

- le bilan d'oxygène et la boudinabilité de la Dynamite-gomme furent améliorés par l'emploi de sels oxydants tels le NO_3Na d'abord, le NO_3NH_4 ensuite au détriment de la nitroglycérine, permettant ainsi l'obtention d'une gamme de compositions de caractéristiques variables, allant de la Dynamite Gelatinisée, contenant encore 85 % de Ngl, aux dynamites diverses dont la teneur en huile explosive varie selon le cas entre 22 et 55 %.
- depuis les années 30, on a pris l'habitude d'utiliser en tant qu'huile explosive, non plus la seule nitroglycérine, mais un mélange Nitroglycérine - Nitroglycol dans des proportions 30/70 à 60/40 dans le but d'abaisser le point de congélation de la première et assurer ainsi aux dynamites une meilleure résistance au froid.

5.2.2. Matières premières.

Les constituants de base des dynamites actuelles demeurent :

- la Nitroglycérine
- le Nitroglycol
- la Nitrocellulose.

Ils vont être brièvement décrits ci-dessous. A côté d'eux, et selon le cas, on peut trouver :

- le bi et/ou le Trinitrotoluène (BNT/TNT)
- la farine de bois
- un peu de fuel

en tant que combustibles

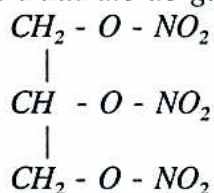
- le NO_3NH_4
- le NO_3Na

en tant que porteur d'oxygène

- la silice
- le SO_4Ba
- le CO_3Mg etc.

en tant qu'adjuvants spéciaux.

La **nitroglycérine** (Ngl) est le trinitrate de glycérine, de formule brute $\text{C}_3\text{H}_5\text{N}_3\text{O}_6$, ou sous forme développée :



C'est un liquide huileux de densité 1,60 à 25 °C. Le produit industriel gèle vers 8 °C et fond vers 11 °C (13,2 °C pour le produit pur).

Elle dégage une odeur lourde, caractéristique, qui s'accroît à partir de 40 °C et renforce l'action vasodilatatrice qu'elle exerce sur les artères; à partir de 5 ppm dans l'air, elle occasionne ainsi des migraines tenaces; celles-ci apparaissent également par contact avec la peau; ces inconvénients désagréables s'étendent aux produits qui la contiennent, c'est-à-dire aux dynamites dont la manipulation entraîne inmanquablement des maux de tête; en revanche, cet effet dilateur est utilisé en médecine pour combattre les insuffisances cardiaques.

La nitroglycérine est **très sensible aux chocs** (environ 0,5 kg x 10 cm soit 0,05 kgm) ce qui explique les précautions spéciales dont on entoure sa fabrication et son emploi dans les dynamiteries (transport en usine dans des cruches en plastique ou en caoutchouc; interdiction d'emploi de matériel métallique dur ou donnant des étincelles, de matériel poreux, etc.).

Par contre, pure et liquide, elle n'est pas sensible aux frottements, mais elle le devient une fois gelée, par suite de plus grandes frictions qui peuvent exister entre les cristaux. C'est ici qu'intervient le Nitroglycol dont le point de solidification est nettement plus bas (- 22 °C) et dont la présence empêche la Nitroglycérine de geler.

La nitroglycérine est décomposée par la chaleur à partir de 60 °C et d'autant plus vite qu'elle est moins pure.

C'est un explosif extrêmement puissant (520 cm³ au bloc de plomb) qui, convenablement amorcé, détone avec une vitesse de 7700 m/sec (à densité 1,6 en diamètre 30 mm).

Insoluble dans l'eau, elle est soluble dans de nombreux solvants et cette propriété est appliquée pour son transport éventuel hors usine (solubilisation dans l'acétate d'éthyle 50/50); les déchets et résidus restent cependant difficiles à éliminer à cause du danger que présentent eux-mêmes ces solvants et de l'exothermicité de la dissolution.

Le nitroglycol (Ngol) est le dinitrate d'éthylène glycol, de formule C₂H₄N₂O₆. Pratiquement, ses propriétés sont identiques à celles de la Ngl, si on excepte le point de cristallisation plus bas et une volatilité plus élevée (c'est-à-dire un effet vasodilatateur plus grand encore).

Ngl et Ngol se fabriquent ensemble par nitration du mélange ad hoc glycérine/glycol au moyen d'un bain sulfonitrique; les installations modernes de nitration sont automatiques et travaillent en continu ce qui évite de grandes quantités de produit fini en dehors des ateliers spéciaux réservés au stockage.

Les principales précautions à prendre concernent le refroidissement, la nitration, étant exothermique, et le lavage, assurant un produit stable. L'ensemble Ngl/Ngol est souvent appelé "l'huile explosive".

La nitrocellulose (Nct) ou nitrate de cellulose est une macromolécule obtenue par la nitration plus ou moins complète de la cellulose; la composition chimique plus ou moins variable de cette dernière et le degré plus ou moins avancé de sa nitration font que la nitrocellulose n'a pas une formule bien définie, comme c'est le cas pour la Ngl et le Ngol.

On admettra pour la cellulose la forme $(C_6H_{10}O_5)_n$ et, pour le produit nitré, le corps dont la teneur en azote est de 12 % en poids de formule $(C_{12}H_{14}N_6O_{22})_n$ avec pour les calculs $n = 2$.

Sèche, la Nct est très sensible aux chocs (1,2 kgm); elle l'est moins aux frottements bien qu'on observe des réactions pour la charge de 36 kg; elle est surtout très inflammable et sensible aux étincelles.

Aussi doit-on la transporter et la conserver humide (33 % eau) et la tendance actuelle en dynamiterie est de l'utiliser partiellement séchée seulement (à 7 % eau par exemple) au lieu de complètement sèche.

La nitrocellulose est un véritable explosif qui détone à une vitesse pouvant atteindre 6500 à 7000 m/sec selon la densité et qui donne au bloc de plomb un évasement d'environ 400 cm³.

5.2.3. Production.

Une fois que l'on dispose des matières premières de base vues ci-dessus, fabriquer une dynamite devient une opération relativement simple qui a lieu en discontinu, c'est-à-dire par charges de 300kg, dans des mélangeurs ordinaires (pétrins). En général, le mélange Ngl/Ngol est déversé en premier lieu dans la cuve de pétrissage où il reçoit le BNT et le TNT éventuels qui s'y solubilisent plus ou moins complètement; viennent ensuite le Nct qui gélifie l'ensemble puis les autres ingrédients (bois, sels etc.). Le temps de mélange jusqu'à l'homogénéité de la pâte est d'environ 10 à 15 minutes.

Le produit fini est mis en cartouches sur des machines de types Rollex ou Niepmann.

Le plus important pendant la production est de bien respecter les règles de sécurité qui s'imposent (mises en marche des mélangeurs à distance, matériaux ad hoc, ateliers merlonnés, etc.).

A l'exception de la Blasting et de l'Explosif spécial gélinite (voir ci-après), toutes les dynamites peuvent être livrées à la clientèle dans des diamètres allant de 22 à 85 mm, pour des poids compris entre 100 g et 5 kg; l'emballage est en papier paraffiné intérieur jusqu'au diamètre 40 mm ou en tubes cartonnés au-delà de ce diamètre.

5.2.4. Types de dynamites et usages.

Les dynamites que l'on trouve sur le marché belge appartiennent aux types suivants :

*- Les **Dynamites 3** sont des compositions à 30 ± 3 % Ngl/Ngol; on distingue :*

- la dynamite 3

- la tolamite

de caractéristiques moyennes.

C'est le type de Dynamite le plus utilisé pour les travaux de génie civil et les exploitations en mines et carrières, dans des roches de dureté moyenne.

Deux variantes à qualité améliorée pour les climats tropicaux et humides, et réservées le plus souvent à l'exportation, sont la Forcite et la gomme F15.

*- Les **Dynamites 1**, soit :*

- la dynamite 1

- la dynamite BAM

A taux de Ngl/Ngol plus élevé (55 ± 3 %), elles sont de haute puissance et conviennent particulièrement pour les travaux d'abattage en roches dures et compactes.

- *Les Dynamites sismographiques, soit :*

- *Le Blastogel, explosif à haute densité et à vitesse de détonation élevée en diamètre réduit, conçu spécialement pour les tirs sismiques où il peut supporter une pression hydrostatique allant jusqu'à 100 bars.*
- *L'Aquagel en est une variante conçue pour résister aux pressions jusqu'à 50 bars.*

- *Les Dynamites Gommées.*

Enfin, comme Dynamites spéciales, il faut mentionner l'Explosif spécial Gélignite mis au point pour adhérer parfaitement aux roches; il est livré en blocs dont l'usage est réservé aux travaux de pétardage et de tirs secondaires par charges appliquées.

5.2.5. Avantages et inconvénients.

Les Dynamites constituent indiscutablement une gamme étendue de produits, de caractéristiques variables, susceptibles de couvrir la plupart des cas que l'on rencontre dans les travaux pratiques à l'explosif.

Toutes ont une excellente tenue à l'eau et une très bonne conservation au stockage, même dans des conditions difficiles de température ou d'humidité.

Elles ont le désavantage d'être très sensibles aux actions mécaniques dues au hasard (chocs, électricité statique, étincelles, etc.) et de provoquer des maux de tête de par la Ngl et le Ngol qu'elles contiennent.

Les dynamites peuvent avoir un temps de vie très long (1 an et plus) tout en conservant intactes leurs caractéristiques; ce temps de vie est cependant dépendant de la qualité du stockage : à la longue, le vieillissement des dynamites conservées dans des dépôts plus ou moins humides, se traduit par des efflorescences blanchâtres à la surface de l'emballage;

elles sont dues à une reprise d'humidité et à une recristallisation du NO_3NH_4 ; un danger peut consister en un déplacement (migration) de l'huile explosive pouvant occasionner une plus grande exsudation d'où une plus grande sensibilité aux chocs et frottements de l'explosif; il est de règle de détruire un tel produit, mais la destruction des dynamites reste une opération délicate qui ne réussit bien que par sautage.

5.3. Les explosifs nitratés.

5.3.1. Généralités.

Bien que le NO_3NH_4 se rencontre déjà dans certaines Dynamites, la dénomination "Explosifs Nitratés" est réservée traditionnellement aux compositions dans lesquelles ce produit est le constituant majeur au côté duquel on trouve en tant que sensibilisant le TNT au lieu du mélange Ngl/Ngol, la formule se complétant éventuellement par d'autres combustibles (bois, BNT, Al, ...).

5.3.2. Matières premières.

*Le sensibilisant des Explosifs nitratés est le **Trinitrotoluène (TNT)**, obtenu par nitration du toluène, par une opération chimique analogue à celle donnant la Nitroglycérine et le Nitroglycol.*

Le TNT est un corps solide, jaunâtre, de point de fusion avoisinant 80 °C quand il est pur; sa densité réelle est de 1,65 et sa densité apparente de 1,1; il est livré en paillettes ou en grains.

Il a sur les autres explosifs l'immense avantage d'être peu sensible aux actions mécaniques, ce qui en fait l'explosif idéal pour les applications militaires : le TNT se laisse en effet broyer, comprimer, couler sans dangers particuliers. Il souffre cependant d'une puissance assez faible et en tant que sensibilisant d'une composition explosive, il est de loin inférieur à la Ngl ou au Ngol.

Le TNT est très stable, et peut sans dommage supporter un stockage de 20 ans aux températures ordinaires; on peut le détruire par simple combustion, à condition qu'il ne soit pas confiné.

Enfin, le TNT ne provoque pas les inconvénients de la Ngl et du Ngol; cependant, sa fabrication s'accompagne de la production d'isomères et surtout de produits bi et mononitrés (BNT et MNT) dont la toxicité est nettement plus élevée.

Il est opportun de dire aussi quelques mots de l'autre matière de base des nitrates, à savoir le Nitrate Ammonique, NO_3NH_4 , que l'on rencontrera de plus en plus souvent dans le développement du cours.

Normalement le NO_3NH_4 est un sel blanc cristallisé, de densité réelle 1,72. C'est surtout un oxydant puissant; à l'état pur, on l'a longtemps considéré comme un produit inerte et il a fallu quelques catastrophes célèbres pour le faire admettre comme un explosif assez marginal; effectivement, sa sensibilité est très faible et il faut des moyens puissants d'amorçage pour le faire entrer en détonation; sa masse critique, c'est-à-dire la masse nécessaire pour qu'une combustion dégénère en détonation est de plusieurs tonnes; cependant la présence d'impuretés combustibles, même en très faible quantité (0,2 % déjà), augmente nettement sa sensibilité et il faut chercher là l'explication des accidents dont il a été la cause; de plus, il réagit facilement avec les métaux, à l'exception de l'Al, pour former des composés, qui constituent eux des explosifs souvent fort sensibles et fort dangereux.

Le NO_3NH_4 n'est pas toxique, mais il présente deux inconvénients majeurs qui en ont pendant longtemps rendu l'emploi malaisé : entre - 18 °C et + 125 °C, il connaît 5 formes cristallines différentes qui s'accompagnent de changements physiques importants, telles des variations de volume et de densité; ensuite, il est non seulement soluble dans l'eau, mais aussi très hygroscopiques; ces deux facteurs conjugués entraînent une dissolution partielle et une recristallisation constante du produit, variable avec la température, formant dans la masse un enchevêtrement de cristaux qui constitue des blocs durs.

Le NO_3NH_4 en cristaux est employé dans les dynamites 1 et 3; les Nitrates sont fabriqués soit avec des cristaux, soit avec des billes (prills) selon la composition, mais les formules avec prills ont actuellement une nette préférence chez l'utilisateur qui apprécie leur meilleure coulabilité lors des chargements en vrac; les explosifs modernes (ANFO et bouillies) dont il sera question dans les chapitres suivants sont toujours préparés à base de prills.

5.3.3. Préparation.

Les Nitrates se préparent à chaud, dans des mélangeurs spéciaux à double paroi, par trituration des ingrédients. L'opération a lieu à 80 °C de façon à ce que le TNT, introduit à froid, puisse fondre et enrober le NO_3NH_4 ; l'homogénéité est assez longue à obtenir; de plus, dans le cas d'emploi du NO_3NH_4 en prills, on ne peut éviter un certain bris de ces derniers; il est donc important que les billes utilisées dans ces explosifs soient assez résistantes à l'abrasion.

Le produit fini est livré en vrac (sacs de 25 kg) ou en cartouches selon le cas.

5.3.4. Types de Nitrates et usages.

Les Nitrates existent sous deux formes :

*L'Alsilite est le produit pulvérulent à base de NO_3NH_4 en cristaux, conditionné en gaine de polyéthylène (65 mm); on les utilise en terrain sec et de dureté moyenne. Une composition de même nature que l'Alsilite est fabriquée au Grand-Duché sous le nom de **Luxite**.*

La Triamite est l'explosif en grains coulant bien préparé avec du NO_3NH_4 en billes; elle est livrée en vrac pour le remplissage des fourneaux de mine en carrière, dans des terrains secs.

5.3.5. Avantages et inconvénients.

La coulabilité de la Triamite et son chargement en vrac représente sur les produits encartouchés un avantage incontestable que l'on retrouvera plus loin à propos d'autres formulations. Un trou de mine bien rempli et un explosif bien en contact avec la roche sont des éléments favorables à un bon résultat de tir.

Cependant, tant l'Alsilite que la Triamite ont une résistance insuffisante à l'eau, ce qui limite leur emploi en fourneaux secs uniquement; de plus, l'enrobage mécanique par le TNT n'est pas une protection suffisante contre l'action de l'humidité; des prises en masse sont donc toujours à craindre et en particulier l'Alsilite a à souffrir de ce défaut.

Enfin, la densité de ces explosifs est faible, ce qui réduit la puissance disponible par rapport au volume utilisé et fait que ces explosifs ne conviennent que pour des terrains de dureté moyenne.

5.4. L'ANFO.

5.4.1. Généralités.

Dans la description des explosifs industriels, l'ANFO occupe une place à part : sa composition, en effet, est la plus simple qui soit; de plus, elle ne contient aucune matière qui soit à proprement parler explosive de par elle-même.

On savait depuis la catastrophe d'Oppau en 1923 que le NO_3NH_4 souillé d'une matière combustible (en l'occurrence du papier et de la paraffine) pouvait être porté à détonation; dans les années 30, la firme Dupont, aux USA avait étudié et maîtrisé le phénomène pour aboutir à la réalisation des Nitramons, mélanges de NO_3NH_4 et de combustibles inertes ou semi-inertes tels que le charbon, le BNT ou la farine de bois.

L'emploi d'un combustible liquide s'imposait logiquement; cependant, il fut longtemps délaissé : en effet, à la difficulté bien connue de la reprise en masse déjà évoquée au chapitre précédent, venait s'ajouter un autre ennui : la mauvaise rétention du liquide par les cristaux, entraînant une exsudation du fuel et une mauvaise homogénéité du produit fini.

Des surfactants efficaces et la production du NO_3NH_4 en billes poreuses, capables d'absorber les liquides sans crainte d'exsudation, ont résolu en grande partie ces problèmes.

5.4.2. Composition.

Le fuel oil ayant en théorie la composition $\text{C}_{10}\text{H}_{22}$, l'équilibre en O_2 est réalisé par le

<i>mélange</i>	NO_3NH_4	94 %
	Fuel oil	6 %

qui constitue l'ANFO classique.

5.4.3. Préparation.

L'ANFO se prépare aisément par simple mélange des deux ingrédients en continu ou en discontinu; il est livré à la clientèle en sacs de 25 kg; depuis peu, on le fabrique directement sur chantier au moyen d'un camion spécial qui le charge en vrac dans les trous de mines.

Dans tous les cas, et comme pour les Nitrates, un inconvénient majeur de la fabrication est la production de poussières.

5.4.4. Usages - Avantages et inconvénients.

L'ANFO convient parfaitement dans des terrains tendres et secs. Sa puissance n'est pas très élevée, et en volume, elle est encore réduite à cause de la faible densité du produit; cette dernière entrave aussi tout chargement dans l'eau où par ailleurs, l'ANFO est soluble et inefficace. Le Volume des gaz est élevé (en fait, le plus élevé de tous les explosifs), mais les fumées produites sont parmi les plus toxiques, le NO_3NH_4 produisant beaucoup de NO et NO_2 de par sa nature même; l'emploi d'ANFO en tirs souterrains est donc à déconseiller.

Enfin, son insensibilité aux moyens d'amorçage ordinaires implique son utilisation avec des amorçages spéciaux (booster).

5.5. Les bouillies explosives (slurries).

5.5.1. Généralités.

D'une façon très générale, un "slurry" est un mélange d'ingrédients liquides et solides qui forme une sorte de boue (d'où le nom anglais) pompable ou éventuellement déversable dans les trous de mine.

Les idées de base sont dues à Cook : leur cheminement part des propriétés explosives du NO_3NH_4 souillé, d'où était né l'ANFO, et de la médiocre résistance à l'eau de ce dernier, pour aboutir à des mixtures où, en quelque sorte, l'ANFO est d'avance associé à l'eau.

Les premiers essais remontent au début des années 50; depuis lors, de nombreux développements ont été apportés à la conception d'origine; ces perfectionnements progressifs ont donné naissance jusqu'à nos jours à trois générations de bouillies explosives.

5.5.2. Slurry de première génération.

Vers 1957, les slurries sont activés par un explosif véritable c'est-à-dire qu'ils contiennent, à côté de l'eau et du NO_3NH_4 un constituant comme le TNT broyé, la poudre sans fumée, voire même l'hexogène.

Malgré cela, leur insensibilité reste très grande, non seulement aux actions mécaniques (ce qui est un avantage), mais aussi à l'action des moyens d'amorçage (détonateur et cordeau); leur diamètre critique est très grand si bien que leur emploi se limite aux fourneaux de grands diamètres; l'amorçage doit se faire par un booster puissant.

De cette époque date en Belgique la GELITE qui contenait 20 à 40 % de TNT : elle se caractérisait par une vitesse de détonation élevée (5200 m/sec en confiné 42/47 mm), mais par un manque de souplesse évident dans son emploi et par quelques défauts importants :

- *un bilan O_2 extrêmement négatif (- 26 %)*
- *une densité très haute (1,4) mais invariable*
- *un diamètre critique invariable également très élevé*
- *une médiocre stabilité du gel*
- *et surtout une puissance insuffisante (270 cm^3 au bloc de plomb).*

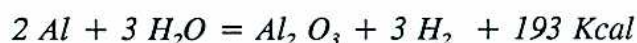
Les améliorations qui ont donné naissance aux slurries de deuxième génération ont fini par éliminer tous ces désavantages, tout en conservant l'avantage initial de l'insensibilité aux actions mécaniques fortuites.

5.5.3. Slurry de deuxième génération.

Malgré sa grande insensibilité, la GELITE contenait encore un ingrédient explosif de par lui-même, ce qui, vis-à-vis de l'ANFO marquait une régression.

Avec les formules de deuxième génération, que nous connaissons depuis 1962, on va aboutir à des produits qui restent tout à fait insensibles aux actions mécaniques mais présentent aux divers types d'amorçage la même sensibilité que les explosifs traditionnels, tout en ne contenant absolument aucun ingrédient réellement explosif.

Pour réaliser cette performance, Cook a utilisé la capacité de réaction de l'aluminium sur l'eau qui se traduit par l'équation :



l'hydrogène réagissant à son tour avec l'oxygène apporté par le NO_3NH_4 , suivant :



Schématiquement, les slurries de deuxième génération sont composés d'une solution de différents nitrates et d'un prémélange solide (premix) à base de poudre d'aluminium; éventuellement, un complément de NO_3NH_4 solide peut être ajouté. Un agent réticulant et un agent allégeant complètent la composition, qui ne renferme donc en fait aucun corps considéré comme "explosif" au sens classique du terme.

Ils sont commercialisés en Belgique sous le nom d'IREMITE (80, 110, ...) s'il s'agit de cartouches préfabriquées en usine, ou sous le nom d'IREGEL (376, 406), s'il s'agit du produit préparé directement par camion spécial (pomp truck) sur le site de tir.

a) Fabrication.

Dans ses grandes lignes, le procédé de fabrication est le même que l'explosif soit préparé en usine ou sur chantier, de toute manière dans les deux cas, solution et prémix sont faits d'avance dans des installations fixes.

La solution se prépare dans des cuves chauffées avec agitation continue; elle contient l'eau, les différents nitrates inorganiques (NO_3NH_4 , NO_3Na , $(\text{NO}_3)_2\text{Ca}$...) et des gommes qui l'épaississent en lui donnant une viscosité régulièrement contrôlée; le point de cristallisation, la densité et le pH entrent également en ligne de compte et doivent aussi être contrôlés rigoureusement.

Le prémix est un mélange de poudres d'aluminium de types peinture et atomisé avec, selon le cas, des combustibles divers tels que le Si, le soufre et la gilsonite. Les aluminiums qui conditionnent la sensibilité de la formule et sa puissance sont soumis à des tests sévères qui déterminent à la fois leurs qualités et leurs sécurités d'emploi. Le prémix lui-même se fait sous atmosphère inerte et des précautions spéciales sont prises lors de sa fabrication et de sa mise en oeuvre pour éviter les poussières.

Le NO_3NH_4 solide complémentaire ne s'utilise que pour les IREGELS et est d'un type dur, en billes, coulant bien.

Le réticulant donne au produit fini une texture gommeuse, caoutchouteuse, de plasticité réglable à volonté.

L'allégeant sous forme de bulle d'azote, assure au slurry terminé une densité optimale, réglable elle aussi, qui confère à l'explosif placé sous pression une sensibilité plus grande.

La fabrication proprement dite consiste à mettre en présence tous ces ingrédients pendant un temps très court dans un mélangeur en continu; le slurry, qui immédiatement après sa préparation est encore très fluide, est alors pompé soit directement dans les trous de mine (cas des IREGELS faits sur chantiers) soit dans des gaines de polyéthylène de 0,15 mm d'épaisseur pour en former des cartouches de dimensions voulues (cas des IREMITES).

b) Avantages et propriétés

Par rapports aux slurries de première génération, on peut citer comme avantages pour ceux de la deuxième, les points suivants :

- les ingrédients séparés sont insensibles au détonateur; seul le mélange formé devient sensible;*
- grâce à l'allégeant, la densité est variable, réglable à volonté; on évite ainsi de surcharger les mines et on combat les effets dus à la pression hydrostatique dans les fourneaux profonds; on exclut le risque d'hyperdensité (et de non détonabilité) dans les pieds;*
- le diamètre critique devient variable lui aussi; il dépend de la quantité et de la qualité de l'aluminium de type peinture que l'on introduit dans la formule; le booster est éliminé.*

c) Utilisations.

Comme il a déjà été dit, les IREGELS en vrac sont préparés directement sur le chantier au moyen d'un camion spécial et pompés immédiatement dans les trous de mine, assurant ainsi un excellent couplage avec la roche à abattre; la puissance est choisie en fonction de cette dernière et la sensibilité est réglée d'après le diamètre et la hauteur des trous par le taux d'Al et le taux d'allégeant.

En Belgique, l'initiation a lieu pour le moment au moyen d'un super cordeau de 40 g/m descendant tout le long du fourneau; cependant, si on le désire, on peut rendre l'IREGEL insensible au cordeau et le faire détoner au moyen d'un booster qui peut très bien être un autre slurry, encartouché celui-là.

Cette méthode d'emploi des slurries est idéale pour des carrières importantes où les possibilités de tir correspondent environ à la capacité du camion (5 t) et où la butte est d'un accès aisé.

5.5.4. Les explosifs du type émulsion.

a) Généralités

Les explosifs du type émulsion constituent la dernière génération des explosifs difficilement inflammables utilisés pour les tirs sur les chantiers en plein air.

Leur structure est obtenue par division d'un liquide (phase comburante aqueuse) en globules microscopiques (de l'ordre du μ) au sein d'un autre liquide avec lequel il n'est pas miscible (phase combustible huileuse); il s'agit d'une émulsion du type "eau dans l'huile".

La phase comburante (ou oxydante) est constituée de nitrates (d'ammonium, de calcium, ...) en solution aqueuse.

La phase combustible est faite d'huile(s) minérale(s) à laquelle (auxquelles) on ajoute notamment un agent émulsionnant afin de stabiliser l'émulsion.

Pour augmenter l'énergie de l'explosif (au détriment toutefois de sa vitesse de détonation), on peut lui ajouter de l'aluminium (N.B. : l'Al peinture des Irémites "classiques" a été remplacé ici par de l'Al pulvérulent, plus sûr en fabrication).

Pour devenir explosive, l'émulsion de base (émulsion lourde) doit être sensibilisée par des bulles gazeuses microscopiques régulièrement distribuées dans la masse. Ce sont ces bulles gazeuses qui, comprimées adiabatiquement sous l'effet de la détonation (les émulsions sont initialisées par booster) sont autant de points chauds qui conduisent la détonation de loin en loin. Les bulles gazeuses peuvent être soit apportées physiquement dans la matière (micro ballons creux en verre, perlite, ...), soit générées chimiquement par "gasing" au sein du produit (nitrite de soude en réaction, ...).

Les émulsions explosives peuvent être commercialisées et mises en oeuvre soit en gaines imperméables (matière plastique), soit en vrac. Sous ce dernier aspect, elles peuvent être fabriquées sur le lieu de leur utilisation.

Le croquis ci-après schématise le camion-fabricant (Pump Truck) mis en oeuvre par N.E.B. dans son programme S.M.S. (Site Mix System). Les véhicules plus récents (agrément en cours) comportent un équipement complémentaire (e.a. une trémie de 6 t de nitrate en prills et un réservoir de 800 l de fuel) permettant la fabrication et la mise en oeuvre d'ANFO.

b) Produits reconnus et matériels agréés.

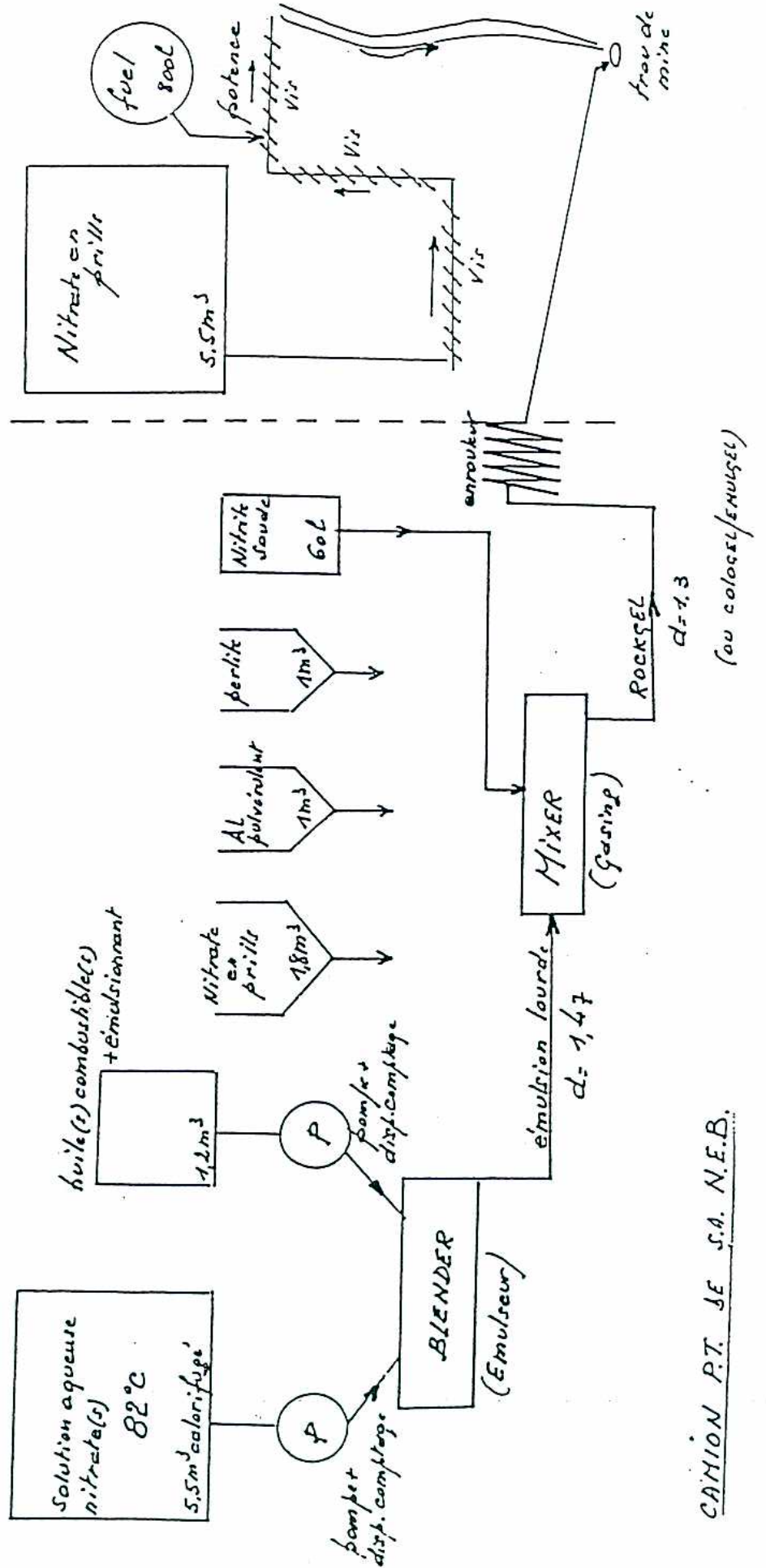
Par arrêtés ministériels datés du 13.11.1989, ont été officiellement reconnus pour les tirs sur les chantiers de minage en plein air, les produits explosifs difficilement inflammables du type émulsion ci-après fabriqués par la firme N.E.B. :

- *produits encartouchés* (diam. > 50 mm et poids < 8 kg)
IREMITE 1000, IREMITE 4000 et IREMITE 5000
(gaines imperméables en une matière plastique appropriée)
- *produits admis au chargement en vrac*
ROCKGEL, COLOGEL et EMULGEL

Par décision du 23.03.1990, le chef du Service des Explosifs a agréé en tant qu'appareillage pour la préparation d'explosifs spéciaux du type des émulsions explosives, et pour leur mise en place en fourneaux de mines, les camions-fabricants conformes au type S.M.S. IRECO, tel que présentés par la firme N.E.B. (plaque signalétique "agréé S.d.E. n°3").

Par décision du 03.05.1990, le chef du Service des Explosifs a admis les ROCKGEL, COLOGEL et EMULGEL, en tant qu'explosifs spéciaux du type des émulsions explosives, pouvant être préparés et mis en place en fourneaux de mines par les camions-fabricants conformes au type IRECO, agréé "S.d.E. n°3".

EMULSIONS ↔ ANFO



c) *Informations pratiques.*

- *caractéristiques des émulsions explosives.*

Comme tout produit neuf en développement, les émulsions explosives font l'objet de recherches continues et de mises au point fréquentes.

Les compositions moyennes purement indicatives communiquées ci-après évolueront à coup sûr.

ROCKGEL : émulsion lourde à ± 94 % de solution oxydante (nitrates), ± 5 % d'huile combustible, $\pm 1,...$ % émulsionnant, $\pm 0,...$ % divers (e.a. réactif gasing); allégée par réaction chimique (nitrite), sa densité $d = 1,3$;

on peut lui rajouter jusque 14 % Al.

Vitesse détonation en diamètre 105 mm : 5400 m/s.

COLOGEL : environ 70 % émulsion allégée non aluminisée et 30 % de nitrate en prills

$d = 1,15$

Vitesse détonation en diamètre 105 mm : 4800 m/s.

EMULGEL : COLOGEL auquel on ajoute environ 6 % d'Al.

IREMITE 1000 : ROCKGEL

IREMITE 4000 : ROCKGEL à 10 ± 2 % Al

IREMITE 5000 : ROCKGEL à 12 ± 2 % Al.

d) Utilisation des émulsions explosives.

Les émulsions encartouchées s'utilisent comme les explosifs conventionnels.

La fabrication sur site et la mise en oeuvre des émulsions en vrac doivent être autorisées par la Députation permanente concernée (art. 283 de l'A.R. du 23.09.1958 sur les explosifs et art. 42 de l'A.R. du 04.08.1959 sur l'emploi des explosifs dans les exploitations à ciel ouvert...).

Leur mise en oeuvre est subordonnée au respect des conditions prévues par l'arrêté d'autorisation (voir circulaire n°119 bis du Directeur général des Mines concernant les explosifs spéciaux autres que ceux à base d'air ou d'oxygène liquides et autres que les mélanges nitrate-fuel préparés manuellement).

Le ROCKGEL est une émulsion explosive à vitesse de détonation et énergie élevée. Sa densité et son couplage idéal au rocher lorsqu'il est utilisé en vrac (pompage) en font un excellent explosif brisant. Il est utilisé en fond de mines verticales généralement forées 1 à 1,2 m sous l'aire de travail et son efficacité au cisailage permet le plus souvent de se passer avantageusement de mines de pied.

Comme son nom commercial l'indique, le COLOGEL (éventuellement l'EMULGEL) est utilisé en colonne (tel l'ANFO par exemple).

ROCKGEL et COLOGEL (EMULGEL) sont utilisables sous l'eau et, en cas de besoin, leurs caractéristiques explosives peuvent être annihilées par injection sous pression d'un mélange d'eau et de détergent (pour briser l'émulsion - voir à ce sujet la décision du 03.05.1990 citée ci-dessus).

e) Mise en oeuvre.

Les camions-fabricants de N.E.B. ont été conçus pour préparer et charger rapidement des colonnes continues faites de ROCKGEL, de COLOGEL (EMULGEL) et, depuis peu, d'ANFO. Les pompes et vis doseuses permettent d'atteindre 150 kg/min en émulsion et 200 kg/min en ANFO.

Dans le Namurois, les vitesses pratiques de chargement restent toutefois bien en deça de ces valeurs car les colonnes sont chargées de façon discontinue (un ou plusieurs bourrages intermédiaires); un chef-mineur et un adjoint expérimentés peuvent toutefois mettre en oeuvre 2 tonnes d'explosifs en moins de 2 heures.

COMPOSITION-TYPE DES PRINCIPAUX EXPLOSIFS INDUSTRIELS

		COMPOSITION-TYPE	%
DYNAMITES	PLASTIQUES OU GOMMES	Nitroglycéroglycol Nitrate d'ammonium Coton azotique Farine de bois Dinitrotoluène Aluminium	20 à 90 30 à 60 1 à 5 2 à 6 0 à 2 0 à 8
	PULVERULENTES	Nitroglycéroglycol Nitrate d'ammonium Coton azotique Farine de bois Sel Tourbe	10 à 15 30 à 80 ≈ 1 2 à 10 0 à 50 0 à 5
NITRATES		Trinitrotoluène Nitrate d'ammonium Farine de bois Stéarate de calcium Sel	10 à 15 65 à 85 0 à 5 ≈ 1 0 à 20
NITRATES- FUELS	ORDINAIRES	Nitrate d'ammonium Fuel	≈ 94 ≈ 6
	A L'ALUMINIUM	Nitrate d'ammonium Fuel Sensibilisant (aluminium)	88 à 92 3 à 5 5 à 10
BOUILLIES-GELS		Eau Nitrate d'ammonium, de soude ou de calcium Sensibilisant (explosif, alumi- nium, nitrate de monométhyla- mine, billes de verre) Divers (gélifiant, allégeant, réticulant, mouillant, fuel)	8 à 15 35 à 60 5 à 40 2 à 5
EMULSIONS NITRATES-FUELS ALOURDIS		Eau Nitrates minéraux Huiles diverses Sensibilisant (chimique ou billes de verre)	8 à 15 10 à 80 4 à 10 0,2 à 5

Caractéristiques des principaux explosifs industriels

Type Formule	Fabricant ou fournisseur	Diamètre critique de détonation (mm)	Densité commer- ciale (moyenne)	Vitesse de détonation (km/s) (1)	Performances			Emploi autorisé en mines classées (2)	Résistance aux sollicitations climatiques		
					CUP	TMB	Energie sous eau (kJ/kg)		Humidité (3)	Froid (3)	Chaud (3)
Dynamites <i>Gommes :</i> F 19, F 16 NC 1, NC 2 Tidodyn 25, 40 <i>Pulvérulentes :</i> Minex F 13 S GC 16, 20	Nobel Nitro-Bickford	< 30	1,4 à 1,5	3 à 6,5	130 à 145	125 à 135	4 000 à 5 200	R R R NA	B	M	D
	Titanite										
	N.-B. Nobel + N.-B.	< 30	1,0 à 1,2	1,5 à 3,0	40 à 110	40 à 115	1 500 à 3 000	R C	M	M	D
Nitrates N 31 R N 40 R N 7 bis	SNPE/Nobel	< 30	1,0 à 1,15	3,5 à 4,5	80 à 140	110 à 120	3 200 à 3 900	R R C	M	B	M
Gels Sigma 605, 6 Gelsurite 2000, 3000 Titagel 1000 Iremite 85, 110	Nitro-Bickford SNPE/Nobel	< 30 en général	1,15 à 1,4	3,5 à 4,0	"	90 à 120	2 700 à 3 600	R R R R R	B	M	M
	Titanite Nobel										
Emulsions encartouchées Iremite 1000 Iremite 4000	SNPE/Nobel	< 30	1,15 à à 1,25	4,80	-	95-110	3 150 à 4 500	R NA	B	M	M
Nitrates-fouls binaires D 7 fuel Anfolite 1 Ferrolite <i>Al'aluminium :</i> Nital N 135 Anfolite 3	SNPE + N.-B. Titanite	50 à 55	0,8	3,0	"	110 à 120	2 700	NA	D	B	M
	Nitro-Bickford SNPE/Nobel Titanite	25 à 50	0,9	3,0	"	120	3 000				
Bouillies Sigma 6, 605, 612	Nitro-Bickford	40 à 65	1,1 à 1,4	3,8 à 4,5	"	110 à 120	4 500 à 5 200	NA	B	M	M
Emulsions Gelsurite E P 2, 10 Emultex 100	SNPE/Nobel Titanite	20 à 40	1,3	5,4	"		2 800 à 3 300	NA	B	M	M
Nitrates fouls alourdis Gémulsite 25, 50 Emultex 35 Anfogel	SNPE/Nobel Titanite Nitro-Bickford	40 à 90	1 à 1,3	3,6 à 3,8	"		2 900	NA	M à B	M	M

(1) Déterminée ici à l'air libre en diamètre 30 mm et à densité normale ou bien sous tube acier, à densité normale.

(2) A : autorisé - NA : non autorisé - R : autorisé en catégorie explosif-roche - C : autorisé en catégorie explosif-couche.

(3) B : bonne - M : moyenne - D : douteuse.

**CARACTERISTIQUES DES PRINCIPAUX EXPLOSIFS
COMMERCIALISES EN BELGIQUE**

(Données des fournisseurs)

	<i>Energie potentielle (Kcal/kg)</i>	<i>Densité</i>	<i>Gaz (l/kg)</i>	<i>Vitesse de détonation (m/sec)</i>
<u>DYNAMITES</u>				
<i>F 16</i>	<i>1.115</i>	<i>1.50</i>	<i>861</i>	<i>6.800</i>
<i>F 19</i>	<i>1.148</i>	<i>1.50</i>	<i>847</i>	<i>5.800</i>
<i>NC 4</i>	<i>1.125</i>	<i>1.40</i>	<i>876</i>	<i>6.500</i>
<i>Titadyn 25</i>	<i>1.005</i>	<i>1.40</i>	<i>843</i>	<i>5.200</i>
<u>NITRATES</u>				
<i>Luxite EB (vrac et cartouches)</i>	<i>950</i>	<i>0.92</i>	<i>-</i>	<i>4.200</i>
<i>Luxite S1</i>	<i>1.300</i>	<i>1.05</i>	<i>-</i>	<i>4.150</i>
<i>Luxite L3</i>	<i>1.100</i>	<i>1.05</i>	<i>-</i>	<i>4.050</i>
<u>ANFO</u>				
<i>F.P. Brisant (vrac)</i>	<i>932</i>	<i>0.80</i>	<i>975</i>	<i>3.500</i>
<i>Luxite FB (vrac)</i>	<i>900</i>	<i>0.90</i>	<i>-</i>	<i>4.000</i>
<i>Nitro D7 (vrac)</i>	<i>-</i>	<i>0.84</i>	<i>971</i>	<i>3.400</i>
<i>Nitral (vrac)</i>	<i>-</i>	<i>0.90</i>	<i>891</i>	<i>3.400</i>
<i>Alufo 2000</i>	<i>1.132</i>	<i>-</i>	<i>896</i>	<i>3.400</i>
<i>Anfotite 1</i>	<i>905</i>	<i>0.83</i>	<i>980</i>	<i>3.100</i>
<i>Anfotite 3</i>	<i>990</i>	<i>0.95</i>	<i>965</i>	<i>3.450</i>
<u>SLURRIES</u>				
<i>Sigmagel 6</i>	<i>-</i>	<i>1.17</i>	<i>967</i>	<i>5.000</i>
<i>Sigmagel 605</i>	<i>-</i>	<i>1.17</i>	<i>927</i>	<i>5.000</i>