

**BUREAU DE RECHERCHES GÉOLOGIQUES ET MINIÈRES**

**SERVICE GÉOLOGIQUE NATIONAL**

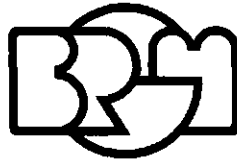
B.P. 6009 - 45060 Orléans Cédex - Tél.: (38) 63.80.01

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

**LES ARGILES NOBLES  
POUR RÉFRACTAIRES ET CÉRAMIQUE FINE**

par

P. LE BERRE



**Département matériaux**

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

**79 SGN 155 MTX**

1ère édition : Avril 1979

## S O M M A I R E

INTRODUCTION.....	1
1 - ECONOMIE ET MARCHE.....	1
2 - GEOLOGIE.....	4
3 - SECTEURS D'UTILISATION.....	6
3.1. - Industrie des réfractaires.....	6
3.2. - Industrie de la céramique fine.....	8
3.2.1. - Les faïences.....	9
3.2.2. - Les grès.....	9
3.2.3. - Le vitreous.....	10
3.2.4. - Les porcelaines.....	10
3.3. - Autres utilisations : les charges.....	11
4 - CRITERES DE SELECTION ET SPECIFICATIONS INDUSTRIELLES.....	11
4.1. - Principaux critères de sélection.....	11
4.1.1. - Critères liés aux gisements.....	11
4.1.2. - Critères liés à la matière brute.....	13
4.1.3. - Tests de laboratoire à réaliser.....	14
4.2. - Spécifications industrielles.....	15
5 - EXTRACTION ET TRAITEMENT.....	17
5.1. - Extraction.....	17
5.2. - Traitement.....	17
6 - PRODUITS DE SUBSTITUTION.....	17
BIBLIOGRAPHIE SOMMAIRE.....	19

## INTRODUCTION

Les argiles nobles pour réfractaires et céramique fine sont des matériaux essentiellement composés de kaolinite et utilisés :

- en réfractaire, pour la fabrication de revêtements de fours pour la sidérurgie, la céramique et la verrerie, etc...

- en céramique fine, pour la fabrication de produits à usage domestique (vaisselle, sanitaire, carrelage, etc...)

Contrairement aux kaolins, ces argiles ne subissent généralement pas de traitement d'épuration visant à éliminer une partie de la matière brute.

Par contre, elles peuvent être soumises après extraction et avant la vente aux fabricants, à différentes phases de traitement mécanique (déchiquetage, broyage) et thermique (séchage, cuisson pour l'obtention de chamottes) qui permettent de les valoriser.

Ces argiles sont souvent décomposées par les producteurs, en fonction du taux d'alumine, en argiles réfractaires (plus de 38 %) ou grésantes (moins de 38 %). Mais cette distinction semble plutôt simpliste du fait que les formules céramiques comprennent généralement de nombreux types d'argiles associés à du sable, de la chamotte ou du feldspath pour que l'on puisse obtenir grâce à leur association, les caractéristiques désirées.

### 1 - ECONOMIE ET MARCHE

La production française de ces argiles est essentiellement assurée par des carrières réparties sur toute la France (mises à part la Bretagne et les Pyrénées), mais surtout concentrées en deux secteurs : les bassins de Provins et des Charentes (cf. fig. 1).

Ces carrières appartiennent à une trentaine de sociétés (cf. annuaire de la confédération des industries céramiques), employant environ 1 300 personnes, dont les plus importantes sont :

- dans le bassin des Charentes :

- . Argiles et Minéraux SA. (AGS)
- . Exteral
- . SARCA.

- dans le bassin de Provins :

- . Denain - Anzin Minéraux
- . Manufacture de faïences du Moulin des Loups.

La production globale et par secteur d'argiles et chamottes (cf. tableau 1) met en évidence la part très importante prise par le bassin des Charentes dans cette production.

BASSINS	EXTRACTION GLOBALE %	PRODUCTION D'ARGILE BROYEE %	PRODUCTION DE CHAMOTTE %
Provins - Normandie-Nord	37	26	17
Centre	9	-	-
Sud - Ouest (Charentes)	54	74	83
TOTAL	1 600 000 t	176 000 t	305 000 t

TABLEAU 1 : Production 1977 d'argile et chamotte par bassin et globalement

La répartition des ventes en France et à l'étranger pour 1977 des différents types d'argiles et chamottes en fonction des secteurs d'utilisation (cf. tableau 2)

montre que ce sont les réfractaires qui en consomment la plus grande part, en particulier sous forme de chamottes. Les argiles crues sont aussi utilisées pour la fabrication de carreaux de sol. Il est aussi à noter que les argiles séchées et broyées sont utilisées comme charge et surtout pour la fabrication d'engrais. Toutefois cette destination ne représente globalement que 10 % des argiles et chamottes vendues en 1977.

Le prix moyen de vente de ces argiles, départ carrière, varie considérablement en fonction du degré d'élaboration, il s'établissait ainsi en 1977 :

- argiles crues en vrac : 50 F/t
- argiles crues déchiquetées : 80 F/t
- argiles séchées et broyées : 170 F/t
- argiles séchées, broyées et traitées : 400 F/t
- chamottes en vrac : 210 F/t
- chamottes broyées : 320 F/t

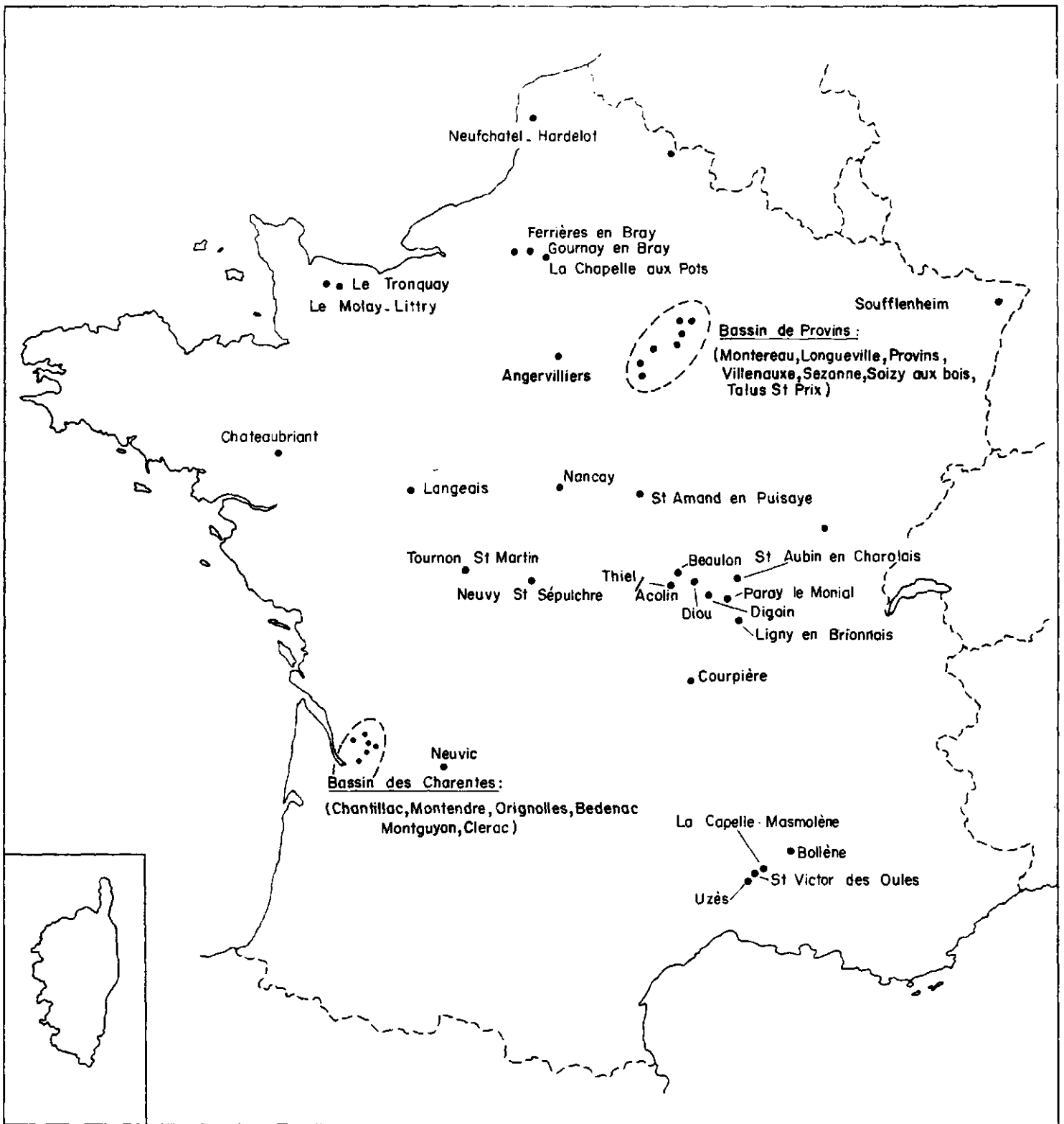


Figure 1 : Localisation des principales carrières françaises d'argiles nobles pour réfractaires et céramique fine.

Secteurs industriels	: Argiles crues en blocs : : et déchiquetées %	: Argiles séchées : : et broyées %	: Chamottes : : en blocs %	: Chamottes broyées %	: T O T A L
Sanitaire	15,03	0,14	27,40	12,08	14,11
Carreaux de sol et briques de façade	34,61	3,13	7,70	12,07	22,76
Carreaux muraux	9,94	0,71			5,82
Vaisselle de por- celaine et faïence	4,94	1,29	0,50	2,23	3,35
Réfractaires et briques antiacides	25,18	26,74	63,35	71,62	35,91
Briques pour bâtiment	3,51				2,01
Engrais et produits pour l'agriculture		41,02			7,11
Charges		21,11			3,66
Autres usages	6,79	5,86	1,05	2,00	5,27
TOTAL	625.789 t	189.065 t	171.171 t	104.963 t	1090.988 t

Tableau 2 : Vente en France et à l'étranger par secteurs industriels des différents types d'argiles crues, séchées et de chamottes produites en France en 1977 (différence avec tableau 1 liée aux argiles extraites et utilisées par les mêmes sociétés)

P A Y S	I M P O R T		E X P O R T	
	Tonnages en %	Prix moyen F/t	Tonnages en %	Prix moyen F/t
ALLEMAGNE .....	72,25	138,33	18,30	241,69
BENELUX .....	0,10	543,31	5,90	356,02
ESPAGNE .....	2,--	432,01	5,60	261,79
U.S.A. ....	7,45	845,98	-	-
ITALIE .....	0,065	125,44	52,20	241,76
PAYS-BAS .....	2,40	83,31	3,80	292,88
ROYAUME-UNI .....	12,95	149,18	3,80	382,78
SUISSE .....	-	-	2,80	224,28
DIVERS .....	2,20	259,60	7,60	309,29
TOTAUX : Tonnages .....	226.000 T.		516.000 T.	
Prix moyen .....		200,96		261,51

Tableau 3 : Commerce extérieur des argiles nobles pour réfractaire et céramique fine, en 1977.

Le commerce extérieur français de ces produits minéraux est nettement excédentaire (cf. tableau 3 établi à partir des statistiques du service des douanes pour 1977).

Au niveau européen la France occupe une place confortable sur le marché de ces argiles nobles, comme le montre le tableau 4, en particulier en ce qui concerne les chamottes.

	Grande-Bretagne	ALLEMAGNE DE L'OUEST	FRANCE
Argiles crues en blocs déchiquetées.	556 197	1 327 721	625 789
Argiles séchées et broyées	144 161	84 893	189 065
Chamottes en blocs	18 681 -	83 300	171 171
Chamottes broyées	-	76 150	104 963
TOTAL	749 329	1 572 064	1 090 988

TABLEAU 4 : Vente en tonnes (intérieure + exportation) pour les principaux pays européens en 1977.

## 2 - GEOLOGIE

Les argiles nobles pour réfractaires et céramique fine sont des matériaux qui ont pour composant essentiel la kaolinite.

Les gisements ont généralement une origine sédimentaire (cf. fiche kaolin) :

C'est le cas des gisements des bassins de Charentes (Sidérolithique) et de Provins (Sparnacien) où la kaolinite, issue de l'altération des feldspaths des roches cristallines du Massif Central, a subi un transport important.

Du fait de ce transport, les cristaux de kaolinite sont généralement très fins (de l'ordre de 0,2  $\mu\text{m}$ ). Leur réseau cristallin s'est également modifié : on passe de l'empilement régulier, selon un système triclinique, des kaolinites sensu stricto à l'empilement désordonné des fire-clays de même formule chimique  $\text{Al}_4 (\text{OH})_8 \text{Si}_4\text{O}_{10}$ . Des impuretés de différentes natures minéralogiques peuvent s'y associer dans des proportions variables.

Elles ont un rôle important car elles influent sur les propriétés des argiles suivant qu'elles jouent le rôle de fondant, dégraissant, plastifiant et par conséquent définissent au moins partiellement leur secteur d'utilisation. Les principaux types d'impuretés sont :

- d'autres minéraux argileux

- . la smectite qui si elle est en faible proportion est parfois souhaitée pour améliorer la plasticité et la cohésion des produits crus.
- . l'halloysite qui est une variété hydratée de kaolinite dont la présence augmente la résistance mécanique de la pâte.

- des micas (généralement de l'illite), des carbonates de chaux ou de magnésie, des feldspaths jouant le rôle de fondant car contenant des alcalins ou alcalino-terreux.

- des oxydes de fer et de titane : ce sont les oxydes de fer qui donnent une grande part de la coloration des argiles et des produits cuits, teinte exaltée par la présence d'oxyde de titane (ce sont aussi des fondants).

- des hydrates d'alumine augmentent la teneur en alumine de l'argile et par conséquent la réfractarité. Leur présence conduit à des argiles dures, à cassure conchoïdale, souvent appelées flint clays.

- de la silice sous forme de grains de quartz jouant le rôle de dégraissant (évite le retrait).

- de la matière organique apportant une grande plasticité car elle est souvent sous forme colloïdale. C'est le cas pour les ball-clays anglaises très plastiques. Ces argiles de teinte grise à noire cuisent blanc. Elles donnent aussi des produits poreux pouvant être utilisés pour obtenir des réfractaires isolants (cf. chapitre 3).

Il est à noter que certains gisements peuvent être du type primaire (gisements d'altération) : c'est le cas de l'argile exploitée à Chateaubriant constituée essentiellement de kaolinite et d'hydro-séricite très fines et issue de l'altération sur place de schistes siluriens.

Du fait de la petite dimension des impuretés, ces argiles ne peuvent être épurées rentablement dans la plupart des cas, contrairement aux kaolins.

### 3 - SECTEURS D'UTILISATION

#### 3.1. - Industrie des réfractaires :

Selon la norme NF B 40 001 (octobre 1939), les réfractaires sont des produits naturels ou artificiels dont la résistance pyroscopique est supérieure à 1 500°C, toutefois, la température généralement admise est 1 580°C.

- produits à haute teneur en alumine  
2 groupes:  $\text{Al}_2\text{O}_3 \geq 56\%$   
                   $45\% \leq \text{Al}_2\text{O}_3 < 56\%$
- Produits argileux:  $30\% \leq \text{Al}_2\text{O}_3 < 45\%$
- Produits silico-argileux:  $10\% \leq \text{Al}_2\text{O}_3 < 30\%$   
   $\text{SiO}_2 < 85\%$
- Produits siliceux:  $85\% \leq \text{SiO}_2 < 93\%$
- Produits de silice:  $\text{SiO}_2 \geq 93\%$
  
- Produits basiques : magnésie, mélanges magnésie-chrome, chromite, forstérite, dolomie
- Produits spéciaux : carbone, graphite, zircon, carbures, nitrures, borures, spinelles, etc...

Les produits réfractaires sont commercialisés sous deux formes (terminologie normalisée au niveau européen) :

- des produits façonnés essentiellement des briques
- des produits non façonnés, pour constructions monolithiques et réparations (pisés, mélanges plastiques, bétons, mélanges projetables) et pour jointoiement (coulis et ciments).

Ces produits sont considérés comme isolants ou denses selon que la porosité est supérieure ou inférieure à 45 %.

Les argiles utilisées dans l'industrie des réfractaires entrent évidemment dans la fabrication des produits argileux et silico-argileux, mais servent aussi de liant aux réfractaires à haute teneur en alumine (bauxite, sillimanite, corindon) et à certains réfractaires spéciaux (zircon, carbures). La température de cuisson de ces produits argileux oscille entre 1 200 et 1 410°C.

Le caractère réfractaire de ces argiles est lié à leur composition très riche en kaolinite d'où leur forte teneur en alumine. Rappelons que la kaolinite pure est composée de :

sur cru : 39,5 %  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -46,6 %  $\text{SiO}_2$ -13,9 %  $\text{H}_2\text{O}$

sur cuit: 45,8 %  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -54,2 %  $\text{SiO}_2$

Afin d'éviter le retrait et la fissuration, au cours du séchage et pendant la cuisson (pour des briques, par exemple) on ajoute généralement à ces argiles des dégraissants :

- sable siliceux pour les produits silico-argileux

- chamottes (argiles préalablement cuites), déchet de fabrication ou de démolition pour les produits argileux.

Ces réfractaires sont utilisés dans les secteurs suivants : sidérurgie et industrie des métaux non ferreux, verrerie, cimenterie, céramique, pour le garnissage des fours et creusets mais aussi dans l'industrie nucléaire, pour la fabrication des réacteurs d'avions, des fusées et missiles etc...

C'est la sidérurgie qui consomme la plus grande part des réfractaires produits de l'ordre de 60 %.

Les réfractaires à base d'argile sont utilisables lorsqu'ils ne risquent pas d'être en contact franc et continu avec des corps basiques que ceux-ci soient des métaux en fusion, des laitiers, des produits chimiques divers ou des gaz : en sidérurgie, ils sont surtout employés dans les hauts fourneaux et leur périphérie. Ils sont également utilisés dans l'industrie de l'aluminium et du cuivre, en verrerie et en céramique.

### 3.2. - Industrie de la céramique fine

Les produits de céramique fine sont obtenus par cuisson d'une pâte composée généralement de matières plastiques, de fondants et de dégraissants, le nombre de composants variant le plus souvent de 5 à 10 (cf. tableau 5) pour que l'on puisse, grâce à leur association, obtenir les caractéristiques souhaitées lors des opérations de façonnage, séchage et cuisson. Il est donc important de noter que les argiles nobles ne constituent qu'une partie de la pâte permettant la fabrication de cette céramique fine.

Les matériaux plastiques sont constitués d'argiles nobles très plastiques et cuisant presque blanc et de kaolin très blanc, mais moins plastique.

Les matériaux dégraissants sont soit, de la silice sous forme de sable quartzeux ou de silex calcinés et broyés, soit de chamotte.

Les matériaux fondants (qui sont aussi dégraissants) réagissent avec les autres matériaux présents dans la pâte pour les cimenter en développant une phase vitreuse. Ce sont des produits contenant des oxydes alcalins ou alcalino-terreux, le plus généralement des feldspaths, mais aussi des syénites néphéliniques (composées de feldspaths plus feldspathoïdes) du calcaire ou de la dolomie. On utilise de la pegmatite qui de par sa composition quartzo-feldspathique permet de limiter l'apport de silice libre.

Les principaux produits de céramique fine sont :

### 3.2.1. - Les faïences

Ce sont des produits céramiques opaques, poreux, généralement recouverts d'un émail destiné à remédier à leur perméabilité et à modifier leur aspect. La cuisson est généralement effectuée en deux phases, cuisson du biscuit, puis de l'émail à température plus basse. Il existe deux types de faïences, les faïences communes et les faïences fines.

Les faïences communes sont obtenues par cuisson à des températures comprises entre 850 et 1 150°C. d'argiles communes du type de celles utilisées pour la fabrication de tuiles et briques (à propos de la composition de ces argiles, se reporter à la fiche "argiles communes pour produits de terre cuite"). Le biscuit obtenu est recouvert d'un vernis transparent plus ou moins coloré ou opacifié à l'oxyde d'étain (faïences stannifères).

Ces faïences communes, très utilisées autrefois pour la fabrication de pièces à usage culinaire ont été largement remplacées par les faïences fines.

Les faïences fines, de loin les plus produites, diffèrent des précédentes par le fait que le biscuit est blanc après cuisson et recouvert par une glaçure transparente. Selon la composition de la pâte (cf. tableau 5), on distingue des faïences calcaires et des faïences feldspathiques, ces dernières constituant la majorité de la production. Celle-ci est orientée essentiellement vers les produits à usage culinaire et les carreaux de revêtement muraux (la faïence ne convient pas pour les carreaux de sol du fait de sa faible résistance à l'usure). La fabrication d'articles sanitaires, longtemps florissante est aussi abandonnée, également pour des problèmes de résistance mécanique.

### 3.2.2. - Les grès

Ce sont des produits vitrifiés, opaques, à porosité très faible (2-3 %) et par conséquent imperméables. Les autres propriétés essentielles des grès sont une grande résistance mécanique, en particulier à l'abrasion, une inertie aux attaques chimiques, une faible conductivité électrique et un faible coefficient de dilatation. Il existe deux types de grès, les grès naturels et les grès composés.

Les grès naturels sont fabriqués à partir d'une pâte composée généralement par une seule argile appelée argile grésante. Cette argile, toujours très plastique contient le plus souvent une forte proportion de mica fin (généralement de l'illite) qui joue le rôle de fondant et engendre la vitrification. Elle contient également une proportion non négligeable de sable siliceux très fin. En France, les principaux gisements d'argiles grésantes sont ceux de Soufflenheim (Bas-Rhin), Neufchâtel-Hardelot (Pas-de-Calais), de Ferrières en Bray (Seine-Maritime), de Littry (Calvados), de Neuvy sur Barangeon (Cher), de Diou (Allier), de St Aubin en Charolais (Saône-et-Loire). Ces argiles, du fait de la présence d'oxyde de fer colorant la pâte, ne sont généralement utilisées que pour la production artisanale de poteries rustiques.

Le gisement d'argile grésante le plus réputé est celui du Westerwald en Allemagne car cette argile a la propriété de cuire blanc. De grandes quantités sont importées en France, où elles entrent dans la composition des mélanges pour grès composés.

Les grès composés sont obtenus par mélange d'argiles peu vitrifiables, colorées ou non, auxquelles on ajoute des matières fusibles et des dégraissants (cf. tableau 5). Ces grès sont utilisés essentiellement pour la fabrication par monocuisson de carreaux de sol et de produits sanitaires, mais aussi des tuyaux de grès, des récipients pour l'industrie chimique, des isolants électriques, etc...

La coloration de surface des carreaux est liée à celle de la masse de la pâte (grès cérame) ou à un émailage (grès émaillé).

Les produits de grès sanitaire sont généralement fortement chamottés. Leur coloration éventuelle est masquée par une engobe blanche (composition type vitreous, par exemple), elle-même recouverte par un émail opacifié ou non.

### 3.2.3. - Le vitreous

Le vitreous est né du désir d'avoir une faïence fine plus résistance mécaniquement. Pour cela, on a diminué la porosité en développant la phase vitreuse par une augmentation de la teneur en fondant feldspathique dans la pâte (cf. tableau 5). La cuisson en deux temps des faïences a tendance à être remplacée par une monocuisson. Cette tendance à augmenter la vitrification a conduit à un produit blanc à texture de grès. De plus, certains vitreous sont tellement vitrifiés qu'ils sont translucides sous faible épaisseur et peuvent donc être assimilés à des porcelaines. Le terme vitreous est donc loin de désigner un produit bien défini. Le vitreous est essentiellement utilisé pour la fabrication de vaisselle résistante (vaisselle d'hôtel) et de produits sanitaires.

### 3.2.4. - Les porcelaines

Elles constituent l'une des seules matières industrielles légalement définies (décret 54-322 du 22 mars 1954) : pâte vitrifiée dans la masse, translucide sous 2-3 mm d'épaisseur et à coefficient d'absorption d'eau inférieur à 0,5 %. Notons aussi que les produits de porcelaine sont généralement blancs. On distingue deux groupes de porcelaines, les porcelaines tendres et les porcelaines dures selon la dureté du vernis.

Les porcelaines tendres, cuites comme les faïences en deux phases ne sont presque plus fabriquées. La porcelaine tendre française, qui était un produit de composition intermédiaire entre verre et céramique ne l'est plus du tout. La porcelaine anglaise, toujours produite en Angleterre, a pour fondant des os calcinés (phosphate de chaux) ce qui lui confère une grande beauté car elle est très blanche et très translucide.

Les porcelaines dures, constituent l'essentiel de la fabrication des porcelaines. Elles sont cuites en une seule fois, à très haute température. Cette température développe une phase vitreuse importante (70-80 %) à l'origine de la translucidité. Les impuretés colorantes ressortant d'autant plus que la phase vitreuse est importante, les fabricants utilisent comme matières plastiques des mélanges kaolin-argiles plastiques où le kaolin domine très nettement.

Les porcelaines sont généralement recouvertes par un vernis transparent et servent surtout à la fabrication de vaisselle de luxe. Parfois, elles ne sont pas émaillées et sont alors appelées biscuits (utilisation en sculpture).

Elles sont également utilisées pour la fabrication d'isolants électriques (à cause de la faible conductivité de la kaolinite) et d'ustensiles de laboratoire (porcelaines à feu résistant bien à la chaleur à cause du caractère réfractaire de la kaolinite).

### 3.3. - Autres utilisations : les charges

Ces argiles nobles peuvent être également utilisées comme charges dans les caoutchoucs, engrais, peintures, aliments pour animaux, colles, etc...

C'est le cas pour l'argile des Charentes commercialisée par AGS mais cette argile est alors épurée (élimination partielle du quartz) et on se rapproche très sensiblement d'un kaolin. Pour avoir de plus amples renseignements sur ces utilisations comme charges, il serait souhaitable de se reporter à la fiche "kaolin".

## 4 - CRITERES DE SELECTION ET SPECIFICATIONS INDUSTRIELLES

### 4.1. - Principaux critères de sélection

#### 4.1.1. - Critères liés aux gisements

L'extraction des argiles nobles pour réfractaires et céramique fine est réalisée actuellement en France, soit en galerie souterraine, soit à ciel ouvert.

Dans le bassin de Provins, 15 carrières souterraines et 7 carrières à ciel ouvert sont actuellement en activité (la production en tonnage se répartit pour 2/3 pour les carrières souterraines et 1/3 pour les carrières à ciel ouvert).

Les carrières souterraines exploitent 2 à 2,5 m d'une couche de 4-5 m d'argile dont le recouvrement atteint 40 m. Par contre, la carrière à ciel ouvert de St Genest exploite 4 m d'une couche d'argile de 5 m environ située sous une découverte sablo-calcaireuse qui est passée de 12 à 25 m. La tendance actuelle dans ce bassin est de rechercher des gisements exploitables à ciel ouvert nettement plus rentables et permettant d'éviter les aléas de la galerie souterraine.

Dans le bassin des Charentes, les carrières sont toutes à ciel ouvert. Les gisements d'argile en lentilles de quelques hectares ont une épaisseur exploitable variant entre 2 et 9 m sous une couverture de sable argileux variant de 10 à 30 m.

Cela conduit donc à un rapport D/E moyen (épaisseurs découverte sur niveau exploitable) de l'ordre de 3 à 5.

D'après ces données, nous pouvons donc penser que la recherche d'argiles nobles devra s'orienter vers des gisements exploitables à ciel ouvert avec un rapport D/E moyen pouvant aller jusqu'à 5. Toutefois, les gisements exploitables uniquement en galerie souterraine ne devront pas être rejetés a priori, car l'exploitation peut être éventuellement rentable (cf. bassin de Provins).

NATURE DU PRODUIT		Matières plastiques %		Matières dégraissantes %		Matières fondantes %			TEMPERATURE DE CUISSON DE LA PATE
		Argile noble	Kaolin	Silice (quartz ou silex)	Chamotte	Feldspath	Calcaire dolomie	Os calciné %	
FAÏENCES	feldspathique	25-30	25-30	25-35		10-20			1 250-1 300°
	calcaire	25-30	25-30	20-40			0-30		1 000-1 100°
VITREOUS	vaiselle	10	30-35	20-40		15-40			1 210-1 300°
	sanitaire	25	25	20-25		25-30			
GRES COMPOSE SANITAIRE		35-45	5-15		40-50	0-10			1 200-1 300°
PORCELAINE	tendre anglaise		30-50	5-15		5-25		30-50	1 250-1 320°
	dure	5-10	45-50	10-30		15-40	0-5		1 350-1 400°

Tableau 5 : Composition moyenne des pâtes et température de cuisson des principaux produits de céramique fine

#### 4.1.2. - Critères liés à la matière brute

##### - argiles réfractaires

D'après la classification des produits réfractaires et la composition chimique de la kaolinite données dans le paragraphe 3.1.-, les argiles utilisables en réfractaires doivent avoir la composition suivante :

- <u>Produits argileux</u> :	kaolinite comprise entre 100 et 65 % quartz compris entre 0 et 35 %
- <u>Produits silico-argileux</u> :	kaolinite comprise entre 65 et 20 % quartz compris entre 35 et 80 %

Il faut toutefois noter que c'est la teneur en kaolinite maximale qui est la plus recherchée. La présence d'hydrate d'alumine augmentant la teneur en alumine est aussi souhaitée de même que la matière organique apportant une certaine plasticité à l'argile.

La granularité du sable quartzueux doit être inférieure à 100 microns.

D'autre part, la présence d'éléments fondants est généralement néfaste, les quantités maximales tolérées sont :

$Fe_2O_3 \leq 1 \%$
$CaO + MgO \leq 0,5 \%$
$K_2O + Na_2O \leq 0,5 \%$

##### - argiles \* pour céramique fine

D'après le tableau 5, la matière première idéale pour la fabrication de céramique fine serait un matériau naturel et homogène composé de 50 % de kaolinite, 25 % de quartz et 25 % de fondant (feldspath, illite ou calcite) ce qui représente des teneurs en :

- $SiO_2$	##	50-65 %
- $Al_2O_3$	##	20-30 %
- $Na_2O, K_2O$	##	3-5 %
ou $CaO$	##	13 %

\* Nous appellerons "argiles" des produits contenant au moins 50 % de minéraux argileux. Des produits en contenant moins de 50 % (sable argileux ou feldspathiques) sont aussi utilisables en céramique fine mais ne seront pas traités dans cette fiche argile.

Mais ce tableau montre aussi que la céramique fine est généralement fabriquée à partir du mélange de plusieurs produits (argile noble, kaolin, feldspath, quartz, chamotte).

Par conséquent, les argiles utilisables pour la fabrication de céramique fine peuvent avoir une composition qui oscille entre un pôle exclusivement kaolinique (kaolin) et la composition idéale décrite précédemment.

Pour la fabrication de la majeure partie des produits de céramique fine, les industriels n'utilisent actuellement que des pâtes cuisant blanc. Ceci nécessite de trouver des argiles dépourvues d'éléments colorants :

$Fe_2O_3$  : 0,5 à 0,8 % maximum

$TiO_2$  : 0,1 à 0,5 % maximum

Toutefois, il faut bien noter que ceci est susceptible de changement au cours des prochaines années avec le développement des produits colorés, comme les sanitaires par exemple.

Etant donné la précision et le coût des fabrications, la présence de certaines impuretés, comme le gypse, les sels solubles est totalement prohibée.

Par contre, la présence de smectite en faible quantité (0-5 %), de matière organique (argile colorée cuisant blanc) et d'halloysite est souhaitable car apporte des propriétés supplémentaires de plasticité, cohésion et résistance de la pâte.

La granularité des gros éléments (quartz, feldspath) devra être au maximum de l'ordre de 100 microns ; sinon un broyage ou un tamisage préalable sera nécessaire avant utilisation.

#### 4.1.3. - Tests de laboratoire à réaliser

Les principales analyses de laboratoire en présélection pour approcher ces caractéristiques sont :

- . l'essai au bleu de méthylène (appréciation de la teneur en smectite)
- . la calcimétrie
- . l'analyse granulométrique par tamisage : définition de la teneur et de la granularité du sable (coupures à 40-60-80-100  $\mu$ )
- . l'analyse minéralogique par diffractométrie de rayons X
- . un test de cuisson sommaire vers 1 200°

A un stade ultérieur et afin de préciser les possibilités d'utilisation de ces argiles, un certain nombre d'essais complémentaires devront être effectués sur les échantillons dont les caractéristiques se seront révélées favorables lors de la présélection :

. analyse chimique : définition de la teneur en  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{TiO}_2$ .

. humidité de façonnage : quantité d'eau à ajouter à la matière sèche pour obtenir une pâte normale.

- façonnage de barrettes (noter la plus ou moins grande facilité à l'étirage), et mesure du retrait de séchage après passage à l'étuve.

- cuisson à 1000, 1100, 1200, 1300° permettant d'apprécier sur cuit la coloration, l'homogénéité, la perte au feu et le poids d'eau absorbé.

A titre d'exemple, les résultats de ces tests de laboratoire, pour une argile exploitée en Charentes sont les suivants :

- pourcentage d'eau pour la pâte normale : 25 %
- facilité d'étirage assez bonne
- retrait de séchage 2 %
- cuisson :

	Perte au feu %	couleur	absorption d'eau	retrait
1000°	12	blanc	26,1	2,3
1100°	12,5	blanc	17,9	5,7
1200°	12,5	blanc jaune	12,7	8,7
1300°	12,5	jaune crème	4,9	12,3

#### 4.2. - Spécifications industrielles

Les principales "propriétés" que doivent présenter les matières premières pour réfractaires et céramique fine en fonction du type de fabrication sont rassemblées dans le tableau 6.

Ces propriétés sont mesurées par des analyses de laboratoire très poussées complétant celles énoncées précédemment et pour plus de détail, il serait souhaitable de se reporter aux articles (2) et (7) cités en référence.

Fabrications céramiques	Absence d'hétérogénéité après cuisson	Coloration après cuisson	Plasticité	Coulabilité	Variations dimensionnelles au séchage et à la cuisson (retraits)	Propriétés fondantes (grésage)	Résistance mécanique en cru (cohésion)	Propriétés dilatométriques	Réfractarité	Déformations en cours de cuisson
Porcelaine (vaisselle)	3	3	3	3	2	2	3	2	0	3
Vitreous (sanitaire)	3	2	1	3	3	2	3	3	0	3
Faïence (vaisselle)	3	2	3	3	3	0	3	3	0	1,5
Carreaux de Faïence (revêtement mural)	3	1	0	0-1	3	0	3	3	0	1,5
Carreaux de grès (revêtement de sol)	3	2	0	0-1	3	3	3	1	0	3
Grès sanitaire	3	1	1	3	3	1	3	3	0	2
Produits réfractaires (argileux et silico-argileux)	2	0	0	0	3	0	2	2	3	0

Tableau 6 : Propriétés des matières premières exigées en fonction des types d'utilisation céramique.

L'importance relative des propriétés essentielles requises des matières premières est noté 3 - 2 - 1 - 0 par ordre d'importance décroissante.

## 5 - EXTRACTION ET TRAITEMENT

### 5.1. - Extraction

L'extraction à ciel ouvert se fait généralement à l'aide de pelles hydrauliques en rétro ou à la décapeuse automotrice. Elle peut aussi parfois se faire par mineur continu.

L'extraction en galerie souterraine réalisée initialement par descenderie à flanc de vallée, se fait maintenant par puits et galeries (méthode par chambres et piliers) soit au marteau-bêche, soit au mineur continu. Le soutènement est réalisé par un boisage en accacia (des essais réalisés à l'aide de blocs de béton trapézoïdaux ne se sont pas développés à cause du prix de revient de ce type de soutènement).

### 5.2. - Traitement

Ces argiles subissent un traitement complexe composé essentiellement de phases de broyage, séchage et cuisson qui permettent d'obtenir des produits dont le prix de vente croît en fonction du degré d'élaboration (cf. chapitre 1). A titre d'exemple, la figure 2 donne un schéma simplifié de la chaîne d'élaboration de la société AGS. Ces argiles ne subissent généralement pas, à l'inverse des matières premières pour kaolin, de phase d'épuration. Seule AGS, a réalisé en France une épuration partielle d'argiles sèches et broyées destinées à une utilisation en charge pour caoutchouc et engrais (utilisation très voisine de celle des kaolins).

## 6 - PRODUITS DE SUBSTITUTION

Etant donné la crise actuelle de la sidérurgie, la production des réfractaires à base d'argile utilisés exclusivement en haut-fourneau, a très nettement tendance à baisser.

Malgré cette baisse, le chiffre d'affaires de cette industrie croît en France car elle s'est tournée vers la fabrication de produits plus nobles à haute teneur en alumine, basiques et spéciaux. C'est en particulier le cas pour les électroréfractaires dont la production est assurée par la Société Européenne de produits réfractaires (S E P R) qui occupe une place prépondérante sur le marché mondial et qui a la maîtrise du marché européen ; ces électroréfractaires représentant 70 % du chiffre d'affaires des exportations de produits réfractaires en 1976.

En ce qui concerne les argiles utilisées en céramique fine, les seuls produits de substitution sont, suivant le cas, le verre, l'acier inox, le plastique. Les débouchés concernant les emplois de ces argiles en sanitaire, vaisselle et carrelage restent cependant très soutenus.

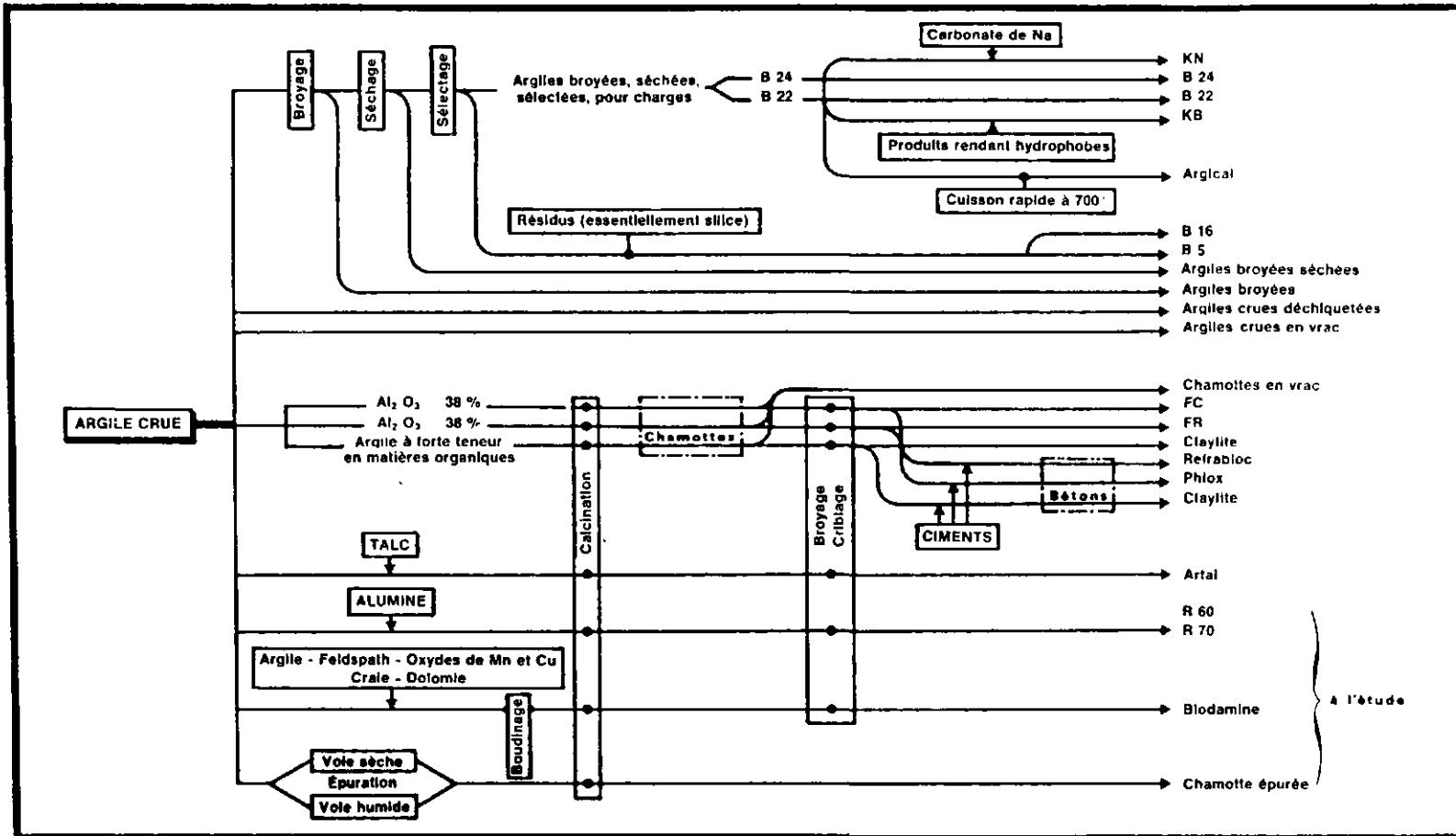


Fig. 2 : Chaîne d'élaboration simplifiée des principaux produits élaborés par la société A.G.S. (Equipement mécanique n° 172)

BIBLIOGRAPHIE SOMMAIRE

- 1 - BENEDETTO. A (1967) : Cours de céramique pour la formation complémentaire en économie et géologie minière. Rapport DO 67 A9 du BRGM.
- 2 - BLIN. C et al (1977) : Caractéristiques des argiles à grès et kaolins. Consultation n° 4403 de la Société française de céramique.
- 3 - BREMOND. P (1956) : Produits céramiques fins. Techniques de l'ingénieur A2120 pp. 1-31.
- 4 - GEIRNAERT. G (1978) : Recherche et développement dans l'industrie des matières premières. Industrie céramique n° 723 pp. 827-832
- 5 - JAVEY. C (1971) : Les argiles, matières premières pour l'industrie, la construction et les travaux publics. Rapport BRGM n° 71 SGN 381 GTC.
- 6 - JOURDAIN. A (1966) : La technologie des produits céramiques réfractaires. Ed. Gauthier - Villars.
- 7 - Anonyme (1978) : Recommandations PRE pour les matériaux réfractaires.
- 8 - Anonyme (1972) : An introduction to refractories. Industrial Minerals n° 58 (juillet 1972), pp. 9-23.
- 9 - Anonyme (1978) : Refractories : changing patterns of consumption. Industrial Minerals n° 125 (février 1978), pp. 15-37.
- 10 - COLSON. C, CELAN. J, FABRE. M (1979) : Les carrières, les propriétés et le traitement des argiles de Provins. Industrie Minérale n° 4, vol. 61 d'avril 1979.