

SERVICE DES ACCIDENTS MINIERS ET DU GRISOU

INSTITUT NATIONAL DES MINES
A FRAMERIES

LES

Cartouches d'Explosifs Plâtrées

PAR

EMMANUEL LEMAIRE

Ingénieur en Chef au Corps des Mines
Directeur de l'Institut National des Mines
Professeur à l'Université de Louvain

1. — Introduction

Etat de la question des explosifs de sûreté

Les études du Siège d'Expériences de l'Etat à Frameries, devenu actuellement Institut National des Mines, ont toujours eu pour objet les moyens d'empêcher l'*inflammation initiale* du grisou ou des poussières de charbon dans les mines.

Les essais dans la question des explosifs ont permis d'éliminer des mines Belges les explosifs les plus dangereux et des listes d'explosifs S. G. P. (sûreté grisou poussières) ont été dressées.

Ces essais ont montré que tous les explosifs ont un certain degré de sécurité, très faible pour les uns, plus élevé pour d'autres, mais qu'en augmentant suffisamment la charge il est possible d'allumer le grisou et les poussières de charbon avec tous les explosifs.

La charge-limite, c'est-à-dire la charge à partir de laquelle l'explosif allume le grisou ou les poussières de

charbon, varie avec certains éléments, notamment avec la section de la galerie et avec la densité de chargement (1).

Des photographies de flammes (2), faites dans le but de rechercher les causes de ces variations, ont permis de distinguer trois phases dans la détonation d'un explosif.

Une première phase correspond aux réactions, toujours très incomplètes, qui se font au passage de l'onde explosive.

Une deuxième phase correspond aux réactions qui se font en arrière de l'onde, mais sans intervention de l'oxygène de l'air.

Ces réactions augmentent et prolongent la durée de la flamme.

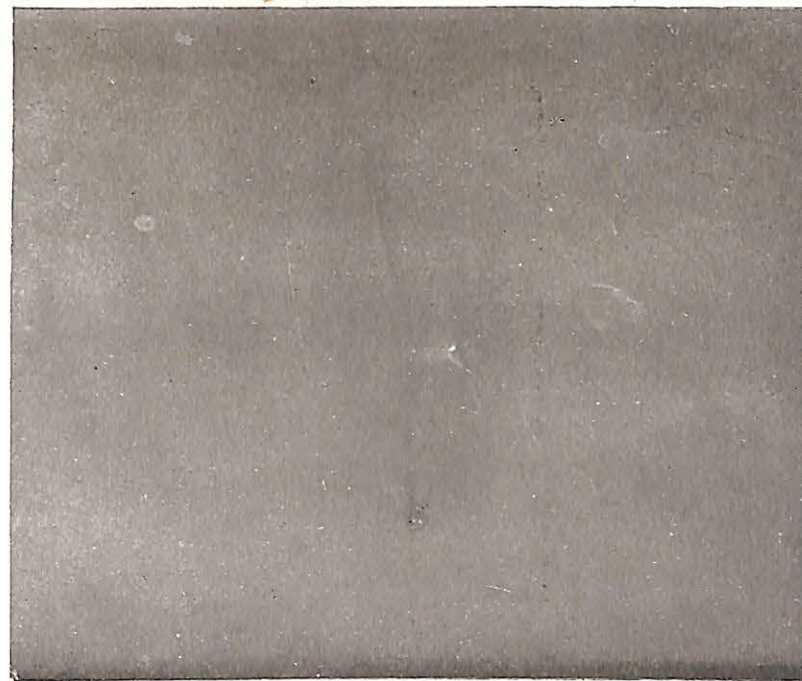
La troisième phase correspond aux réactions qui se font par l'intervention de l'oxygène de l'air. C'est la réinflammation plus ou moins localisée des gaz de l'explosion après leur mélange avec l'air au hasard des points ou les limites d'inflammabilité sont atteintes et où une température suffisante est conservée dans les gaz.

On obtient ces réinflammations en augmentant suffisamment la charge ou bien en contrariant l'expansion des gaz, ou encore en créant des causes de réchauffement par perte d'énergie cinétique. C'est ainsi que ces réinflammations se remarquent spécialement, en galerie d'essai, au voisinage de la paroi la plus rapprochée du mortier. Il suffit également de réduire la section de la galerie pour les obtenir.

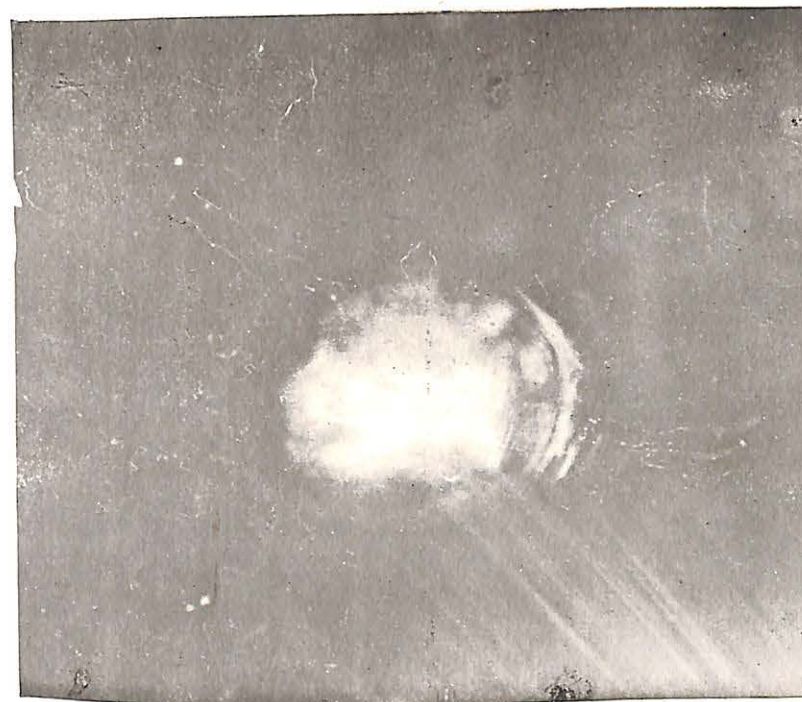
Ces réinflammations s'obtiennent aussi bien avec les explosifs à excès de comburant qu'avec les explosifs à excès de combustible, ce qui montrent que des gaz com-

(1) WATTEYNE et BOLLE. — Expériences sur les variations des charges-limites suivant les sections des galeries. Ann. des Mines de Belg., t. XVI, 1911.

(2) E. LEMAIRE. — Aspect des flammes au tir au mortier. Ann. des Mines de Belg., t. XIX, 1914.



PHOT. 2. — Dynamite gomme n° 1.
500 grammes. — 5 cartouches en une file. Gaine de 5 m/m d'épaisseur.



PHOT. 1. — Dynamite gomme n° 1.
500 grammes. — 5 cartouches en une file sans gaine.

bustibles existent dans les produits de détonation de tous les explosifs tirés au mortier.

La mesure dont le tir en roche se rapproche du tir au mortier dépend du degré d'achèvement des réactions au moment où la roche cède et où les gaz de l'explosion se répandent dans l'atmosphère du chantier.

La quantité d'explosif à employer pour que la roche ne cède qu'après l'achèvement des réactions est impossible à déterminer. En pratique la charge est toujours largement calculée. Il est donc permis de penser que le tir en roche peut donner lieu à des réactions incomplètes, notamment avec les mines surchargées, et se rapprocher dans une certaine mesure du tir au mortier. L'emploi du tir au mortier pour apprécier le degré de sécurité d'un explosif, est donc défendable, car si les réactions incomplètes qui s'y passent, n'allument pas le grisou, il est peu à craindre que les réactions plus complètes qui se passent dans la roche, arrivent à ce résultat.

Jusqu'à présent, il n'y a pas d'explosif qui mérite complètement la qualification d'explosif de sûreté. Il y a simplement des explosifs moins dangereux que d'autres ou qui ne sont pas dangereux dans des conditions déterminées. Il importe donc en pratique d'employer les explosifs S. G. P. dans des sections égales ou supérieures à celles des galeries d'essai et de ne pas surcharger les mines. Il importe d'éviter toutes les circonstances qui s'opposent à l'expansion des gaz et à la perte de chaleur qui en résulte, ainsi que les causes de réchauffement accidentel des gaz par transformation d'énergie cinétique en chaleur.

L'emploi des explosifs S. G. P. actuellement en usage a beaucoup amélioré les conditions de sécurité du tir dans les mines, et, en quinze ans, dans les mines Belges, il n'y a eu qu'un seul cas d'inflammation de grisou causé par un explosif de l'espèce.

Cet accident est survenu à l'occasion d'une mine fortement surchargée.

La condition nécessaire et probablement suffisante pour qu'un explosif soit complètement de sécurité, semble être que les réactions soient complètes au passage de l'onde explosive, sans production de gaz combustibles. Cette condition à laquelle semble se ramener toute la théorie des explosifs de sûreté, n'est remplie actuellement par aucun explosif. Les photographies de flammes, faites face au canon, dans des galeries de diverses sections, donnent un aperçu de la mesure dont les explosifs satisfont à cette condition.

2. — Moyens d'augmenter la sécurité du tir.

Bourrage extérieur et cartouche de sûreté.

Comme il vient d'être dit, on ne peut pas accorder une confiance absolue aux explosifs S. G. P. actuels, dont l'emploi constitue cependant un très réel progrès et doit être imposé dans les mines grisouteuses et poussiéreuses.

Cependant, en raison de variations possibles de la charge-limite avec certaines circonstances de préparation et d'emploi, il est utile de chercher à renforcer la sécurité du tir par des moyens extérieurs à l'explosif.

Dans cet ordre d'idée, le Siège d'Expériences de l'État à Frameries a proposé le bourrage extérieur (1) et la cartouche de sûreté (2).

Le bourrage extérieur, qui consiste à accumuler des poussières incombustibles à l'orifice du fourneau de mine, prévoit spécialement le cas de la mine qui fait canon. Il est

(1) WATTEYNE et LEMAIRE. — Le bourrage extérieur en poussières incombustibles. Ann. des Mines de Belg., t. XVI, 1911 et t. XVIII, 1913.

(2) E. LEMAIRE. — Etude d'une cartouche de sûreté. Ann. des Mines de Belg., t. XIX, 1914.



PHOT. 3. — *Dynamite gomme n° I.*
500 grammes. — 5 cartouches en une file. Gaine de 3 m/m d'épaisseur.

devenu réglementaire en Belgique dans les mines à grisou de la 2^e et de la 3^e catégorie, ainsi que dans les mines dont les poussières ont plus de 22 % de matières volatiles.

Les mines les plus dangereuses au point de vue de l'inflammation du grisou ou des poussières de charbon, sont celles qui font canon et celles qui détachent simplement un bloc de roche sans le fragmenter. Pour prévoir ce dernier cas il faut évidemment entourer la charge de matières extinctrices, pour forcer les gaz à entraîner cette matière et à s'y mêler quelle que soit la manière dont ils s'échappent de la roche.

De là, la cartouche de sûreté, qui prévoit aussi bien le cas de la mine qui fait canon que le cas de la mine qui fissure simplement la roche.

Une cartouche de sûreté est constituée par un cylindre creux en papier, au centre duquel se trouve la cartouche d'explosif. L'espace annulaire compris entre la cartouche d'explosif et le paroi de l'enveloppe est rempli de matières extinctrices. La cartouche de sûreté peut également consister en un tube de matières extinctrices agglomérées par un liant quelconque, tel que ciment, argile plastique, plâtre, etc., et à l'intérieur duquel en place la cartouche d'explosif. Il n'est pas nécessaire de masquer les extrémités de la cartouche d'explosif.

Dans une cartouche de sûreté le point le plus intéressant à considérer est l'épaisseur à donner à la gaine extinctrice pour obtenir un degré de sécurité convenable. Il faut évidemment que le diamètre extérieur de la gaine reste dans les limites admissibles en pratique.

Toutes les matières extinctrices d'un prix abordable ont été expérimentées au Siège d'Expériences de l'Etat à Frameries et parmi ces matières, le fluorure de calcium a paru présenter le maximum d'avantages. Les épaisseurs à donner à la gaine ont été déterminées d'après les résultats

obtenus avec la dynamite gomme n° 1 à 42 % de nitroglycérine. Ces résultats ont fait l'objet d'une précédente publication (4).

L'arrêté royal du 24 avril 1920, qui impose l'emploi des explosifs S. G. P. avec bourrage extérieur, dans les mines à grisou de la 2^e et de la 3^e catégorie et dans les mines dont les poussières renferment plus de 22 % de matières volatiles, a permis de substituer la cartouche de sûreté au bourrage extérieur dans ces mines.

Un arrêté ministériel, en date du 22 juillet 1920, a défini comme suit les conditions auxquelles devait satisfaire la cartouche de sûreté :

1° Le diamètre des cartouches d'explosif ne dépassera pas 30 millimètres ;

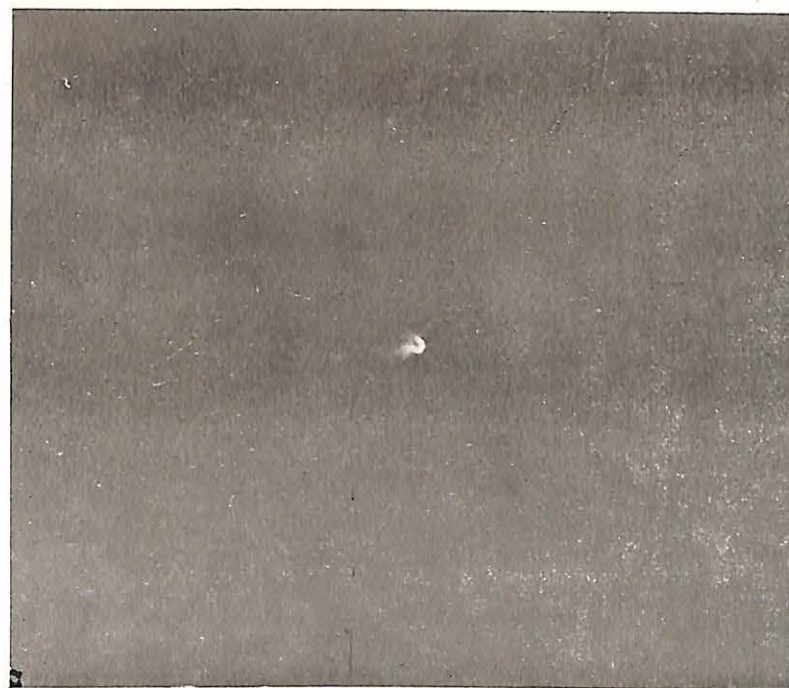
2° Chaque cartouche d'explosif sera contenue dans une gaine de sûreté de 3 millimètres d'épaisseur minimum, maintenue par une enveloppe en papier non paraffiné et constituée de chlorure de sodium en poudre ou de fluorure de calcium en poudre ou d'un mélange de ces deux corps ;

3° Les fonds de chaque cartouche d'explosif seront très soigneusement collés sur les fonds de son enveloppe de sûreté de manière à empêcher toute introduction de matières extinctrices entre ces fonds. On évitera de multiplier inutilement les épaisseurs de papier en ces points ;

4° Les fabricants s'assureront que le genre du collage réalisé par eux et les épaisseurs de papier conservées à l'endroit des fonds, ne nuisent pas à la transmission de l'onde explosive d'une cartouche à l'autre.

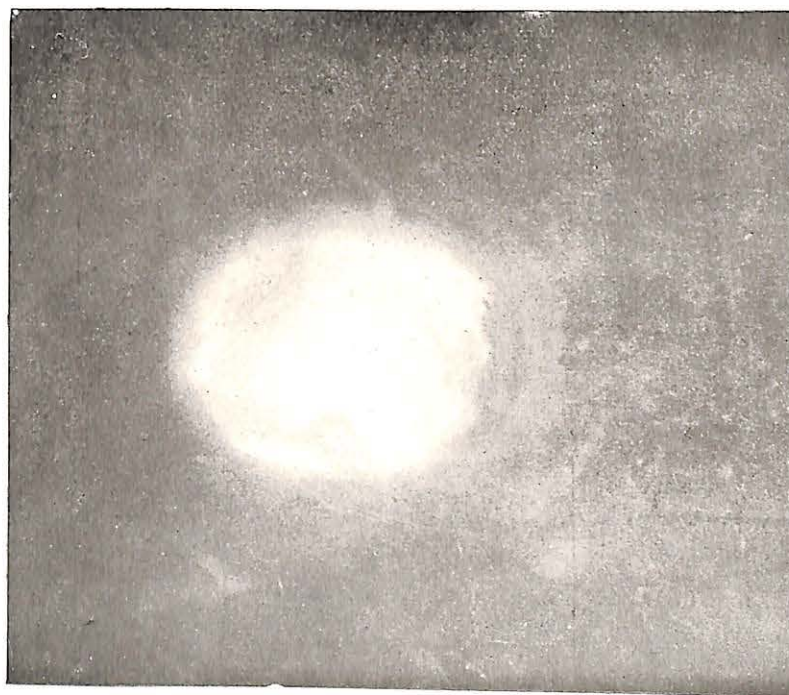
Le Chlorure de Sodium, trop hygroscopique, a dû être abandonné. Les cartouches de sûreté sont fabriquées actuellement au moyen de Fluore de Calcium ou d'un mélange de Fluore de Calcium et de Chlorure de Sodium.

Moyennant l'emploi de la cartouche de sûreté des essais



PHOT. 5. — Ruptol.

600 grammes. — 6 cartouches en une file. Gaine de 3 m/m d'épaisseur.



PHOT. 4. — Ruptol.

600 grammes. — 6 cartouches en une file sans gaine.

de minage en veine, dans les mines à grisou ont été autorisés aux conditions suivantes :

1° Il ne peut être fait usage que d'explosifs désignés par arrêté ministérielle en qualité de S. G. P. C. (sécurité grisou poussières couche). La charge par fourneaux de mine ne peut pas dépasser 250 grammes ;

2° La charge complète doit consister en une seule cartouche de 30 ^m/_m de diamètre maximum, contenue dans une enveloppe en papier non paraffiné de 40 ^m/_m de diamètre ; l'espace compris entre la cartouche et l'enveloppe doit être rempli de chlorure de Sodium ou de Fluorure de Calcium ou d'un mélange de ces deux corps.

Il doit y avoir en outre deux fonds de matières extinctrices de 10 ^m/_m d'épaisseur ;

3° Le minage doit se faire de préférence à la fin du poste de nuit après la remonte du personnel de ce poste et avant la descente du poste du jour ;

4° Le détonateur doit être placé du côté de l'orifice du fourneau de mine ;

5° Les fourneaux de mine doivent être soigneusement forés et alésés, au besoin, pour permettre l'introduction facile de la charge sans déchirer l'enveloppe de sûreté.

La possibilité de cette introduction doit être vérifiée au préalable par l'introduction d'un bourroir de 40 ^m/_m de diamètre ;

6° Les fourneaux de mine doivent être très soigneusement débarrassés des poussières charbonneuses.

3. — Les cartouches d'explosifs plâtrées

En vue de rendre plus intime la juxtaposition de la gaine de sûreté à la cartouche d'explosif, et de simplifier la fabrication, des essais ont été faits au Siège d'Expériences de l'État à Frameries pour enrober la cartouche d'explosif

dans un moulage de plâtre additionné de Fluorure de Calcium.

Un mélange par moitié de ces deux corps est gaché avec 40 à 50 % d'eau de manière à obtenir une pâte fluide qui est coulée ensuite dans un moule cylindrique au centre duquel se trouve la cartouche d'explosif. Le démoulage peut se faire au bout d'un quart d'heure et la cartouche est ensuite est séchée.

La paraffine de l'enveloppe de la cartouche d'explosif protège suffisamment l'explosif contre l'humidité pendant le temps nécessaire à la prise et au séchage de la matière plâtrée.

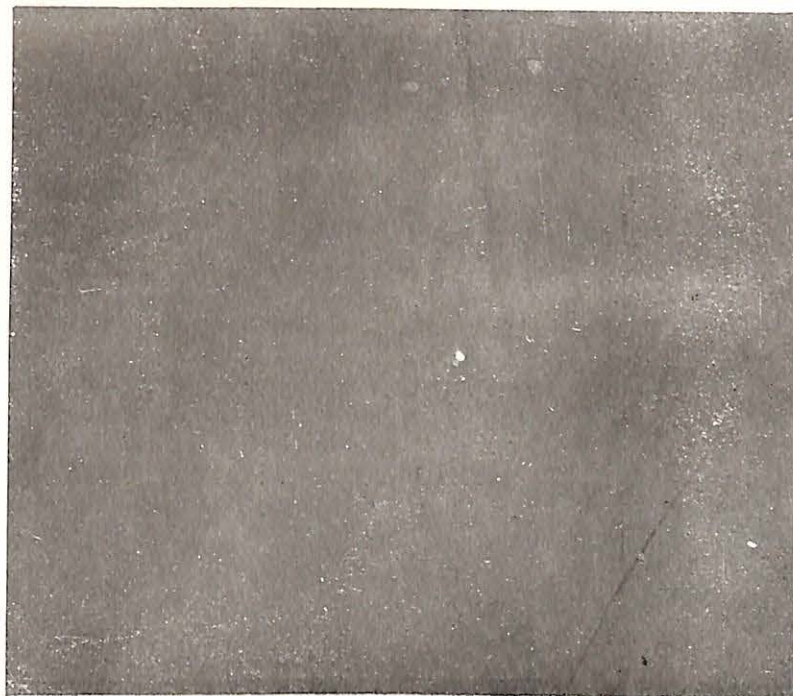
On obtient une cartouche parfaitement cylindrique, facile à manipuler et dans laquelle la gaine et la cartouche d'explosif ne font qu'un.

Le tableau suivant donne les résultats des essais auxquels les cartouches plâtrées ont été soumises.

Les résultats sont plus favorables que ceux qui ont été donnés par les matières pulvérulentes. C'est ainsi qu'avec une épaisseur de gaine de 3 m/m il a été possible de tirer au mortier d'acier, sans bourrage et sans allumer ni le grisou, ni les poussières de charbon, huit et sept cartouches de 100 grammes de Dynamite gomme n° 1, alors que sans gaine on allume le grisou avec une charge de 100 grammes de cet explosif.

La longueur du mortier d'essai ne permet pas de tirer des charges de plus de huit cartouches de 100 grammes, charge qui en raison de la puissance de l'explosif en question constitue une épreuve très dure pour le mortier et la galerie d'essai.

Les photographies des flammes reproduites ci-après permettent de faire la comparaison entre les flammes de divers explosifs tirés avec gaine et sans gaine.



Plat. 7. — *Fractorite*.

500 grammes. — 5 cartouches en une file. Gaine de 3 m/m d'épaisseur.



Plat. 6. — *Fractorite*.

500 grammes. — 5 cartouches en une file sans gaine.

Avec la gaine de 3 millimètres d'épaisseur, la flamme est très peu développée et nettement inférieure comme intensité et étendue à celle des explosifs S. G. P. tirés sans gaine, comme le montre l'examen de la photographie n° 8, qui représente la flamme d'une charge d'explosif de sûreté inférieure à la charge-limite.

Quand les explosifs S. G. P. sont tirés avec gaine de 3 millimètres d'épaisseur, la photographie n'enregistre pas de flammes, ou des flammes insignifiantes à peine visible sur le cliché.

Les réactions des gaz de l'explosion entre eux et les réactions entre ces gaz et l'oxygène de l'air semblent impossibles quand ces gaz sont mêlés à la matière extinctrice. Tel est vraisemblablement le mode d'action de la gaine de sûreté.

En agissant sur l'épaisseur de la gaine on peut régler à volonté le degré de sécurité à obtenir.

Ainsi qu'il a été dit dans les conclusions de la première note publiée sur la cartouche de sûreté (4), cette cartouche, sous ses différentes formes, n'est pas destinée à permettre de remplacer les explosifs S. G. P. par des explosifs qui ne présentent par eux-mêmes aucune sécurité. Ce serait faire un retour en arrière que d'employer de tels explosifs dans les mines. Ces essais ont été faits avec ces explosifs uniquement pour démontrer l'efficacité de la gaine. Ce qu'il faut chercher c'est de diminuer le danger de l'emploi des explosifs dans les mines par la superposition des éléments de sécurité.

L'emploi de la gaine avec des explosifs qui sont déjà par eux-mêmes anti-grisouteux et anti-poussiéreux, répond à ce desideratum.

Mai 1921.

TABLEAU. — Essais de cartouches d'explosifs plâtrés.

Numéros des essais	Nature de l'explosif employé	Nombre de cartouches de 100 grammes d'explosif	Diamètre de la cartouche d'explosif m/m	Diamètre de la cartouche de sûreté m/m	Proportion de grisou %	Poids de poussières de charbon par mètre cube d'air gr.	Résultats des essais	OBSERVATIONS
1	Dynamite gomme no 1	1	26	»	8,0	»	●	Inflammation
2	id.	4	26	36	8,1	»	○	pas d'inflammation
3	id.	4	26	36	8,0	»	○	id.
4	id.	4	26	36	8,0	»	○	id.
5	id.	4	26	36	8,0	»	○	id.
6	id.	4	26	36	8,0	»	○	id.
7	id.	6	26	36	8,0	»	○	id.
8	id.	8	26	36	8,0	»	○	id.
9	id.	4	26	32	8,0	»	○	id.
10	id.	6	26	32	8,0	»	○	id.
11	id.	8	26	32	8,0	»	○	id.
12	id.	8	26	36	»	250	○	id.
13	id.	6	26	32	»	250	○	id.
14	id.	7	26	32	»	250	○	id.
15	id.	8	26	32	»	240	○	id.
16	id.	8	26	»	»	250	●	Inflammation
17	Ruptol	8	30	36	8,0	»	○	Pas d'inflammation
18	id.	1	30	»	8,0	»	●	Inflammation
19	id.	3	30	»	»	250	○	id.
20	id.	8	30	36	»	250	○	Pas d'inflammation
21	Fractorite	5	30	»	8,0	»	○	Inflammation
22	id.	8	30	36	8,0	»	○	Pas d'inflammation
23	id.	8	30	36	»	250	○	id.
24	id.	8	30	36	8,0	»	○	Inflammation
25	id.	5	30	»	»	250	●	id.

Plat. 8. — Plammivore 3 bis.
700 grammes. — 7 cartouches en une file. Sans gaine.

