

BUREAU DE RECHERCHES GÉOLOGIQUES ET MINIÈRES

SERVICE GÉOLOGIQUE NATIONAL

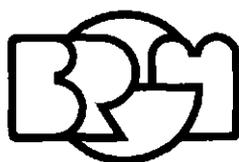
B.P. 6009 - 45060 Orléans Cédex - Tél.: (38) 63.80.01

**MÉMENTO SUBSTANCES UTILES
(MATÉRIAUX DE CARRIÈRE)**

DIATOMITE

par

Mme M. DELFAU



Département matériaux

B.P. 6009 - 45060 Orléans Cédex - Tél.: (38) 63.80.01

79 SGN 158 MTX

1ère édition : Décembre 1979

S O M M A I R E

INTRODUCTION

1 - <u>ECONOMIE ET MARCHÉ</u>	2
1.1. Bilan statistique pour la France.....	2
1.2. Prix 1979.....	2
1.3. Répartition de la production nationale.....	2
1.4. Répartition de la production mondiale.....	2
1.5. Structures industrielles.....	2
2 - <u>GÉOLOGIE</u>	4
2.1. Genèse.....	4
2.1.1. Conditions de prolifération des diatomées.....	4
2.1.2. Autres conditions nécessaires à la formation d'un gisement et à sa conservation.....	5
2.2. Gisements français.....	5
2.2.1. Gisement de collandres près de Riom-es-Montagnes (Cantal)	5
2.2.2. Gisement de Virargues, près de Murat (Cantal).....	5
2.2.3. Gisement de la montagne d'Andance à St Bauzile (Ardèche).....	6
3 - <u>PRINCIPALES CARACTÉRISTIQUES DE LA DIATOMITE</u>	6
4 - <u>SECTEURS D'UTILISATION DES DIATOMITES</u>	7
4.1. Filtration.....	7
4.2. Charges.....	10
4.3. Utilisations diverses.....	10
4.3.1. Isolation - Réfractaires.....	10
4.3.2. Abrasifs.....	10
4.3.3. Emplois en laboratoire.....	10
5 - <u>SPECIFICATIONS INDUSTRIELLES ET CRITÈRES DE SÉLECTION</u>	11
5.1. Spécifications industrielles.....	11
5.1.1. Filtration.....	11
5.1.2. Charges.....	13
5.1.3. Abrasifs.....	14
5.2. Critères d'exploitabilité des gisements.....	14
5.2.1. Qualités du matériau brut.....	14
5.2.2. Conditions d'exploitation.....	14
6 - <u>TRAITEMENT</u>	17
7 - <u>PRODUITS DE SUBSTITUTION</u>	19

INTRODUCTION

Les diatomites sont des roches siliceuses légères, poreuses, de couleur claire, constituées essentiellement de frustules de diatomées (algues unicellulaires siliceuses).

Par extension, le terme diatomite est souvent utilisé pour tout matériau siliceux léger. Or il faut distinguer :

- les dépôts de diatomées = diatomite (origine végétale),
- les dépôts composés de spicules d'éponges siliceuses = spongolite (origine animale),
- les dépôts composés de radiolaires, protozoaires unicellulaires (origine animale).

Ces dernières formations siliceuses d'origine animale ont été longtemps dénommées "tripoli" ou "poudre à polir" ou "kieselghur". Actuellement, le terme "kieselghur" est synonyme de "diatomite".

Aujourd'hui, on réserve le terme "tripoli" à une silice plus ou moins friable, microcristalline, très fine résultant du lessivage de calcaires siliceux ou de cherts calcaires.

1 - ECONOMIE ET MARCHÉ

1.1. Bilan statistique pour la France (cf tableau 1)

On constate depuis 1972 une stagnation de la production brute aux environs de 200 000 t/an avec une légère baisse en 1975 (180 000 t) ; l'année 1978 cependant a été marquée par une légère augmentation de la production qui dépasse pour la première fois les 210 000 t. Cette même année voit un net accroissement des exportations (surtout poudre et morceaux) ce qui permet à la balance commerciale de subir un accroissement en valeur de 67 %. Les échanges commerciaux se font essentiellement avec les USA et l'Allemagne Fédérale pour les importations et avec l'Allemagne Fédérale, le Bénélux, l'Italie et l'Espagne pour les exportations.

1.2. Prix 1979

Les prix s'entendent départ usine après séchage et calcination : la tonne de diatomite calcinée est vendue au plus bas prix 1 300 F.

Cependant, quelques milliers de tonnes sont vendues brutes. Il s'agit de diatomite de qualité insuffisante pour les emplois en filtration, destinée donc à la fabrication de briques calorifuges. Cette production est vendue aux environs de 30 - 40 F/t.

Les statistiques montrent une petite production de tripoli. Les prix de vente pratiqués sont nettement moins élevés : environ 400 F/t de poudre. Ceci est dû au fait que le produit subit un traitement moins coûteux (séchage, broyage) et qu'il ne s'agit pas d'un produit de qualité identique à la diatomite, ni destiné aux mêmes usages.

1.3. Répartition de la production nationale

La totalité de la production de diatomite est concentrée dans le Sud du Massif Central : dans le Cantal à Riom-es-Montagnes et Murat et dans l'Ardèche à St-Bauzile, la production ardéchoise représentant environ 50 % du total extrait.

1.4. Répartition de la production mondiale

Le rang de premier producteur mondial revient aux USA avec une production annuelle de 588 000 t, suivi par l'URSS (430 000 t), la France vient en troisième position (210 000 t/an) loin devant l'Allemagne Fédérale qui, avec ses 55 000 t/an occupe le quatrième rang, avant la Roumanie (40 000 t/an), l'Italie (35 000 t/an), l'Islande (23 000 t/an). La production française représente 11 % de la production brute mondiale.

1.5. Structures industrielles

Les trois gisements français de diatomite actuellement exploités sont entre les mains de deux grandes sociétés :

- CECA (Carbonisation Et Charbons Actifs) : faisant partie du grand groupe financier Paribas. Cette société possède de nombreuses filiales et agences à l'étranger (Grande Bretagne, Belgique, Espagne, RFA, Italie, Pays-Bas, etc...).

Tableau 1 : bilan statistique pour la France

	Quantités en 1000 t					Valeur en 1 000 F				
	1968	1975	1976	1977	1978	1968	1975	1976	1977	1978
<u>Production brute</u>										
- diatomite	157,0	180,3	205,0	197,4	210,7	3 630	4 580	5 410	4 940	6 175
- tripoli	13,7	7,8	5,4	?	~ 5					
<u>Importations</u>										
- poudre, mor- ceaux	7,0	7,7	6,9	5,3	8,9	3 076	5 996	5 961	4 969	7 275
- briques calo- rifuges	1,4	1,2	1,3	2,6	1,4	600	1 531	1 969	3 433	2 107
<u>TOTAL IMPORT.</u>	8,4	8,9	8,2	7,9	10,3	3 676	7 527	7 930	8 402	9 482
<u>Exportations</u>										
- poudre, mor- ceaux	17,7	18,2	17,6	19,4	25,0	5 484	14 741	15 762	19 722	27 904
- briques calo- rifuges	2,8	3,1	2,3	3,3	4,5	2 500	4 246	5 220	7 226	12 522
<u>TOTAL EXPORT.</u>	20,5	21,3	19,9	22,7	29,5	7 984	18 987	20 982	26 948	40 426
<u>Balance commer- ciale</u>	+ 12,2	+ 12,4	+ 11,7	+ 14,8	+ 19,2	+ 4 308	+ 11 460	+ 13 052	+ 18 546	+ 30 944
Import/export										

Elle exploite, en France, les gisements de Riom-es-Montagnes (Cantal) et de St-Bauzile (Ardèche) et vient ainsi en tête de la production nationale ; les produits sont destinés à la fabrication d'adjuvants de filtration pour les liquides alimentaires (bière, vin) essentiellement (70 % de la production), et les produits pétrochimiques et pharmaceutiques (20 % de la production) ; les 10 % restants représentent les utilisations diverses (charges comprises).

- Johns-Manville-France est la filiale française de Johns-Manville-Corporation-USA, premier producteur mondial exploitant le célèbre gisement californien de diatomites situé à Lompoc. En France J.M. exploite le gisement de Murat (Cantal) destiné principalement à la fabrication d'adjuvants de filtration.

2 - GEOLOGIE

2.1. Genèse

Si les diatomées ne sont pas spécifiques d'une période géologique, on constate un développement plus important de ces algues au Tertiaire et au Quaternaire. Cependant, les multiples variétés de diatomées sont caractéristiques du milieu dans lequel elles se sont développées ; deux grands types de gisements peuvent être distingués : les gisements marins et les gisements lacustres.

2.1.1. Conditions de "prolifération" des diatomées

- Dans tous les cas, deux conditions essentielles doivent être réunies pour que les diatomées se multiplient et croissent en quantité telle qu'il y ait accumulation notable :

- . le milieu de sédimentation doit être calme,
- . le milieu ambiant doit être une eau riche en silice libre.

Les zones de volcanisme intense constituent des contextes géologiques particulièrement favorables à cet égard, ainsi que le démontre la localisation de la plupart des grands gisements mondiaux (cf : France par exemple).

Ces deux conditions peuvent cependant parfois être réunies dans un contexte glaciaire (lacs) non lié au volcanisme. En général, les diatomites qui en résultent présentent une moins grande pureté que celles des gisements liés au volcanisme (Allemagne du Nord et Danemark).

- Par ailleurs, d'autres facteurs doivent être réunis afin que les diatomées se développent abondamment :

. température basse (condition réalisée en altitude, ou pendant les périodes glaciaires, ou dans des eaux profondes),

. degré d'éclairement suffisant des eaux (condition réalisée en profondeur seulement si les eaux sont pures)

. présence d'éléments nutritifs : les phosphates, les nitrates et dans une moindre mesure, le cuivre, le cobalt et le fer favorisent une croissance accélérée des diatomées.

A titre d'exemple, notons que les formations volcaniques sont plus riches en P_2O_5 que les formations granitiques et cristallophyliennes, et qu'un volcanisme basique (type basalte) est plus favorable qu'un volcanisme acide (type rhyolite).

. en milieu lacustre, présence de sources minérales (les sels minéraux dissous dans les eaux étant plus facilement assimilés que ceux présents dans les formations de substratum).

2.1.2. Autres conditions nécessaires à la formation d'un gisement et à sa conservation

Mis à part ces divers facteurs nécessaires à une bonne croissance des diatomées, une accumulation notable en milieu terrestre ne pourra se constituer que dans des zones favorables ou pièges (zones constituées par des dépressions ennoyées d'origine plus ou moins complexe, telle que dépressions glaciaires, fonds de vallées barrées par coulées volcaniques ou moraines, fonds de cratères).

Ajoutons à ceci, que les conditions de sédimentation doivent se maintenir stables pendant une période de temps de plusieurs milliers d'années.

Enfin, la diatomite étant une roche très tendre, seuls subsisteront les gisements ayant été protégés de l'érosion par un recouvrement tel qu'une coulée basaltique comme à St Bauzile (Ardèche) et Riom-es-Montagnes (Cantal) ou une épaisse moraine glaciaire comme à Murat (Cantal).

2.2. Gisements français

Les trois gisements exploités en France sont des dépôts "lacustres" situés dans les complexes volcano-sédimentaires du Cantal et des Coirons.

2.2.1. Gisement de collandres près de Riom-es-Montagnes (Cantal) = La Bède 766

Le gisement actuellement exploité à la Bède, au Sud de Collandres, s'est mis en place au Miocène moyen dans un lac temporaire, au cours de la période précédant l'épisode effusif des "basaltes des plateaux". Il repose sur une première formation : la brèche inférieure, riche en blocs volcano-sédimentaires (granite, gneiss provenant du socle) et surtout roches volcaniques variées) emballés dans un ciment pélitique.

Le gisement de diatomite, épais de 40 à 50 m s'est trouvé rapidement protégé de l'érosion et de la pollution par une coulée de basalte épaisse d'environ 50 - 60 m. La qualité de la diatomite y est extrêmement pure : une seule espèce de diatomées a été rencontrée sur toute la puissance du gisement exploité en souterrain.

Le produit brut est traité à l'usine de Riom où il subit le traitement classique de calcination avec ou sans flux. (cf : traitement).

2.2.2. Gisement de Virargues près de Murat (Cantal) = Murat 788

Ce gisement est attribué au post-Villafranchien (Pliocène supérieur) ; F. Fournier - 1965 - estime qu'un tel dépôt a demandé une période de sédimentation d'environ 50 000 ans. Il est constitué d'alternances de couches de diatomées benthiques et de diatomées pélagiques, qui ont été protégées de l'érosion et des pollutions par une moraine glaciaire épaisse de plus de 25 m. L'exploitation du site se fait à ciel ouvert avec un rapport $\frac{D}{E}$ n'excédant pas 1,5.

2.2.3. Gisement de la Montagne d'Andance à St-Bauzile (Ardèche) 841

La Montagne d'Andance forme un petit massif bien individualisé sur les marnes crétacées. Le sommet est constitué par une table basaltique (post-Pliocène) déprimée en son centre et qui recouvre une épaisse série de dépôts volcano-sédimentaires accumulés vraisemblablement dans un cratère d'explosion ennoyé. Le flanc Est de la montagne présente des affleurements de diatomite qui font l'objet d'une exploitation intense à ciel ouvert ; leur puissance atteint jusqu'à 50 m. Le flanc Ouest, actuellement abandonné, a été exploité en galeries à différents niveaux jusqu'en 1959. Le flanc Nord montre un contact direct des basaltes et des marnes valanginiennes.

La table basaltique supérieure (de faible épaisseur sur les bords mais de 50 m au centre) est traitée en découverte et ne pose pas de problèmes de terrassement et de déroctage particuliers .

L'exploitation est menée de façon sélective ; le gisement présente en effet deux niveaux de diatomites nettement distincts : sur niveau supérieur de diatomite blanche plus ou moins polluée en surface par des oxydes de fer ; sur niveau inférieur de diatomite plus pure, de couleur verte.

Le gisement présente ici des alternances de couches de diatomées benthiques et de diatomées pélagiques. Il y a souvent association à des carbonates, à de l'argile, à des sables et à des matériaux d'origine effusive en proportions variables.

3 - PRINCIPALES CARACTERISTIQUES DE LA DIATOMITE

- couleur : variable selon la nature des impuretés : blanche, grise, brune, rosée, verdâtre, ...

- masse volumique apparente :

. 0,13 t/m³ en poudre non tassée,

. 0,45 t/m³ en blocs séchés.

- dureté Mohs :

. 4,5 à 6,0 en particules

. 1,5 en masse

- indice de réfraction : 1,42 à 1,49

- PH : 6 à 8,5

- solubilité : insoluble dans les acides (sauf HF)

- capacité d'absorption : 3 à 4 fois son propre poids de liquide

- faible coefficient de conduction thermique

- composition chimique : le tableau 2 ci-après donne en exemple quelques analyses de diatomites de diverses provenances.

4 - SECTEURS D'UTILISATION DES DIATOMITES

De nombreuses applications industrielles du kieselguhr résultent de ses caractéristiques physico-chimiques : adjuvant de filtration et matière de charges sont les deux utilisations principales, en France comme aux USA. Notons cependant de nombreux autres champs d'application : isolation, abrasif, emploi dans le béton, adsorbant pour chromatographie, ...

4.1. Filtration

C'est dans ce domaine que l'utilisation de la diatomite est de beaucoup la plus importante.

Le but de la filtration est la séparation d'une phase solide et d'une phase liquide initialement combinées sous la forme d'une suspension ou "préfilt". La séparation se fait soit par l'intermédiaire d'une masse poreuse à travers laquelle la suspension s'écoule, soit en amenant le liquide à filtrer au-dessus d'un support (toile, feutre, membrane, grille, ...) sur lequel les particules se déposeront sous la forme d'un "gâteau" d'épaisseur croissante tandis que le liquide pur ("filtrat") est recueilli sous le support. Cette méthode fait intervenir l'emploi de produits ajoutés à la solution à filtrer ("adjuvants" de filtration) dans le but d'augmenter considérablement, proportionnellement à leur degré de finesse, la vitesse d'écoulement, et d'obtenir une filtration parfaite. C'est en tant qu'adjuvant de filtration que la diatomite est utilisée, après calcination avec ou sans flux, car elle répond aux exigences suivantes : inertie vis-à-vis du liquide à filtrer, insolubilité, incompressibilité, porosité, légèreté, ... L'adjuvant est introduit dans la suspension à raison de 0,5 - 0,10 % environ du poids de solution. Le tableau 3 montre l'importance du kieselguhr dans la filtration (liquides alimentaires, produits pharmaceutiques, ...).

Les adjuvants de filtration peuvent être utilisés de deux façons :

- soit comme additif au préfilt : ils se déposent avec les particules solides pour former un "gâteau" mixte dont la perméabilité est supérieure à celle d'un gâteau simple, d'où amélioration de la filtration.

- soit comme paroi poreuse très perméable, qui présentera l'avantage de pouvoir être "pelée" mécaniquement par couches ultra-minces. L'élimination du gâteau en est facilitée, notamment dans le cas des filtres rotatifs.

Par ailleurs, si l'on ajoute à la solution déjà chargée un agent blanchissant (terre à foulon par exemple) le liquide à filtrer sera en même temps décoloré.

Dans le cas de filtration de liquides coûteux, tels que les antibiotiques, (il faut se souvenir que la diatomite peut retenir 3 à 4 fois son propre poids de liquide), il est aisé de récupérer la totalité du produit par simple lavage du gâteau avec un liquide bon marché qui se substitue au précédent.

Tableau 2 : composition chimique d'échantillons de kieselguhr provenant des différents gîtes reconnus dans le monde

	USA	Japon	URSS	Allemagne	France		Algérie
	Lompoc (N. Comte Santa Barbara) Californie (1)	Terre de Nilgata (1)	Kamychlov (Oural) (1)	Hanovre (1)	Auvergne (3)	Ardèche (2)	Oran (1)
SiO ₂ %	88,60	86,0	72,92	79,72	91,6	95,6	58,40
Al ₂ O ₃	3,72	5,8	6,58	4,52	1,5	1,8	1,66
Fe ₂ O ₃	1,50	1,6	3,56	4,33	2,2	1,3	1,55
TiO ₂	0,20	0,22	0,48	0,34	-	0,4	0,10
P ₂ O ₅	0,10	0,03	-	0,63	-	-	0,20
CaO	0,60	0,70	1,43	4,17	0,2	0,5	13,80
MgO	0,60	0,29	0,98	0,98	0,3	-	4,57
Na ₂ O	0,50	0,48	0,65	0,38	-	-	0,96
K ₂ O	0,50	0,53	0,72	1,16	-	-	0,50
Perte au feu	3,70	4,4	4,91	2,39	3,4 (H ₂ O 2,4)	3,8	17,48 (CO ₂ 13,9)
Totaux	100,02	100,0	99,3	100,21	99,2		99,22

(1) cité par Cummins A. - 1960 -

(2) cité par CECA

(3) cité par Baud P. - 1951 -

TABLEAU 3 : Adjuvants utilisés en filtration.

Liquide filtré	Type de filtre	Adjuvants utilisés				
		Diatomite	Perlite	Cellulose	Amiante	Charbon
Sucrierie de betteraves	F.P.	x	x			
Sirops	F.P.P.	x	x			
Soude caustique	F.P.	x		x		x
	F.P.P.	x		x		x
Bière, préfiltration	F.P.P.	x	x			
	F.P.P.	x			x	
	F.H.P.	x			x	
	E.P.	x			x	
	E.P.P.	x	x			
Vin	E.P.	x		x	x	
	E.P.P.	x		x	x	
Gélatine	E.P.P.	x			x	
	F.P.	x			x	
Eau	E.P.P.	x	x	x		
	F.R.P.	x	x			
Résines synthétiques	F.P.	x	x			
	F.P.P.	x	x			
	F.H.P.	x	x			
Soufre fondu	F.P.	x	x	x		x
	F.P.P.	x	x	x		x
Antibiotiques	F.P.P.	x	x			
	F.P.	x	x			
	F.R.P.	x	x			
Vernis	F.P.	x	x			
	F.H.P.	x	x			
	F.P.P.	x	x			
Solvants	F.P.P.	x	x			
Huiles et graisses	F.P.	x	x		x	
	F.P.P.	x	x		x	
	F.H.P.	x	x			
Additifs des huiles	F.P.	x	x			
	F.P.P.	x	x			
	F.R.P.	x	x			
Glycérine	F.P.	x				
	F.P.P.	x				
Gommes et adhésifs	E.P.	x	x			
	F.P.P.	x	x			

F.R.P. = filtre rotatif à précouche. — F.P.P. = filtre-presse à plaques. — F.P. = filtre à plateaux. — F.H.P. = filtre horizontal à plateaux.

4.2. Charges

L'utilisation de la diatomite (calcinée ou non) comme matière de charge est le deuxième débouché de ce produit, notamment dans l'industrie des peintures et vernis et accessoirement dans la fabrication des papiers et cartons. Son emploi en tant que charge est lié à la structure particulière de cette variété de silice, mais également à sa blancheur, son pouvoir absorbant, son PH, son indice de réfraction et son inertie chimique.

Dans les peintures, la diatomite sert de support aux pigments et leur confère des qualités précieuses : les particules siliceuses donnent à la peinture un aspect mat en rendant légèrement rugueux le film de peinture naturellement lisse et brillant ; meilleur effet couvrant et meilleure adhérence permettent de lutter contre la formation de cloques ; temps de séchage amélioré, durabilité accrue des peintures, ...

4.3. Utilisations diverses

4.3.1. Isolation / réfractaire

Une faible part de la diatomite brute sert à la confection de briques isolantes, par adjonction d'argile. Les briques fabriquées sont destinées à garnir certains fours soumis à des températures moyennes : 800 - 900° C (fours de boulangerie, ...). Pour cet usage, on emploie les diatomites ne pouvant convenir à la filtration, par exemple, lorsqu'il y a présence de calcaire (c'est le cas de la base du gisement de St-Bauzile dans l'Ardèche).

Le retrait à la cuisson peut être diminué par addition de kieselguhr calciné intervenant comme dégraissant.

D'autre part, la diatomite peut être utilisée sous forme de poudre (calcinée ou non) de bourrage venant renforcer l'effet isolant des matériaux réfractaires de certains fours.

4.3.2. Abrasifs

Les abrasifs naturels étant répertoriés selon trois classes en fonction de leur dureté (dureté > 7, dureté comprise entre 5,5 et 7, dureté < 5,5), la diatomite est utilisée comme abrasif doux de troisième classe. Elle sert au polissage de matériaux à base de verre, de métaux, de plastiques, de pierres précieuses, ... De nombreux produits de nettoyage et polish de carrosseries automobiles contiennent de la terre à diatomées. Elle entre également dans la composition de certains produits d'entretien ainsi que dans des savons et pâtes dentifrices.

4.3.3. Emplois en laboratoire

- chromatographie :

Grâce à son inertie chimique, le kieselguhr sert de substance adsorbante pour la chromatographie en phase liquide et en phase gazeuse. Il appartient comme l'alumine, le gel de silice, la chaux, l'amidon au groupe des adsorbants polaires.

Il sert aussi de remplissage dans les colonnes pour chromatographie de partage : en effet, de même que le gel de silice, c'est un adsorbant pour l'eau et l'on prépare ainsi des colonnes pour le partage entre l'eau et un solvant organique non miscible. Les colonnes sont faites de silice ou de kieselguhr hydrofugés par imprégnation aux vapeurs de diméthylchlorosilane.

- support de catalyse et catalyse

Diverses industries chimiques utilisent la terre à diatomées comme support de catalyseurs formés de métaux dans des synthèses industrielles de substances organiques. Pendant de nombreuses années, le nickel à support de kieselguhr servait comme catalyseur dans les procédés d'hydrogénation en chimie organique. De la même façon, le kieselguhr sert de support aux catalyseurs à base de vanadium, si importants pour oxyder l'anhydride sulfureux dans l'industrie de l'acide sulfurique.

La diatomite entre dans de nombreuses autres fabrications : insecticides, aliments du bétail (support de vitamine), engrais (agent d'enrobage pour les engrais granulés), stockage des produits dangereux (bouteilles à acétylène)...

5 - SPECIFICATIONS INDUSTRIELLES ET CRITERES DE SELECTION

5.1. Spécifications industrielles

5.1.1. Filtration

Malgré l'absence de normes françaises, la diatomite doit cependant répondre à certains critères fixés par les utilisateurs, comme en témoigne l'extrait de la Pharmacopée situé en annexe.

- granularité : la plus resserrée possible, comprise entre 20 et 80 μ ; variable selon les liquides à filtrer,

- forme des frustules : selon que les diatomées seront arrondies ou en aiguilles, elles filtreront des liquides de natures différentes et à des vitesses diverses,

- porosité > 0,75

- SiO_2 > 90 %

- absence de carbonates

- Fe_2O_3 < 1,3 %

- perte au feu : c'est un indice de qualité ; elle doit être aussi réduite que possible car elle correspond à des matières non actives au point de vue filtration.

Le tableau 4 indique, à titre d'exemple, les propriétés essentielles de diverses qualités de diatomites commercialisées aux USA pour filtration.

Tableau 4 : caractéristiques de diverses diatomites utilisées aux USA comme agent filtrant

	Color	Masse volumique apparente t/m ³		Screen Analysis % Retained 0,104 mm	pH	Masse volumique absolue	Water Absorption	Relative Flow Rate	Typical Applications Filtration
		Dry	Wet						
Calcedined Natural	Gray	0,11	0,25	1,0	7,0	2,10	235	100	Vegetable oil catalyst
	Pink	0,13	0,34	-	7,0	2,15	170	135	Apple juice
	Pink	0,13	0,28	3,0	7,0	2,15	255	200	Beer and wine
	Pink	0,13	0,29	4,0	7,0	2,15	250	300	Sugar
	White	0,14	0,28	5,0	10,0	2,30	245	500	Dry cleaning solvents chemicals, etc (most widely used filter aid)
Flux calcedined	White	0,15	0,27	8,0	10,0	2,30	250	750	Grape juice
	White	0,15	0,28	9,0	10,0	2,30	240	900	Industrial and potable water
	White	0,19	0,23	9,0	10,0	2,30	245	1 350	Industrial wastes
	White	0,19	0,29	12,0	10,0	2,30	240	2 160	Swimming pools
	White	0,29	0,34	20,0	8,0	2,30	220	2 380	Pharmaceuticals
	White	0,31	0,32	50,0	10,0	2,30	220	7 500	Phosphoric acid

Si l'adjuvant de filtration améliore la filtration de par ses propriétés, son rôle ne pourra être rempli que si le choix de l'adjuvant est parfaitement adapté au type de filtration ; il est donc impératif de connaître également les caractéristiques du produit à filtrer notamment :

- la variable température - viscosité,
- la concentration en solide,
- la dimension moyenne des particules ou leur répartition granulométrique,
- la structure de ces particules,
- le PH,
- l'oxydabilité.

Il faut également connaître :

- la rétention de filtrat admise par le gâteau,
- le temps imparti de filtration pour un volume donné,
- le but de la filtration : clarification ou extraction.

Tests de contrôle :

Un agent filtrant devra posséder des propriétés constantes ; aussi, au cours de sa fabrication, lui fera-t-on subir des tests de contrôle tels que : analyses granulométrique et chimique (cette dernière sera réalisée moins fréquemment), mesure de la densité de gâteau (masse de diatomées contenues dans un volume d'agent filtrant humide; ce critère permet d'évaluer la limite de la durée d'un cycle de filtration), mesure de la vitesse de filtration (indique la durée du cycle de filtration).

5.1.2. Charges

En tant que telles, la diatomite est très peu utilisée en France et en Europe où l'on utilise des produits de charge d'autre origine (kaolin, talc, ...) ; elle ne fait pas l'objet d'une norme française particulière. Cependant, on peut s'appuyer sur celles concernant les autres produits de charge pour définir une bonne diatomite apte à cet emploi.

D'une manière générale, elle devra présenter une bonne blancheur (> 70 %) et une grande finesse (< 10 μ). Les qualités comportant un peu de carbonates qui les rendent non utilisables en filtration, peuvent contenir dans le secteur des charges. Notons cependant que ces dernières ne correspondent pas toujours à des qualités moyennes de diatomite : en effet, en art dentaire, est utilisé un produit de très haute qualité, bien que résultant du traitement de la diatomite pour filtration.

Le tableau 5 montre les caractéristiques principales de diatomites employées comme matières de charges, selon les secteurs d'utilisation, commercialisées aux USA.

5.1.3. Abrasifs

D'emploi peu fréquent dans ce secteur, du moins pour les productions françaises, les diatomites utilisées répondent aux critères suivants :

- SiO_2 : 70 à 90 %,
- Al_2O_3 : 2 à 10 %,
- eau, fer, divers : 5 %,

Le tableau 6 indique les principales caractéristiques des diatomites utilisées aux USA comme abrasifs.

5.2. Critères d'exploitabilité des gisements

5.2.1. Qualités du matériau brut

- Il n'existe pas de normes standard définissant la diatomite. Les seuls critères sur lesquels on peut se baser pour dire qu'un gisement est exploitable sont ceux des gisements actuellement exploités :

- $\text{SiO}_2 > 90$ % pour les emplois en filtration,
- $\text{SiO}_2 \geq 70$ % pour les emplois moins nobles.

Si la teneur en SiO_2 est un facteur important de sélection (indiquant la plus ou moins grande pureté du matériau), bien d'autres facteurs doivent être pris en compte notamment :

- $\text{Fe}_2\text{O}_3 < 1,3$ % pour les usages nobles (filtration, charge),
- la couleur qui permet de savoir si le produit est utilisable comme matière de charge,

~ une faible masse volumique apparente, très inférieure à 1 et descendant parfois jusqu'à $0,1 \text{ t/m}^3$ (sec) indique l'absence de pollutions solides telles que sable et argile. Une faible densité indique également le type de diatomées et leur degré de consolidation qui sont deux facteurs importants ; une diatomite ne doit pas être trop consolidée sinon elle devient difficile à broyer et il y a risque de destruction des frustules.

5.2.2. Conditions d'exploitation

En général, l'exploitation sera menée à ciel ouvert. Les exploitations actuelles présentent un rapport :

$$\frac{D}{E} \sim 1 \quad (D = \text{découverte} + \text{niveaux stériles intercalés dans le gisement})$$

Tableau 5 : caractéristiques de diatomites utilisées aux USA comme charges

Application	Paper		Paint		Conditionning Agent		Anti-Blocking Agent	Reinforcing Agent
	Cylinder Machine Production	Fourdrinier Production	High Flatting	Low Luster Stir-in	Toxicant Extender	Fertilizer Coating	Polyethylene	Rubber
Loose wt, t/m ³	0,11	0,12	0,13	0,12	0,12	0,13	0,15	0,14
Wet density, t/m ³	0,32	0,36	0,32	0,30	0,36	0,31	0,33	0,38
Moisture content, %	4,0	3,0	0,5	0,1	4,0	3,3	0,1	0,3
Retained on 0,104 mm % wt	-	0,1	Trace	0	0,1	0,1	0	0,1
Retained on 0,043 mm % wt	8,0	0,4	1,2	Trace	0,4	3,0	Trace	0,7
Oil absorption, % wt	210	180	145	160	180	190	160	150
Color	Gray	Gray	White	White	Gray	Gray	White	Pink
Brightness, TAPPI	65	63	88	89	63	59	90	60
Hegman	-	-	1	4	-	-	5	-
Sheen	-	-	12	15	-	-	30	-
Specific gravity (apparent)	2,0	2,0	2,3	2,3	2,0	2,0	2,3	2,2
pH	6,6	6,2	8,7	9,5	6,2	7,1	9,8	6,5
Resistivity, ohms	3 000	3 000	13 000	7 400	3 000	4 000	6 500	30 000
Refractive index	1,42	1,42	1,48	1,48	1,42	1,42	1,48	1,44
Surface area, sq m per g	20-30	20-30	0,7-3,5	0,7-3,5	20-30	20-30	0,7-3,5	4-6
Porosity, %	65-85	65-85	65-85	65-85	65-85	65-85	65-85	65-85
Particle size range μ	8-1	4-1						
Valley Iron Abrasion mg	440	170	850	495	170	410	390	300

Tableau 6 : caractéristiques de diatomites utilisées aux USA en tant qu'abrasifs

Application	Abrasives		
	Silver Polish	Automobile Polish	Buffing Compound
Loose wt, t/m ³	0,14	0,14	0,17
Wet density, t/m ³	0,35	0,42	0,27
Moisture content, %	4,1	0,1	0,5
Retained on 0,104 mm, % wt	Trace	0	5,6
Retained on 0,043 mm, % wt	0,3	0,1	19,6
Oil absorption, % wt	190	120	185
Color	Gray	White	White
Brightness, TAPPI	64	91	86
Hegman	4 1/2	3 3/4	-
Sheen	50	50	-
Specific gravity (apparent)	2,0	2,3	2,3
pH	6,5	9,2	8,9
Resistivity, ohms	3 000	5 000	9 000
Refractive index	1,42	1,48	1,48
Surface area, sq.m.per g.	20-30	0,7-3,5	0,7-3,5
Porosity, %	65-85	65-85	65-85
Particle size range, μ			
Valley Iron Abrasion, mg	140	375	1 900

Cependant, ce taux limite de recouvrement est étroitement lié à la qualité du matériau qui pourra se vendre à des prix/t sensiblement différents selon qu'il pourra être utilisé ou non en filtration ou comme charge.

La valeur d'un gisement est également conditionnée par :

- le volume des réserves qui devra assurer une activité d'au moins 20 ans,

- sa position géographique : il est impératif de pouvoir installer à proximité immédiate du gisement l'usine de traitement de façon à éviter le transport du produit brut.

6 - TRAITEMENT

L'exploitation des gisements de diatomite se pratique dans la quasi-totalité des cas à ciel ouvert en ayant recours à tous les moyens matériels classiques.

Suivant les emplois, les modalités de traitement sont les suivantes :

- séchage - broyage,
- calcination simple,
- calcination en présence de flux (activation).

Cette dernière modalité est la plus employée pour les applications nobles des diatomites. (cf schéma ci-après)

- séchage - broyage : cette opération, réalisée vers 600° C en une ou deux phases (dans un séchoir ou dans un sècheur-broyeur à broche) conduit l'obtention d'un produit contenant 4 à 5 % d'humidité (le produit brut en contenait 50 à 60 %).

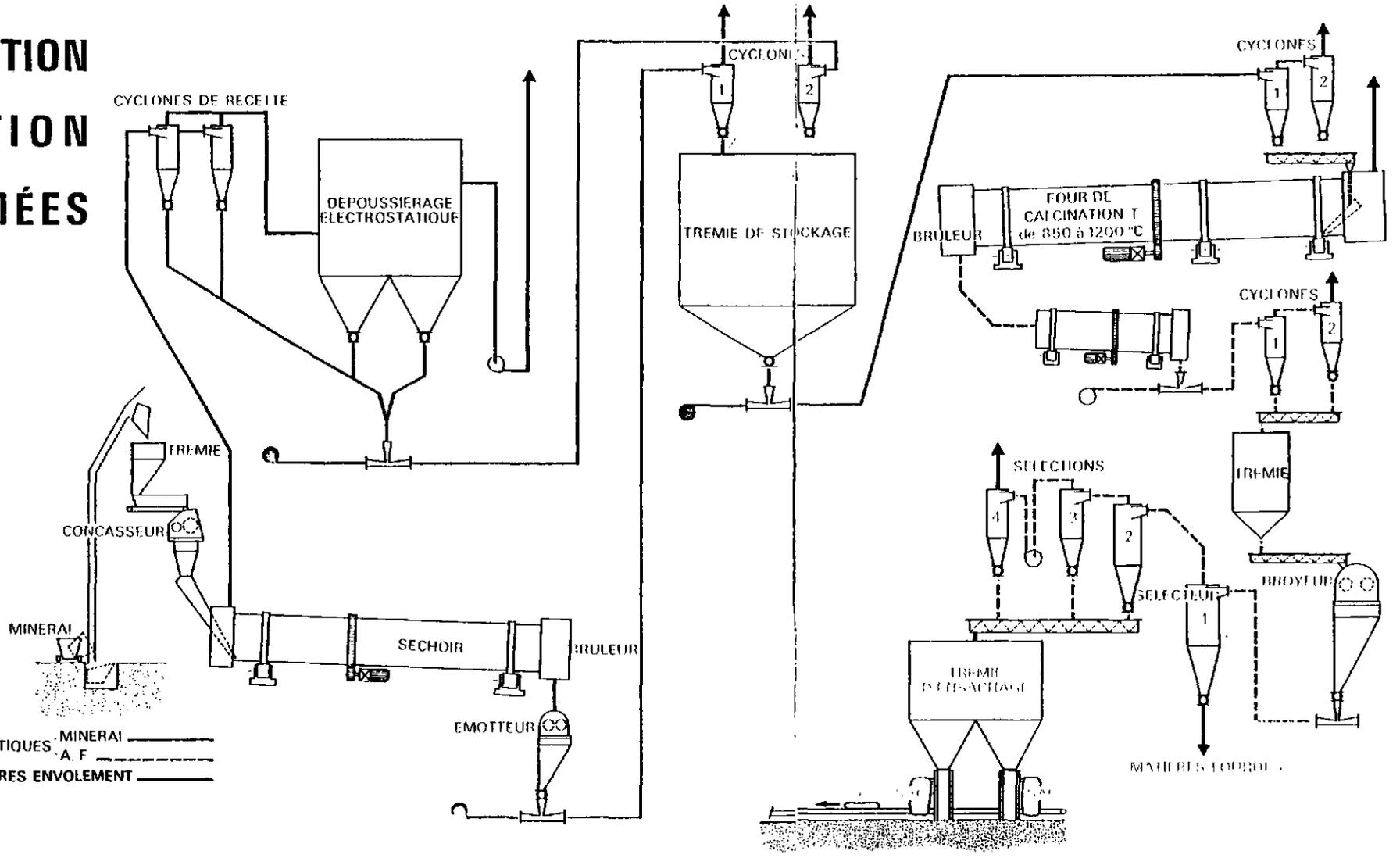
- calcination simple : elle est réalisée dans un four rotatif aux environs de 1 000° C, et permet d'obtenir un produit rosé (oxydation de fer), de très fine granularité.

- calcination de flux (activation) : elle est réalisée en présence d'un fondant (carbonate de sodium) ajouté à raison de 5 à 10 % en poids. Cette activation fournit un produit de très haute qualité, très blanc, ayant subi un début de vitrification ; ainsi le fer, bien que toujours présent, se trouve masqué et est rendu inactif. Par ailleurs, les grains sont de taille légèrement supérieure, du fait de ce début de vitrification (variations de granularité => variations des caractéristiques de filtration).

Remarques :

- les matières organiques, gênantes au-delà de 3 % sont éliminées lors de la calcination,

CALCINATION SÉLECTION DIATOMÉES



CIRCUITS PNEUMATIQUES MINÉRAI ———
 A. F. - - - - -
 CIRCUITS POUSSIÈRES ENVOLEMENT ———

- les autres impuretés (sables, fines, grilles) disparaissent grâce à leur densité et à leur granularité différentes de celle de la diatomite : en effet, s'opèrent en divers endroits du circuit de traitement des classifications par densité grâce au système de circulation pneumatique des produits,

- certaines préparations de diatomite utilisées en chromatographie subissent un traitement acide et un traitement aux silicones de façon à activer le produit.

7 - PRODUITS DE SUBSTITUTION

Selon le domaine d'emploi et dans certains cas seulement, la diatomite peut être remplacée par quelques autres produits.

En filtration et plus précisément en glucoserie, la perlite peut se substituer à la diatomite car dans ce cas on ne demande pas à l'agent filtrant d'avoir également un rôle de clarification ; en effet, si la perlite possède un pouvoir filtrant élevé, il n'en est pas de même de son pouvoir clarifiant. Par contre, elle présente l'avantage de pouvoir, lorsque son utilisation est possible, être utilisée en quantité moindre.

Les autres adjuvants de filtration (cellulose, amiante, charbons) ne sont utilisés que dans des cas spéciaux, du fait de leur coût plus élevé et de leurs propriétés différentes (clarification).

En conclusion, la plupart des filtrations (alimentaires) doit faire appel à la diatomite, parfois cependant en mélange avec un autre adjuvant.

Le deuxième secteur utilisant la diatomite est celui des charges, qui par ailleurs ne l'utilise qu'en assez faible quantité, les charges essentielles étant le kaolin et le talc. Dans les peintures, insecticides, explosifs... on peut lui substituer la silice globulaire. En isolation, cette variété de silice peut également remplacer la diatomite. La perlite et la vermiculite sont encore plus largement utilisées.

BIBLIOGRAPHIE SOMMAIRE

- BROES (E.R.), 1963 - Les adjuvants de filtration - *L'Usine Nouvelle* - novembre - p. 129 - 136
- CARRIE (J.P.), 1970 - La filtration des liquides - *Bulletin S.F.C.*, n° 87, avril - juin, p. 1 - 21
- CHAMPREUX (Géologue CECA) - Notes inédites
- HILALI (A) et NATAF (M), 1970 - Le kieselguhr de Ras-Traf (province de Nador) et ses possibilités d'utilisation en génie civil - *Mines et métallurgie*, n° 31, p. 43 - 62, Rabat
- JEANBRUN (M), 1977 - La diatomite dans le Massif Central français - Géologie et principes de recherche - *Rapport B.R.G.M.* - 77 SGN 263 MCE
- Carte géologique à 1/50 000 : Riom-es-Montagne
- Industrial Minerals and Rocks - Nonmetallics other than fuels - 4ème édition - Ed/Stanley J. LEFOND - New-York - 1975
- Materials and technology - Volume II : Nonmetallics minerals and rocks - Longman Group LTD - Londres 1971
- Pharmacopée française - 9ème édition
- Statistiques annuelles de l'UNICEM de 1968 à 1976
- Statistiques de l'Industrie Minérale de 1968 à 1976
- Statistiques du commerce extérieur de la France - Importations - Exportations - 1968 à 1978
- Renseignements obtenus auprès de M. CHAMPREUX (Géologue CECA) et M. COULAUD (Directeur de l'usine CECA à St Bazile - Ardèche)

DIATOMITE POUR ŒNOLOGIE

KIESELGUHR - TERRE D'INFUSOIRES

Cette roche est constituée par des carapaces siliceuses de diatomées fossiles. Elle est employée à l'état pulvérulent comme adjuvant de filtration.

Caractères. — Poudre blanche, jaune clair ou rosée, insoluble dans les acides. L'examen microscopique avec un grossissement de 500 diamètres au moins permet d'identifier facilement cette substance.

Essai. — 1° *Perte à la dessiccation.* — Déterminée à l'étuve à 100°-105° sur 2,00 g de diatomite, la perte à la dessiccation ne devra pas être supérieure à 1 pour cent.

2° *Perte à la calcination.* — Calcinée à 600°, la diatomite desséchée dans les conditions de l'essai précédent ne devra pas perdre plus de 3 pour cent de son poids.

3° *Finesse de la poudre.* — Après dessiccation à 100°-105° jusqu'à poids constant, faites passer 5 g de diatomite à travers un tamis numéro 125. Le résidu restant sur le tamis ne devra pas être supérieur à 5 pour cent.

4° *Produits solubles dans les acides dilués.* — Traitez à l'ébullition 10 g de diatomite séchée à 100°-105° par 20 ml d'acide chlorhydrique concentré (R_x) et 100 ml d'eau; recueillez la diatomite sur un filtre sans cendres en recevant le filtrat dans un ballon jaugé de 200 ml, lavez le résidu à l'eau distillée en portant au trait de jauge avec les eaux de lavage. Après dessiccation à 100°-105°, et incinération séparée du filtre, le résidu insoluble devra peser 9,8 g au moins.

5° *Arsenic.* — Procédez à la recherche de l'arsenic sur 4 ml de solution obtenue dans l'essai *Produits solubles dans les acides dilués* par la méthode générale décrite page II - 196 (5 ppm).

6° *Fer.* — A 2 ml de la solution obtenue dans l'essai *Produits solubles dans les acides dilués*, ajoutez 8 ml d'eau distillée, 5 ml de solution de thiocyanate de potassium à 5 pour cent (R_x). La coloration obtenue ne devra pas être plus intense que celle d'un témoin préparé avec 6 ml d'une solution de sel ferrique à 0,010 g de fer pour mille (R_x), 1 ml d'acide chlorhydrique concentré (R_x), 3 ml d'eau et 5 ml de solution de thiocyanate de potassium à 5 pour cent (R_x) (600 ppm).

7° *Métaux lourds.* — A 10 ml de la solution obtenue dans l'essai *Produits solubles dans les acides dilués*, ajoutez 1,5 ml d'eau distillée, 2 ml d'une solution de fluorure de sodium à 4 pour cent (R_x), 2 ml d'ammoniaque concentrée (R_x) 0,5 ml d'acide acétique cristallisable (R_x) et 2 ml de solution d'acide sulfhydrique (R_x). La solution devra satisfaire à l'essai limite des métaux lourds, page II - 203 (40 ppm).

Observation. — On trouve dans le commerce des adjuvants de filtration, de nature siliceuse, préparés industriellement. Ces produits peuvent être utilisés au lieu et place des diatomites, s'ils répondent aux mêmes essais.

DIATOMITE LAVÉE POUR ŒNOLOGIE

KIESELGUHR LAVÉ - TERRE D'INFUSOIRES LAVÉE - TRIPOLI LAVÉ

Cette roche est constituée par des carapaces siliceuses de diatomées fossiles. Elle est employée à l'état pulvérulent comme adjuvant de filtration après avoir été lavée à l'acide chlorhydrique dilué et chaud, puis à l'eau, qui la débarrassent du fer, calcium, magnésium, etc., qui seraient ultérieurement dissous par le vin.

Caractères. — Poudre blanche, insoluble dans les acides. L'examen microscopique, avec un grossissement de 500 diamètres au moins, permet d'identifier facilement cette substance.

Essai. — 1° *Perte à la dessiccation.* — Déterminée à l'étuve à 100°-105° sur 2,00 g de diatomite lavée, la perte à la dessiccation ne devra pas être supérieure à 1 pour cent.

2° *Perte à la calcination.* — Calcinée à 600°, la diatomite desséchée dans les conditions de l'essai précédent ne devra pas perdre plus de 3 pour cent de son poids.

3° *Finesse de la poudre.* — Après dessiccation à 100°-105° jusqu'à poids constant, faites passer 5 g de diatomite à travers un tamis numéro 125. Le résidu restant sur le tamis ne devra pas être supérieur à 5 pour cent.

4° *Produits solubles dans les acides dilués.* — Traitez à l'ébullition 10 g de diatomite séchée à 100°-105° par 20 ml d'acide chlorhydrique concentré (R_a) et 100 ml d'eau; recueillez la diatomite sur un filtre sans cendres en recevant le filtrat dans un ballon jaugé de 200 ml, lavez le résidu à l'eau distillée en portant au trait de jauge avec les eaux de lavage. Après dessiccation à 100°-105°, et incinération séparée du filtre, le résidu insoluble devra peser 9,9 g au moins.

5° *Arsenic.* — Recherchez l'arsenic sur 5 ml de solution obtenue dans l'essai *Produits solubles dans les acides dilués* par la méthode générale décrite page II - 196 (4 ppm).

6° *Fer.* — A 5 ml de la solution obtenue dans l'essai *Produits solubles dans les acides dilués*, ajoutez 5 ml d'eau distillée et 5 ml de solution de thiocyanate de potassium à 5 pour cent (R_a). La coloration obtenue ne devra pas être plus intense que celle d'un témoin préparé avec 5 ml d'une solution de sel ferrique à 0,010 g de fer pour mille (R_a), 1 ml d'acide chlorhydrique concentré (R_a), 4 ml d'eau et 5 ml de solution de thiocyanate de potassium à 5 pour cent (R_a) (200 ppm).

7° *Métaux lourds.* — A 20 ml de la solution obtenue dans l'essai *Produits solubles dans les acides dilués*, ajoutez 2 ml d'une solution de fluorure de sodium à 4 pour cent (R_a), 2 ml d'ammoniaque concentrée (R_a), 0,5 ml d'acide acétique cristallisable (R_a) et 2 ml de solution d'acide sulfhydrique (R_a). La solution devra satisfaire à l'essai limite des métaux lourds, page II - 203, en portant le volume total du témoin à 26,5 ml (20 ppm).

Observation. — On trouve dans le commerce des adjuvants de filtration, de nature siliceuse, préparés industriellement. Ces produits peuvent être utilisés au lieu et place des diatomites s'ils répondent aux mêmes essais.