$d = f(p)$$

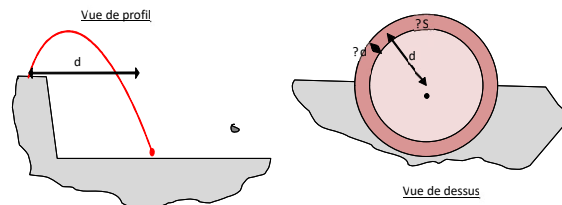
- la surface de réception pour un niveau de probabilité donné ; cette surface est calculée comme étant une couronne (ou une demi-couronne pour les tirs en gradins face à chaque direction des fronts du tir) :

pour une projection issue du front de taille



$$\Delta S = \pi d \cdot \Delta d = \pi \cdot f(p) \cdot f'(p) \cdot \Delta p \sim \pi \cdot f(p) \cdot \left[f\left(p + \frac{\Delta p}{2}\right) - f\left(p - \frac{\Delta p}{2}\right) \right]$$

pour une projection issue de la surface du tir



$$\Delta S = 2\pi d \cdot \Delta d = 2\pi \cdot f(p) \cdot f'(p) \cdot \Delta p \sim 2\pi \cdot f(p) \cdot \left[f\left(p + \frac{\Delta p}{2}\right) - f\left(p - \frac{\Delta p}{2}\right) \right]$$

- La probabilité p_a que la projection atteigne une personne en prenant pour hypothèse que la surface apparente S_a d'une personne est de $0,1 \text{ m}^2$.

$$p_a = \frac{\Delta p}{\Delta S} \cdot S_a$$

- la probabilité annuelle d'impact $p_{a,i}$ compte tenu du nombre N de tirs par an dans la direction considérée. Pour les projections issues du front de taille, seuls les trous en bordure de front sont pris en compte.

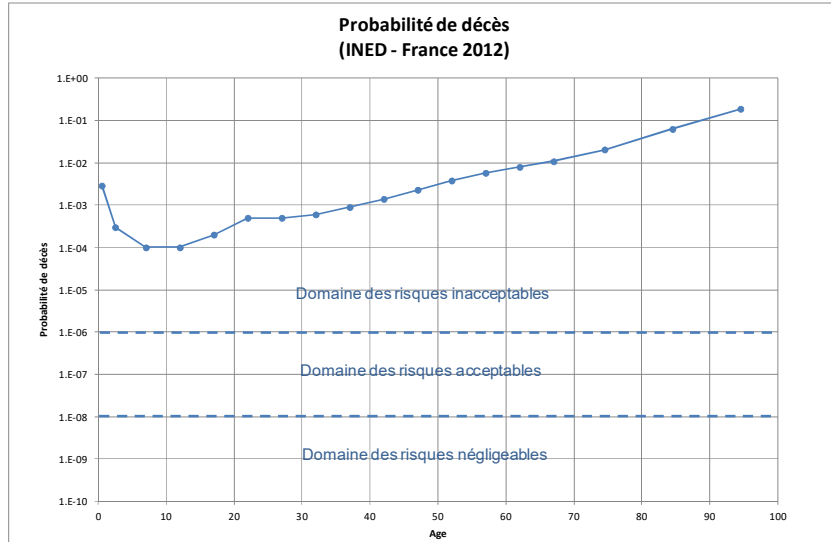
$$p_{a,i} = p_a \cdot N$$

Cette évaluation pourrait être complétée par une estimation de la probabilité de blessure grave ou létale pour obtenir une expression du niveau de danger pour les personnes. Nous avons supposé ici que tous les impacts sont mortels, hypothèse défavorable.



Zones d'effets et probabilités

Les risques calculés sont à comparer avec le risque de mortalité annuelle dont la valeur la plus faible (entre 5 ans et 14 ans selon les statistiques françaises) est de l'ordre de 10^{-4} .



A4-3– Probabilité de décès en France -INED 2012

La probabilité annuelle d'impact précédente prend en compte à la fois l'échelle de probabilité de l'évènement au sens de l'arrêté du 29 septembre 2005 et les zones d'effet au sens de l'article 11 de l'arrêté du 20 avril 2007.

Dans de nombreuses études de dangers en Europe, il est d'usage de retenir comme seuil acceptable un risque de décès surajouté de 1% par rapport au risque de décès minimal annuel de la population.

Effet sur les personnes

En France, selon l'annexe 1 de l'arrêté du 29 septembre 2005 (Voir tableau A4-4), « un évènement extrêmement peu probable » (niveau E ou P0) présente une probabilité annuelle d'apparition d'au plus 10^{-5} . Selon l'annexe 2 de ce même arrêté, la zone Z2 est limitée par un risque léthal de 1% sur les personnes et la zone Z1 par un risque léthal de 50 %.

Classe de probabilité / Type d'appréciation	E	D	C	B	A
qualitative ¹ (les définitions entre guillemets ne sont valables que si le nombre d'installations et le retour d'expérience sont suffisants ²)	« évènement possible mais extrêmement peu probable » : n'est pas possible au vu des connaissances actuelles, mais non rencontré au niveau mondial sur un très grand nombre d'années d'installations.	« évènement très improbable » : s'est déjà produit dans ce secteur d'activité mais a fait l'objet de mesures correctives réduisant significativement sa probabilité.	« évènement improbable » : un évènement similaire déjà rencontré dans le secteur d'activité ou dans ce type d'organisation au niveau mondial, sans que les éventuelles corrections intervenues depuis apportent une garantie de réduction significative de sa probabilité.	« évènement probables » : s'est produit et/ou peut se produire pendant la durée de vie de l'installation.	« évènement courant » : s'est produit sur le site considéré et/ou peut se produire à plusieurs reprises pendant la durée de vie de l'installations, malgré d'éventuelles mesures correctives.
semi-quantitative	Cette échelle est intermédiaire entre les échelles qualitative et quantitative, et permet de tenir compte des mesures de maîtrise des risques mises en place, conformément à l'article 4 du présent arrêté				
Quantitative (par unité et par an)	10^{-5}	10^{-4}	10^{-3}	10^{-2}	

A4-4 – Echelle de probabilité d'évènements selon l'annexe 1 de l'arrêté du 29 septembre 2005



Le couple E.Z2 correspond donc au risque annuel d'atteinte précédent de 10^{-7} . Cette valeur correspond à la limite supérieure des risques acceptables et à un risque surajouté de 1‰ par rapport à la probabilité minimale de décès annuelle en France. De la même manière, le couple E.Z1 correspond donc au risque annuel d'atteinte précédent de 5.10^{-6} .

Si la réglementation définit clairement les limites des zones Z1 et Z2, il n'en est pas de même pour les suivantes. Pour les zones Z3, Z4, Z5, nous diminuerons successivement le risque annuel d'atteinte par un facteur 10. **Rappelons que le modèle choisi ne permet pas de désigner de zones sans projection (et donc sans risque léthal) alors que les projections, pour des raisons physiques évidentes, sont bornées.**

Nous retiendrons donc par la suite sur le modèle de l'article 11 de l'arrêté du 20 avril 2007 :

Probabilité annuelle d'atteinte $p_{a,i}$	5.10^{-6}	1.10^{-7}	1.10^{-8}	1.10^{-9}	1.10^{-10}
Couple « zone d'effet /probabilité »	E. Z1 ou P1.Z2	E. Z2 ou P1.Z3	E.Z3 ou P1.Z4	E.Z4 ou P1.Z5	E.Z5

A4-5 – Correspondance entre les couples (zone d'effet, probabilité) et la probabilité d'atteinte annuelle

Ces valeurs sont à rapprocher de la valeur du risque annuel de chute d'un avion civil ou militaire estimé à 10^{-6} et 10^{-7} respectivement.

Effet sur les structures

Les zones d'effet pour les structures sont définies par l'article 11 en section III de l'arrêté du 20/04/07 fixant les règles relatives à l'évaluation des risques et à la prévention des accidents dans les établissements pyrotechniques.

DÉSIGNATION DE LA ZONE	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5
Conséquences sur l'homme.	Extrêmement graves (blessures mortelles dans plus de 50 % des cas).	Très graves.	Graves.	Significatives.	Effets indirects par bris de vitre.
Dégâts prévisibles aux biens.	Extrêmement graves.	Importants et effets dominos.	Graves.	Légers.	Destructions significatives de vitres.

A4-6 – Définition des zones d'effets pour les structures

Les mêmes projections qui conduisent à des effets significatifs sur les personnes ne conduisent qu'à des dégâts mineurs sur les structures : les risques principaux sont en effet des risques de bris de vitrage ou d'endommagement de toiture ou de cloisons légères.

Dans l'article 17 en section IV de l'arrêté du 20/04/07 fixant les règles relatives à l'évaluation des risques et à la prévention des accidents dans les établissements pyrotechniques, les niveaux d'acceptabilité des implantations sont indépendants de la probabilité d'évènement. Nous retiendrons donc les probabilités A.Zi dans nos évaluations.



En revanche, la surface apparente S_a des structures concernées est généralement beaucoup plus importante que celle d'une personne présentée précédemment dans l'évaluation de la probabilité d'impact.

Pour les bâtiments et autres structures compactes, nous retiendrons la surface apparente calculées à partir des dimensions extérieures de la structure.

Pour les autres structures, une évaluation spécifique devra être faite au cas par cas.

Pour des lignes électriques (MT, HT et THT) par exemple, nous retiendrons une surface de 1 m^2 (1 cm de diamètre sur une centaine de mètre de longueur) par câble électrique soit une section apparente S_a de 3 m^2 à 6 m^2 pour la plupart des lignes.

Limites d'acceptabilité

En ce qui concerne l'effet sur les personnes, nous nous référons aux critères définis, pour les installations pyrotechniques, dans le paragraphe 2.2.6 B de la circulaire du 10/05/10 du MEEDDM en application de la loi du 30 juillet 2003.

Comme les plans de tir peuvent être individuellement entièrement redéfinis à chaque fois, nous avons assimilés les opérations à des installations nouvelles au sens de la circulaire. Les seuils d'acceptabilité en termes de nombre de personnes exposées en permanence sont rappelés dans le tableau A4-7.

Signalons que pour les études de projections basées sur l'arrêté 79-846, il était d'usage d'associer les zones d'effets équivalents Z1 à Z5 à une probabilité P1 conduisant au même niveau de risque que la réglementation.

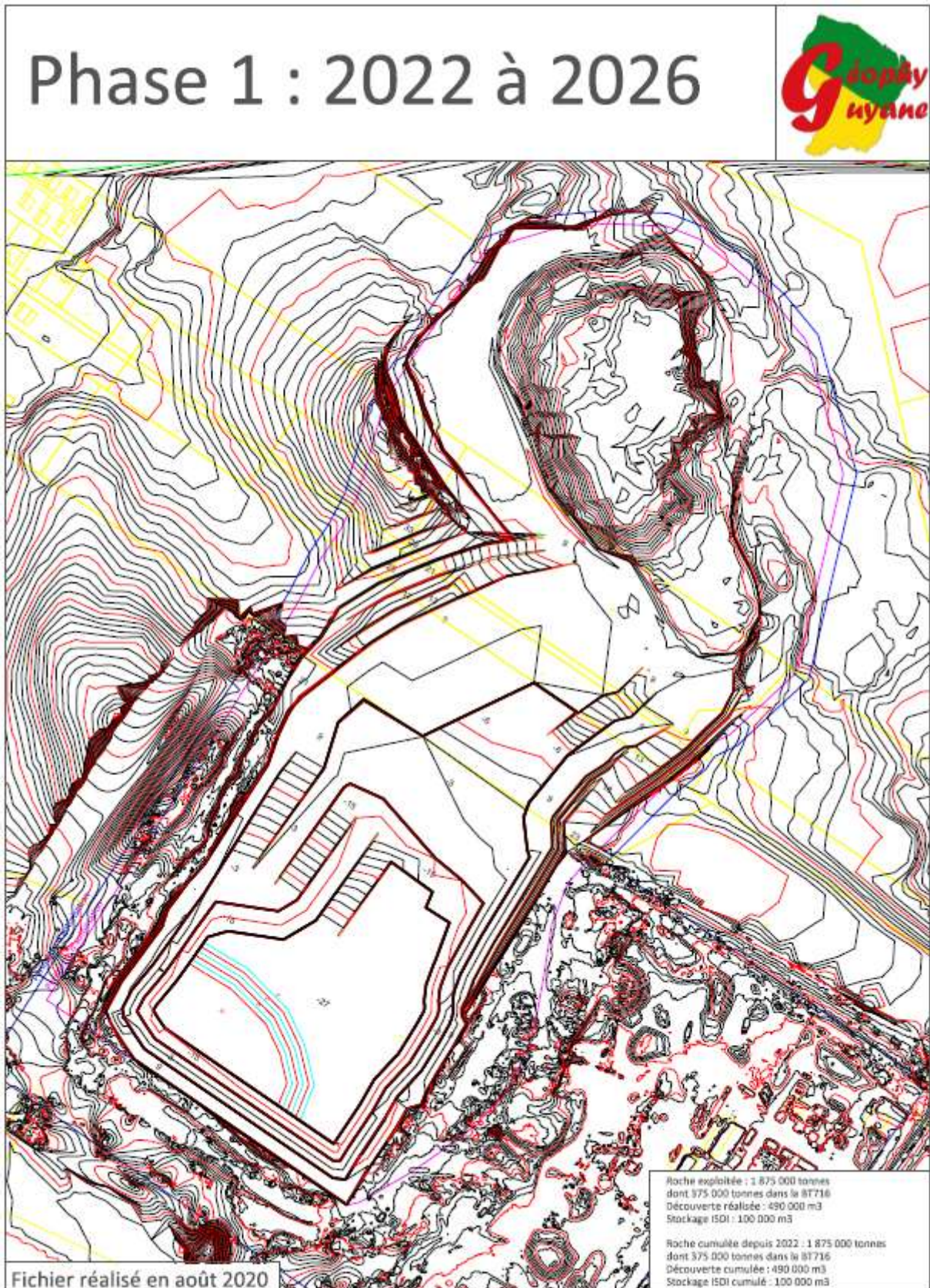
Pour les effets sur les personnes, nous avons choisi arbitrairement de retenir le couple conduisant à la contrainte la plus élevée ce qui correspond dans notre cas à associer « un événement extrêmement peu probable » (niveau E ou P0) et une zone d'effet de Z1, Z2, Z3, Z4 ou Z5 selon le cas.

Zones d'effet	Probabilité d'occurrence					
	P0/E	P1/D	P2/C	P3/B	P4/A	P5
Z1 et Z2	0	0	0	0	0	Pas de zone d'effet hors de l'établissement
Z3	< 100 personnes	< 20 personnes	< 10 personnes	= 1 personne	0	Pas de zone d'effet hors de l'établissement
Z4	< 1000 personnes	< 100 personnes	< 100 personnes		= 1 personne	Pas de zone d'effet hors de l'établissement
Z5	Pas de restriction	= 2000 personnes	= 500 personnes	= 200 personnes	= 100 personnes	Pas de zone d'effet hors de l'établissement

A4-7– Seuil d'acceptabilité pour les personnes



ANNEXE 5 :
A5 - Phasage





Phase 2 : 2027 à 2031



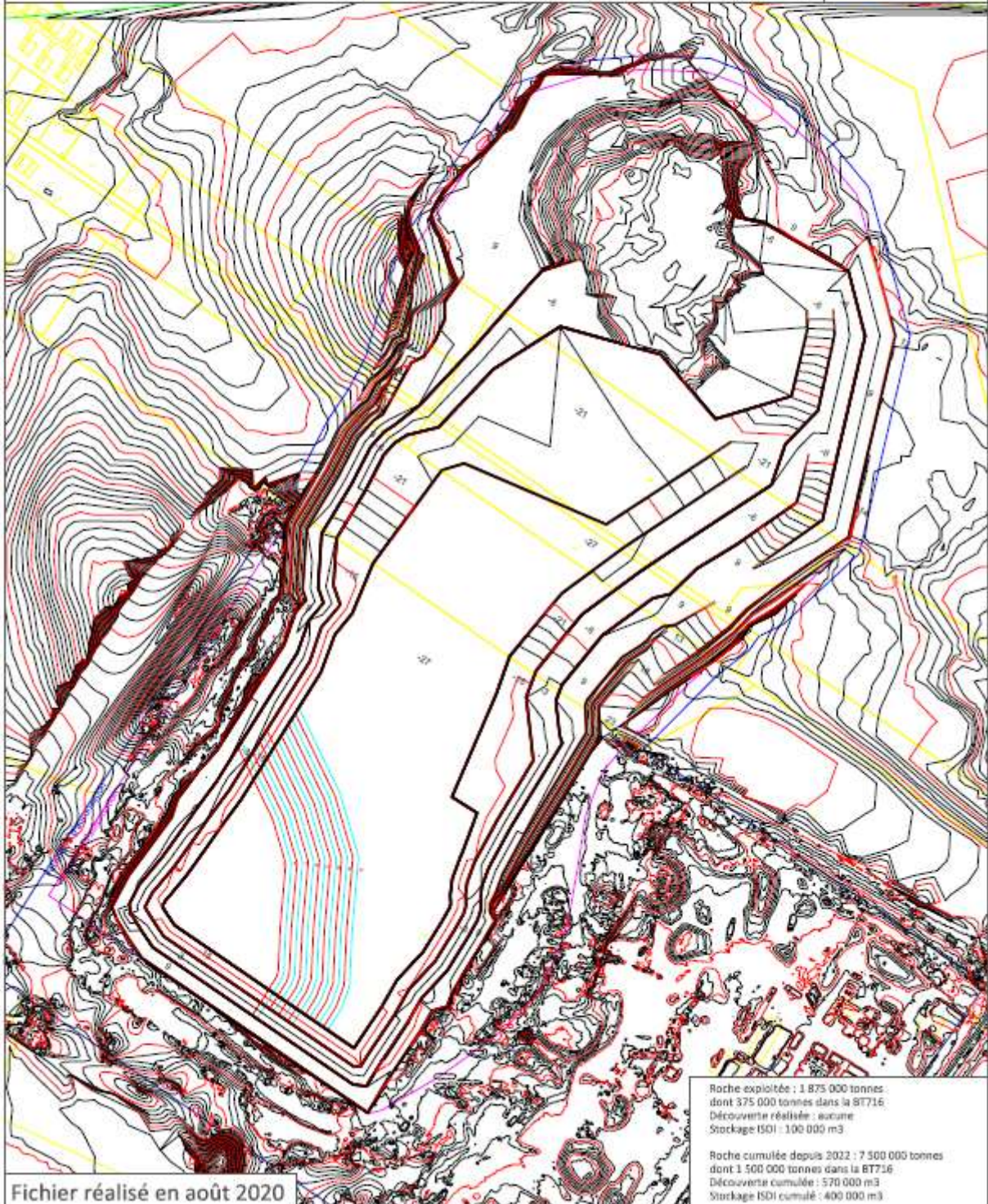


Phase 3 : 2032 à 2036



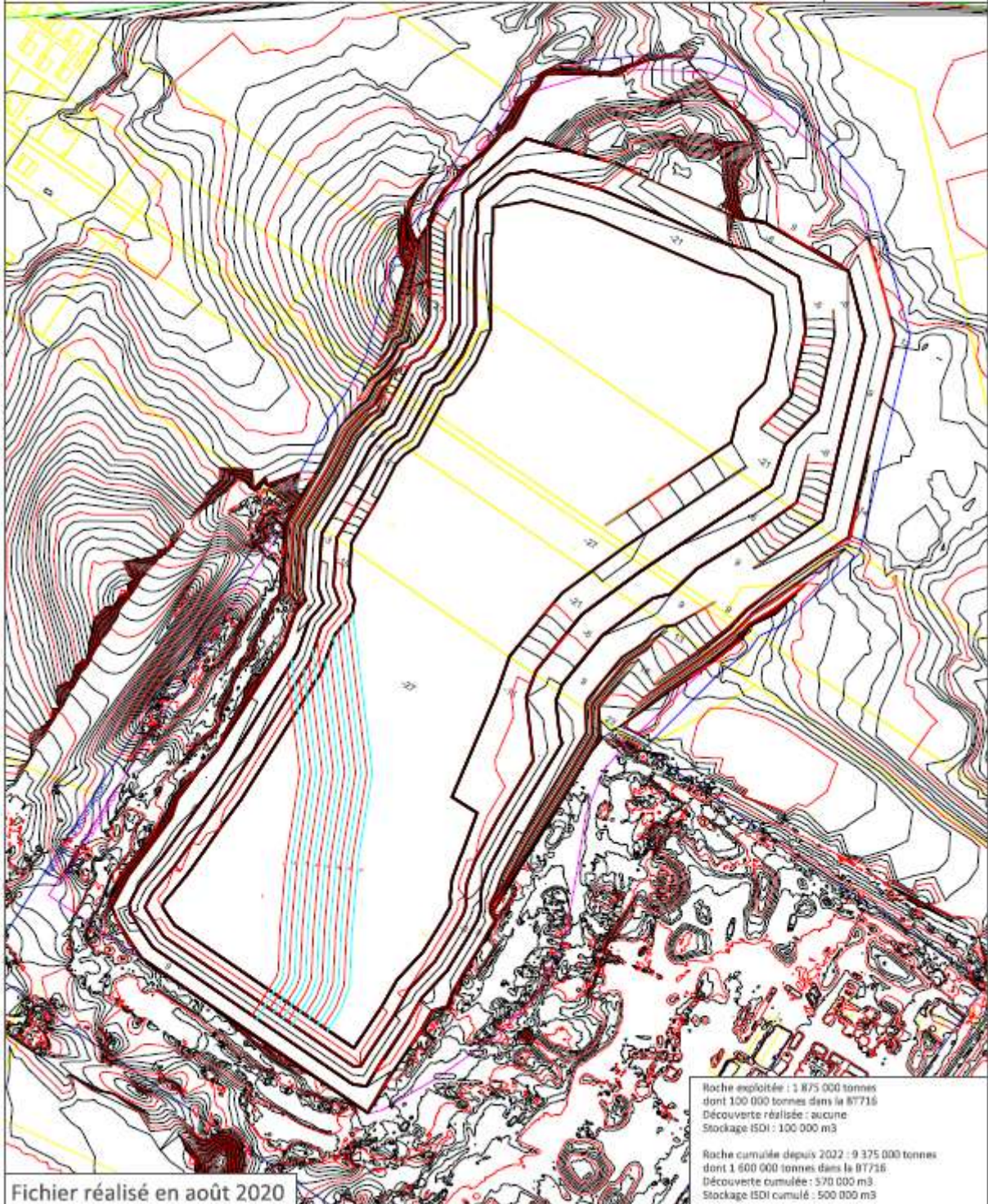


Phase 4 : 2037 à 2041



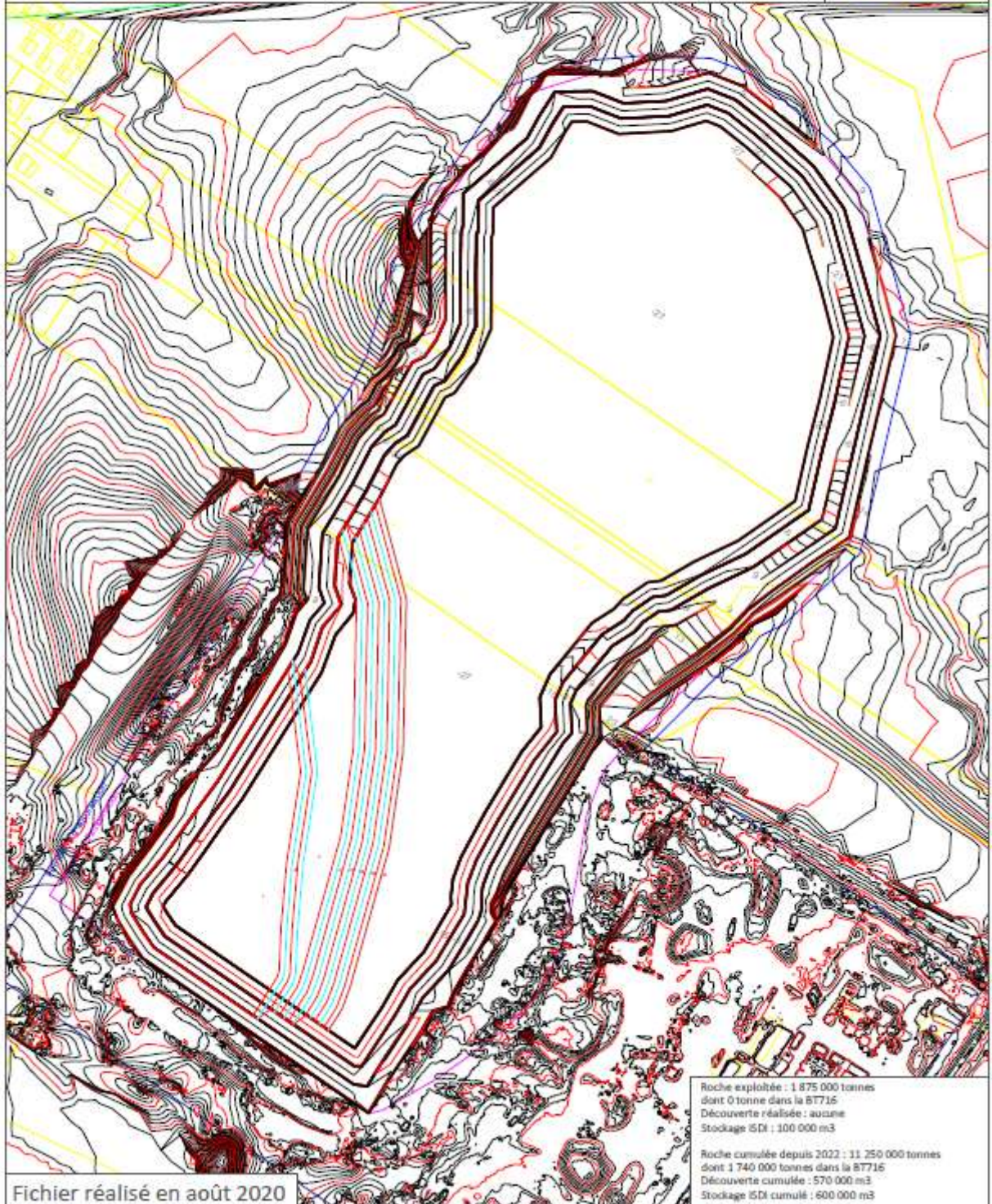


Phase 5 : 2042 à 2046



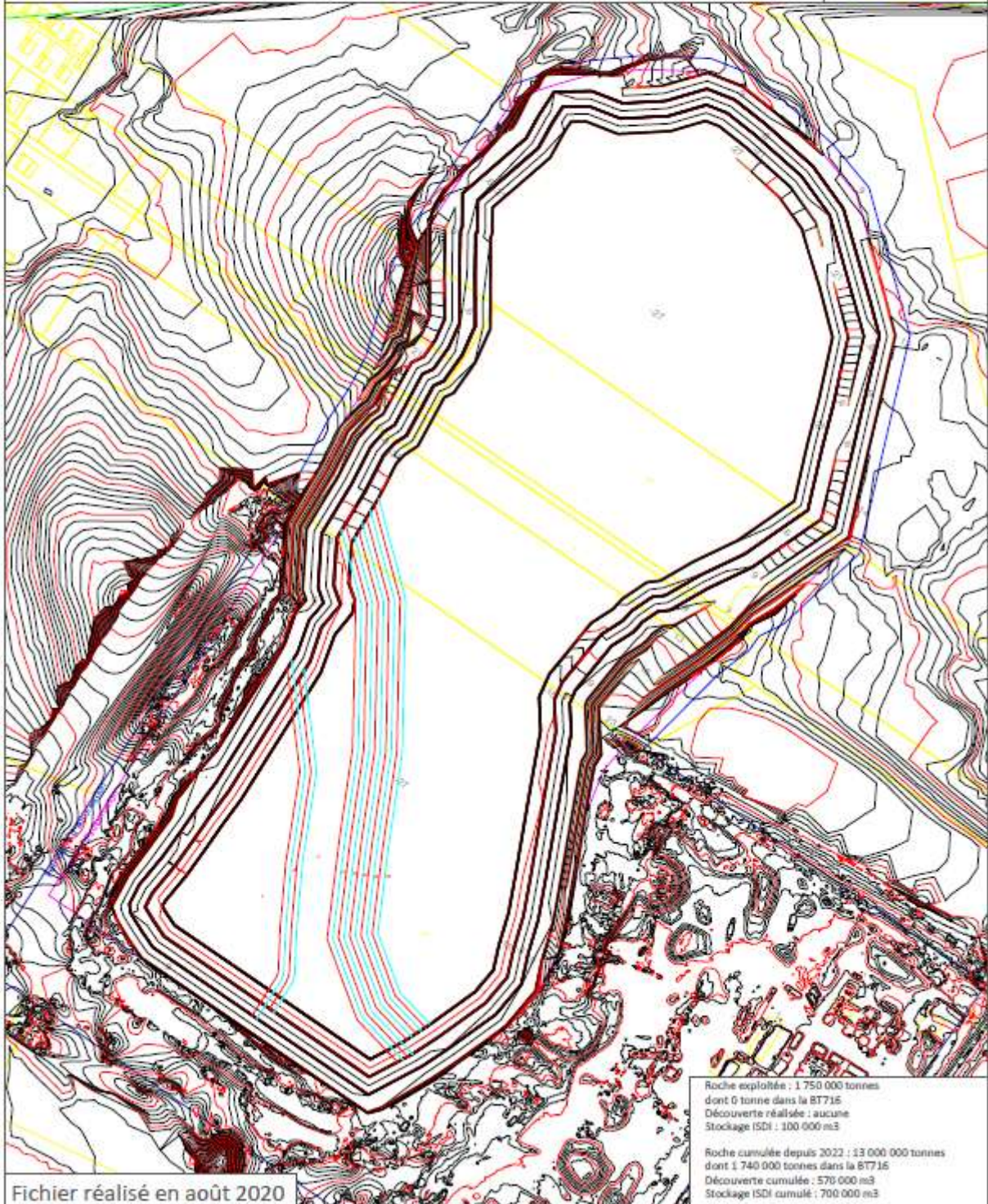


Phase 6 : 2047 à 2051





Phase 7 : 2052 à 2056





ANNEXE 6 :
A6 - Limites des zones d'effets



Les tableaux suivants contiennent les limites supérieures des zones d'effet assorties d'une probabilité E pour chaque front et chaque récepteur pour les projections issues des fronts ou issues de la surface des tirs en gradins.

Ils contiennent également les distances minimales entre les fronts et les récepteurs. Ces distances ne prennent pas en compte l'effet d'écran éventuel (hypothèse défavorable).

Dans ces tableaux, sont en grisé toutes les situations qui ne peuvent pas être rencontrées compte-tenu des distances minimales entre le récepteur potentiel étudié et les zones de tir.

Les situations inacceptables au sens de la réglementation sont signalées en caractères rouges gras.



SCC – CARRIÈRE DES MARINGOUINS (973)
ANALYSE DES RISQUES LIÉS AUX PROJECTIONS DES TIRS

Récepteur	Exploitation	cote sup front (m NGG)	Distance minimum (m)	E.Z1 (m)	E.Z2 (m)	E.Z3 (m)	E.Z4 (m)	E.Z5 (m)
				5.0 E-06	1.0 E-07	1.0 E-08	1.0 E-09	1.0 E-10
5.1- RN3 2 m NGG	Fosse actuelle	-15	258	315	436	599	792	1016
		-3	246	327	447	610	803	1027
		9	234	340	458	621	813	1037
		21	222	352	468	631	824	1048
		33	210	363	478	641	835	1059
	Extension	-21	523	342	448	621	828	1069
		-6	508	358	461	635	842	1083
		9	493	373	474	648	856	1097
		24	478	388	487	662	869	1110
		39	463	402	500	674	882	1124
5.2- Bureaux RIBAL 5 m NGG	Fosse actuelle	-15	289	311	434	596	789	1013
		-3	277	324	445	607	800	1024
		9	265	337	455	618	811	1035
		21	253	349	465	628	821	1046
		33	241	360	475	639	832	1056
	Extension	-21	549	338	445	619	826	1067
		-6	534	355	459	632	839	1081
		9	519	370	472	646	853	1094
		24	504	385	485	659	866	1108
		39	489	400	497	672	879	1121
5.3- Zone industrielle 2 m NGG	Fosse actuelle	-15	277	315	436	599	792	1016
		-3	265	327	447	610	803	1027
		9	253	340	458	621	813	1037
		21	241	352	468	631	824	1048
		33	229	363	478	641	835	1059
	Extension	-21	538	342	448	621	828	1069
		-6	523	358	461	635	842	1083
		9	508	373	474	648	856	1097
		24	490	388	487	662	869	1110
		39	477	402	500	674	882	1124
5.4- Hypermarché parking 2 m NGG	Fosse actuelle	-15	446	315	436	599	792	1016
		-3	434	327	447	610	803	1027
		9	422	340	458	621	813	1037
		21	410	352	468	631	824	1048
		33	398	363	478	641	835	1059
	Extension	-21	662	342	448	621	828	1069
		-6	647	358	461	635	842	1083
		9	632	373	474	648	856	1097
		24	617	388	487	662	869	1110
		39	602	402	500	674	882	1124

A6-1 – Limite en m des zones d'effet selon le récepteur et l'étage pour des projections issues du front



Récepteur	exploitation	cote sup front (m NGG)	Distance minimum (m)	E.Z1 (m)	E.Z2 (m)	E.Z3 (m)	E.Z4 (m)	E.Z5 (m)
				5.0 E-06	1.0 E-07	1.0 E-08	1.0 E-09	1.0 E-10
5.5- Concession Mercedes 2 m NGG	Fosse actuelle	-15	291	315	436	599	792	1016
		-3	276	327	447	610	803	1027
		9	264	340	458	621	813	1037
		21	252	352	468	631	824	1048
		33	240	363	478	641	835	1059
	Extension	-21	471	342	448	621	828	1069
		-6	456	358	461	635	842	1083
		9	441	373	474	648	856	1097
		24	426	388	487	662	869	1110
		39	411	402	500	674	882	1124
5.6- RNI 2 m NGG	Fosse actuelle	-15	573	315	436	599	792	1016
		-3	561	327	447	610	803	1027
		9	549	340	458	621	813	1037
		21	537	352	468	631	824	1048
		33	525	363	478	641	835	1059
	Extension	-21	691	342	448	621	828	1069
		-6	676	358	461	635	842	1083
		9	631	373	474	648	856	1097
		24	646	388	487	662	869	1110
		39	661	402	500	674	882	1124
5.7- Stades et autres installations 5 m NGG	Fosse actuelle	-15	144	311	434	596	789	1013
		-3	132	324	445	607	800	1024
		9	120	337	455	618	811	1035
		21	132	349	465	628	821	1046
		33	144	360	475	639	832	1056
	Extension	-21	316	338	445	619	826	1067
		-6	301	355	459	632	839	1081
		9	286	370	472	646	853	1094
		24	301	385	485	659	866	1108
		39	316	400	497	672	879	1121

A6-1 – Limite en m des zones d'effet selon le récepteur et l'étage pour des projections issues du front



Récepteur	extension	cote sup front (m NGG)	Distance minimum (m)	E.Z1 (m)	E.Z2 (m)	E.Z3 (m)	E.Z4 (m)	E.Z5 (m)
				5.0 E-06	1.0 E-07	1.0 E-08	1.0 E-09	1.0 E-10
5.8- Route d'accès au lotissement 5 m NGG	Fosse actuelle	-15	469	311	434	596	789	1013
		-3	457	324	445	607	800	1024
		9	445	337	455	618	811	1035
		21	457	349	465	628	821	1046
		33	469	360	475	639	832	1056
	Extension	-21	466	338	445	619	826	1067
		-6	451	355	459	632	839	1081
		9	436	370	472	646	853	1094
		24	451	385	485	659	866	1108
		39	466	400	497	672	879	1121
5.9- Lotissement La Roseraie 5 m NGG	Fosse actuelle	-15	391	311	434	596	789	1013
		-3	379	324	445	607	800	1024
		9	367	337	455	618	811	1035
		21	379	349	465	628	821	1046
		33	391	360	475	639	832	1056
	Extension	-21	320	338	445	619	826	1067
		-6	305	355	459	632	839	1081
		9	290	370	472	646	853	1094
		24	305	385	485	659	866	1108
		39	320	400	497	672	879	1121
5.10- Groupe scolaire La Roseraie 2 m NGG	Fosse actuelle	-15	419	315	436	599	792	1016
		-3	407	327	447	610	803	1027
		9	395	340	458	621	813	1037
		21	407	352	468	631	824	1048
		33	419	363	478	641	835	1059
	Extension	-21	300	342	448	621	828	1069
		-6	285	358	461	635	842	1083
		9	270	373	474	648	856	1097
		24	285	388	487	662	869	1110
		39	300	402	500	674	882	1124

A6-1 – Limite en m des zones d'effet selon le récepteur et l'étage pour des projections issues du front



Récepteur	extension	cote sup front (m NGG)	Distance minimum (m)	E.Z1 (m)	E.Z2 (m)	E.Z3 (m)	E.Z4 (m)	E.Z5 (m)
				5.0 E-06	1.0 E-07	1.0 E-08	1.0 E-09	1.0 E-10
5.11- Lotissement Jasmin 10 m NGG	Fosse actuelle	-15	557	306	429	592	784	1008
		-3	545	319	440	603	795	1019
		9	533	332	451	613	806	1030
		21	545	344	461	624	817	1041
		33	557	355	471	634	828	1052
	Extension	-21	219	333	440	614	821	1062
		-6	204	349	454	628	835	1076
		9	189	365	468	641	848	1090
		24	204	380	480	655	862	1103
		39	219	395	493	667	875	1116
5.12- Camp du Tigre 5 m NGG	Fosse actuelle	-15	548	311	434	596	789	1013
		-3	536	324	445	607	800	1024
		9	524	337	455	618	811	1035
		21	536	349	465	628	821	1046
		33	548	360	475	639	832	1056
	Extension	-21	393	338	445	619	826	1067
		-6	378	355	459	632	839	1081
		9	363	370	472	646	853	1094
		24	378	385	485	659	866	1108
		39	393	400	497	672	879	1121
5.13- Route du tigre 2 m NGG	Fosse actuelle	-15	859	315	436	599	792	1016
		-3	847	327	447	610	803	1027
		9	835	340	458	621	813	1037
		21	847	352	468	631	824	1048
		33	859	363	478	641	835	1059
	Extension	-21	627	342	448	621	828	1069
		-6	612	358	461	635	842	1083
		9	597	373	474	648	856	1097
		24	612	388	487	662	869	1110
		39	627	402	500	674	882	1124
5.14- ISDND 2 m NGG	Fosse actuelle	-15	385	315	436	599	792	1016
		-3	373	327	447	610	803	1027
		9	361	340	458	621	813	1037
		21	373	352	468	631	824	1048
		33	385	363	478	641	835	1059
	Extension	-21	391	342	448	621	828	1069
		-6	376	358	461	635	842	1083
		9	361	373	474	648	856	1097
		24	376	388	487	662	869	1110
		39	391	402	500	674	882	1124

A6-1 – Limite en m des zones d'effet selon le récepteur et l'étage pour des projections issues du front



Récepteur	exploitation	cote sup front (m NGG)	Distance minimum (m)	E.Z1 (m)	E.Z2 (m)	E.Z3 (m)	E.Z4 (m)	E.Z5 (m)
				5.0 E-06	1.0 E-07	1.0 E-08	1.0 E-09	1.0 E-10
5.1- RN3 2 m NGG	Fosse actuelle	-15	258	31	57	75	96	119
		-3	246	39	64	82	102	125
		9	234	44	70	88	108	131
		21	222	49	75	93	114	137
		33	210	53	79	98	119	142
	Extension	-21	523	34	65	88	113	141
		-6	508	44	74	96	121	150
		9	493	51	81	103	129	157
		24	478	57	88	110	135	164
		39	463	62	94	116	142	171
5.2- Bureaux RIBAL 5 m NGG	Fosse actuelle	-15	289	29	55	73	94	117
		-3	277	37	62	80	101	124
		9	265	43	68	86	107	130
		21	253	48	73	92	112	135
		33	241	52	78	97	117	141
	Extension	-21	549	31	63	86	111	140
		-6	534	42	72	94	120	148
		9	519	50	80	102	127	156
		24	504	56	87	109	134	163
		39	489	61	92	115	141	169
5.3- Zone industrielle 2 m NGG	Fosse actuelle	-15	277	31	57	75	96	119
		-3	265	39	64	82	102	125
		9	253	44	70	88	108	131
		21	241	49	75	93	114	137
		33	229	53	79	98	119	142
	Extension	-21	538	34	65	88	113	141
		-6	523	44	74	96	121	150
		9	508	51	81	103	129	157
		24	490	57	88	110	135	164
		39	477	62	94	116	142	171
5.4- Hypermarché parking 2 m NGG	Fosse actuelle	-15	446	31	57	75	96	119
		-3	434	39	64	82	102	125
		9	422	44	70	88	108	131
		21	410	49	75	93	114	137
		33	398	53	79	98	119	142
	Extension	-21	662	34	65	88	113	141
		-6	647	44	74	96	121	150
		9	632	51	81	103	129	157
		24	617	57	88	110	135	164
		39	602	62	94	116	142	171

A6-2 – Limite en m des zones d'effet selon le récepteur et l'étage pour des projections issues de la surface



Récepteur	exploitation	cote sup front (m NGG)	Distance minimum (m)	E.Z1 (m)	E.Z2 (m)	E.Z3 (m)	E.Z4 (m)	E.Z5 (m)
				5.0 E-06	1.0 E-07	1.0 E-08	1.0 E-09	1.0 E-10
5.5- Concession Mercedes 2 m NGG	Fosse actuelle	-15	291	31	57	75	96	119
		-3	276	39	64	82	102	125
		9	264	44	70	88	108	131
		21	252	49	75	93	114	137
		33	240	53	79	98	119	142
	Extension	-21	471	34	65	88	113	141
		-6	456	44	74	96	121	150
		9	441	51	81	103	129	157
		24	426	57	88	110	135	164
		39	411	62	94	116	142	171
5.6- RNI 2 m NGG	Fosse actuelle	-15	573	31	57	75	96	119
		-3	561	39	64	82	102	125
		9	549	44	70	88	108	131
		21	537	49	75	93	114	137
		33	525	53	79	98	119	142
	Extension	-21	691	34	65	88	113	141
		-6	676	44	74	96	121	150
		9	631	51	81	103	129	157
		24	646	57	88	110	135	164
		39	661	62	94	116	142	171
5.7- Stades et autres installations 5 m NGG	Fosse actuelle	-15	144	29	55	73	94	117
		-3	132	37	62	80	101	124
		9	120	43	68	86	107	130
		21	132	48	73	92	112	135
		33	144	52	78	97	117	141
	Extension	-21	316	31	63	86	111	140
		-6	301	42	72	94	120	148
		9	286	50	80	102	127	156
		24	301	56	87	109	134	163
		39	316	61	92	115	141	169

A6-2 – Limite en m des zones d'effet selon le récepteur et l'étage pour des projections issues de la surface



Récepteur	exploitation	cote sup front (m NGG)	Distance minimum (m)	E.Z1 (m)	E.Z2 (m)	E.Z3 (m)	E.Z4 (m)	E.Z5 (m)
				5.0 E-06	1.0 E-07	1.0 E-08	1.0 E-09	1.0 E-10
5.8- Route d'accès au lotissement 5 m NGG	Fosse actuelle	-15	469	29	55	73	94	117
		-3	457	37	62	80	101	124
		9	445	43	68	86	107	130
		21	457	48	73	92	112	135
		33	469	52	78	97	117	141
	Extension	-21	466	31	63	86	111	140
		-6	451	42	72	94	120	148
		9	436	50	80	102	127	156
		24	451	56	87	109	134	163
		39	466	61	92	115	141	169
5.9- Lotissement La Roseraie 5 m NGG	Fosse actuelle	-15	391	29	55	73	94	117
		-3	379	37	62	80	101	124
		9	367	43	68	86	107	130
		21	379	48	73	92	112	135
		33	391	52	78	97	117	141
	Extension	-21	320	31	63	86	111	140
		-6	305	42	72	94	120	148
		9	290	50	80	102	127	156
		24	305	56	87	109	134	163
		39	320	61	92	115	141	169
5.10- Groupe scolaire La Roseraie 2 m NGG	Fosse actuelle	-15	419	31	57	75	96	119
		-3	407	39	64	82	102	125
		9	395	44	70	88	108	131
		21	407	49	75	93	114	137
		33	419	53	79	98	119	142
	Extension	-21	300	34	65	88	113	141
		-6	285	44	74	96	121	150
		9	270	51	81	103	129	157
		24	285	57	88	110	135	164
		39	300	62	94	116	142	171

A6-2 – Limite en m des zones d'effet selon le récepteur et l'étage pour des projections issues de la surface



Récepteur	exploitation	cote sup front (m NGG)	Distance minimum (m)	E.Z1 (m)	E.Z2 (m)	E.Z3 (m)	E.Z4 (m)	E.Z5 (m)
				5.0 E-06	1.0 E-07	1.0 E-08	1.0 E-09	1.0 E-10
5.11- Lotissement Jasmin 10 m NGG	Fosse actuelle	-15	557	24	52	70	91	114
		-3	545	34	59	77	98	121
		9	533	41	66	84	104	127
		21	545	46	71	89	110	133
		33	557	50	76	95	115	139
	Extension	-21	219	25	60	83	108	137
		-6	204	39	70	92	117	145
		9	189	47	78	100	125	153
		24	204	54	85	107	132	160
		39	219	59	91	113	139	167
5.12- Camp du Tigre 5 m NGG	Fosse actuelle	-15	548	29	55	73	94	117
		-3	536	37	62	80	101	124
		9	524	43	68	86	107	130
		21	536	48	73	92	112	135
		33	548	52	78	97	117	141
	Extension	-21	393	31	63	86	111	140
		-6	378	42	72	94	120	148
		9	363	50	80	102	127	156
		24	378	56	87	109	134	163
		39	393	61	92	115	141	169
5.13- Route du tigre 2 m NGG	Fosse actuelle	-15	859	31	57	75	96	119
		-3	847	39	64	82	102	125
		9	835	44	70	88	108	131
		21	847	49	75	93	114	137
		33	859	53	79	98	119	142
	Extension	-21	627	34	65	88	113	141
		-6	612	44	74	96	121	150
		9	597	51	81	103	129	157
		24	612	57	88	110	135	164
		39	627	62	94	116	142	171
5.14- ISDND 2 m NGG	Fosse actuelle	-15	385	31	57	75	96	119
		-3	373	39	64	82	102	125
		9	361	44	70	88	108	131
		21	373	49	75	93	114	137
		33	385	53	79	98	119	142
	Extension	-21	391	34	65	88	113	141
		-6	376	44	74	96	121	150
		9	361	51	81	103	129	157
		24	376	57	88	110	135	164
		39	391	62	94	116	142	171

A6-2 – Limite en m des zones d'effet selon le récepteur et l'étage pour des projections issues de la surface