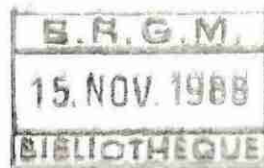




BRGM

# mémento roches et minéraux industriels

le kaolin





# mémento roches et minéraux industriels

le kaolin

J.-F. Pasquet

septembre 1988  
88 SGN 676 GEO

BUREAU DE RECHERCHES GÉOLOGIQUES ET MINIÈRES  
SERVICE GÉOLOGIQUE NATIONAL  
Département Géologie  
Service Roches et Minéraux Industriels  
B.P. 6009 - 45060 ORLÉANS CEDEX 2 - Tél.: 38.64.34.34

## SOMMAIRE

	<b>Pages</b>
<b>1 - GENERALITES</b> .....	<b>1</b>
<b>2 - DONNEES ECONOMIQUES</b> .....	<b>2</b>
2.1 - LE MARCHE FRANCAIS .....	2
2.2 - EVOLUTION DU MARCHE EUROPEEN DES CHARGES .....	2
2.3 - PRIX .....	2
2.4 - PRINCIPAUX PAYS PRODUCTEURS .....	6
<b>3 - GEOLOGIE DU KAOLIN</b> .....	<b>8</b>
3.1 - GENESE DE LA KAOLINITE .....	8
3.2 - GISEMENTS PRIMAIRES .....	9
3.3 - GISEMENTS SECONDAIRES .....	12
<b>4 - SECTEURS D'UTILISATION</b> .....	<b>13</b>
4.1 - UTILISATION DANS LA FABRICATION DU PAPIER .....	13
4.2 - UTILISATION DU KAOLIN EN CERAMIQUE .....	15
4.3 - UTILISATION DU KAOLIN DANS LES CAOUTCHOUCS .....	15
4.4 - UTILISATION DU KAOLIN DANS LES PLASTIQUES .....	16
4.5 - UTILISATION DU KAOLIN DANS LES PEINTURES .....	16
4.6 - UTILISATION DU KAOLIN DANS LES CIMENTS BLANCS .....	17
4.7 - UTILISATION DU KAOLIN POUR LA FABRICATION DE FIBRES .....	17
DE VERRE	
4.8 - AUTRES UTILISATIONS DU KAOLIN .....	17
<b>5 - CRITERES DE SELECTION ET SPECIFICATIONS INDUSTRIELLES</b> ....	<b>18</b>
5.1 - CARACTERISTIQUES DES GISEMENTS EXPLOITES .....	18
5.2 - CRITERES LIES A LA MATIERE BRUTE .....	18
5.3 - SPECIFICATIONS INDUSTRIELLES DES KAOLINS .....	19
COMMERCIALISES	

<b>6 - EXTRACTION ET MODE DE TRAITEMENT DU KAOLIN</b> .....	<b>25</b>
<b>7 - PRODUITS DE SUBSTITUTION DE KAOLIN</b> .....	<b>29</b>
7.1 - FABRICATION DU PAPIER .....	29
7.2 - AUTRES UTILISATIONS .....	31
<b>BIBLIOGRAPHIE SOMMAIRE</b> .....	<b>32</b>

**Annexe : Principales sociétés européennes productrices de kaolin**

## **LISTE DES FIGURES**

Figure 1 - Localisation des principales carrières de kaolin en France.

Figure 2 - Pigments de couchage papier en Europe.

Figure 3 - Pigments de charge papier en Europe.

Figure 4 - Coupe schématique d'un gisement de kaolin.

Figure 5 - Exemple de schéma d'une installation de traitement du kaolin par voie humide.

## **LISTE DES TABLEAUX**

Tableau 1 - Marché français du kaolin.

Tableau 2 - Estimation de la répartition des livraisons de kaolin.

Tableau 3 - Estimation de l'utilisation des différentes charges minérales dans la fabrication du papier en France (1986).

Tableau 4 - Principaux pays producteurs de kaolin en 1985.

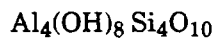
Tableau 5 - Caractéristiques du kaolin utilisé en peinture (norme NF T 31 101).

# LE KAOLIN

## 1 - GENERALITES

Le terme "kaolin" dérive du chinois "Kao-Ling" : il semblerait en effet que les européens, au 18<sup>e</sup> siècle aient tout d'abord obtenu des échantillons d'argile blanche à porcelaine provenant de cette localité, une parmi celles qui alimentaient les fameuses industries de la porcelaine chinoise.

La kaolinite est le nom du minéral pur, un silicate d'alumine hydraté dont la formule est la suivante :



Le kaolin commercialisé est un produit pur composé de kaolinite, obtenu par l'épuration de matériaux d'origines diverses, visant à éliminer les autres minéraux présents (quartz, micas...). Il entre dans la fabrication du papier, de céramiques, du caoutchouc, de peintures et de plastiques.

Le présent memento porte exclusivement sur le kaolin pur ayant subi une épuration par lavage ; pour les autres types d'argiles kaoliniques commercialisées, se reporter au memento "argiles nobles pour réfractaires et céramiques fines".

## 2 - DONNEES ECONOMIQUES

### 2.1 - LE MARCHE FRANCAIS

La figure 1 montre que la production est essentiellement assurée par des sociétés exploitant des gisements en Bretagne, mais qu'une partie est aussi produite dans la Drôme et dans l'Allier.

Le tableau 1 met en évidence le fort déficit de la balance commerciale du kaolin (205 MF en 1986) ainsi que la faible valeur des produits exportés (311 F/t) par rapport aux importations (823 F/t), essentiellement d'origine anglaise. Le tableau 2 montre que l'industrie du papier consomme la plus grande quantité de kaolin. Le tableau 3 replace le kaolin dans le marché des charges minérales du papier en France.

Les tableaux 2 et 3 sont des estimations de tonnages, issues de divers recoupements de statistiques (synthèses documentaires et visites à des consommateurs de charges).

### 2.2 - EVOLUTION DU MARCHE EUROPEEN DES CHARGES

Dans l'industrie de papier, les experts s'accordent pour estimer -que la consommation du kaolin de couchage, dans un marché en expansion, se stabilise autour de 1,5 millions de tonnes, et que la consommation de kaolin de charge va diminuer ; ce dernier est en effet fortement concurrencé par les carbonates et par le talc (figures 2 et 3).

### 2.3 - PRIX

Les prix des kaolins sont extrêmement variés, et dépendent bien évidemment de la qualité des produits.

On peut indiquer les prix approximatifs suivants (prix 1987, départ usine, à 12-13 % d'humidité) :

- céramique :  $\approx$  400 F/t et jusqu'à 1000 F/t
- charges (papier ou autre) :  $\approx$  600 F/t
- couchage papier : 850 à 1200 F/t

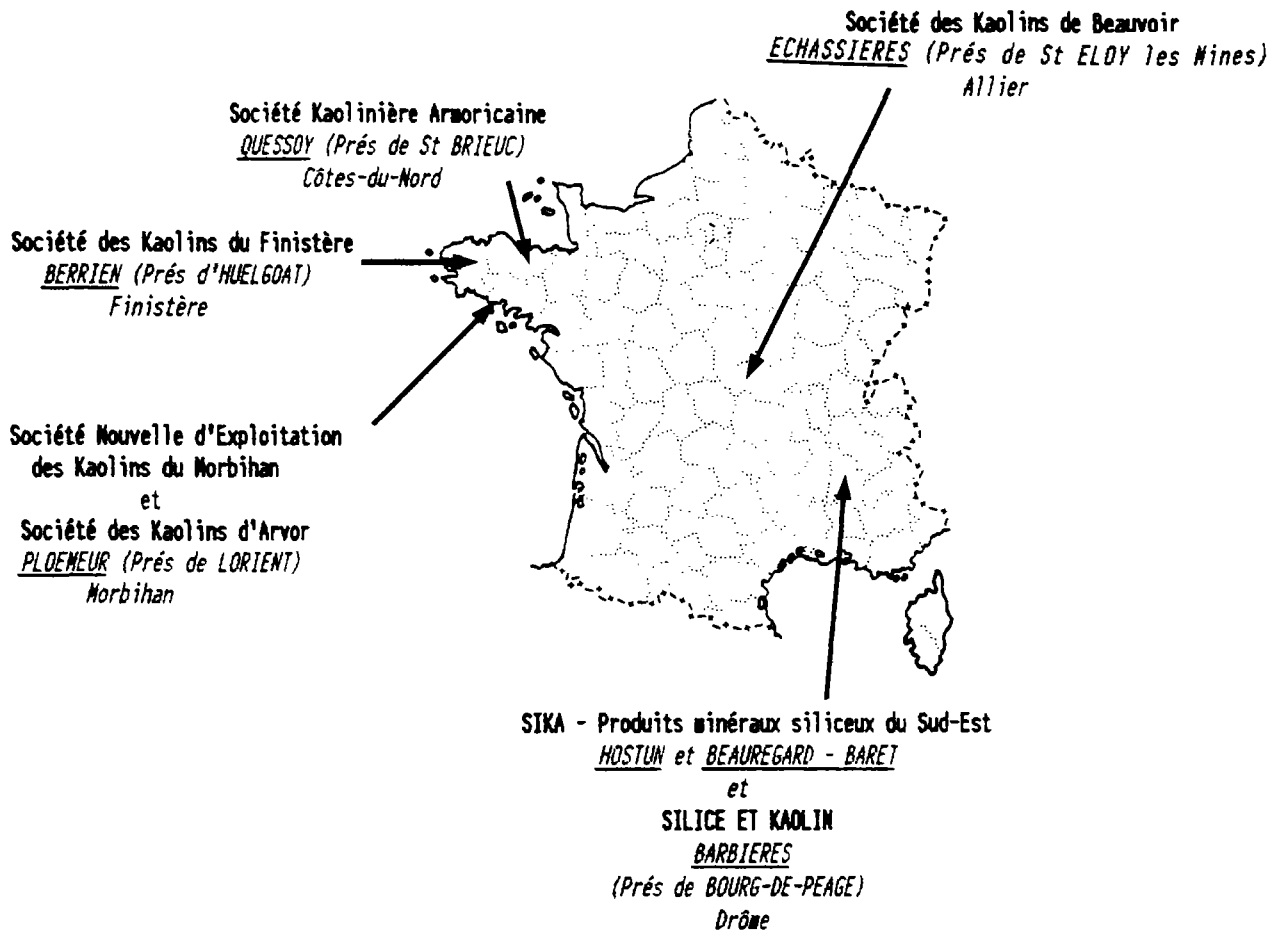


Fig. 1 : Localisation des principales carrières de kaolin en exploitation en France



	1976	1985			1986		
	t	t	1000 000F	F/t	t	1000 000F	F/t
Production	204 338	313 605			356 045		
Livraisons en France	152 478	167 896	82	490	174 455	87	498
Exportation	63 440	131 904	50	376	160 460	50	311
Importation	288 530	*310 456	281	904	309 699	255	823
Consommation **	441 008	478 352	363	759	484 154	342	706
Bilan import-exp.	225 090	178 552	231		149 239	205	

\* Dont 210 359 t du ROYAUME UNI

\*\* Consommation = livraisons en France + importations

**Tableau 1 : Marché français du kaolin (d'après les statistiques du Syndicat national des producteurs de kaolin)**

	Céramique	Papier	Autres charges	Total
Tonnages x1 000 t	131	275	78	484
%	27%	57%	16%	100%

**Tableau 2 : Estimation de la répartition des livraisons de kaolin dans les différentes branches de l'industrie française (1986).**

	Couchage	Charge
Carbonates	150 000 t	150 000 t
Kaolin	220 000 t	55 000 t
Talc	25 000 t	160 000 t
Gypse	/	2 000 t

**Tableau 3 : Estimation de l'utilisation des différentes charges minérales dans la fabrication du papier en France (1986)**

Figure 2 : *Pigments de couchage papier*  
en Europe (d'après D.A. CLARK 1985)

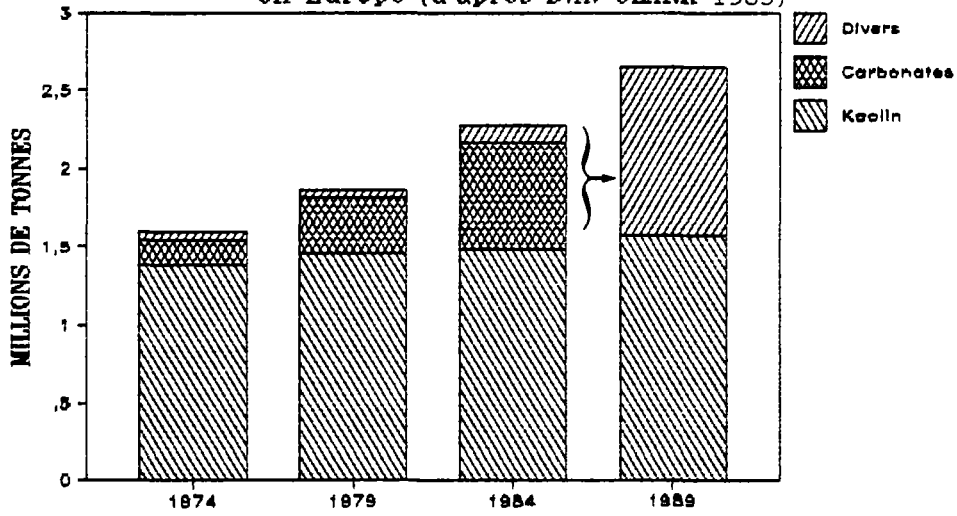
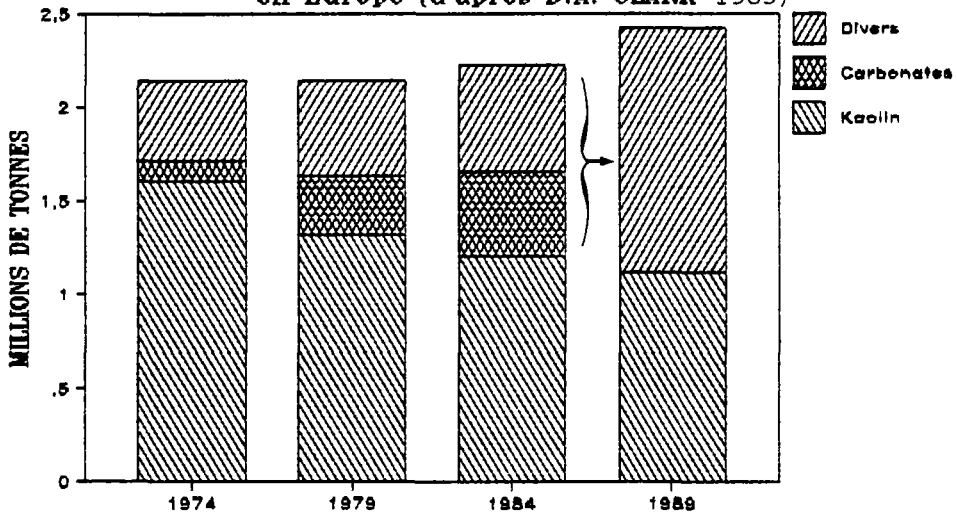


Figure 3 : *Pigments de charge papier*  
en Europe (d'après D.A. CLARK 1985)



#### 2.4 - PRINCIPAUX PAYS PRODUCTEURS (Cf. tableau,4)

La production mondiale en 1985 a été de 20 millions de tonnes, dont les 2/3 proviennent de 3 pays, les Etats-Unis, le Royaume Uni et l'URSS.

De nombreuses sociétés sont présentes aux Etats Unis ; les plus importantes sont situées dans la "Georgia - South Carolina belt" (75 % de la production) : il s'agit de Georgia Kaolin Co, de Engelhard Corp. et de J.M. Huber Corp.

Au Royaume Uni, English China Clays (ECC) est le seul producteur.

La production française apparaît donc relativement modeste, surtout si on la compare à celle du Royaume-Uni. Elle est toutefois très voisine de celle de nos autres partenaires européens (Espagne, RFA en particulier).

Pays	Production 1985 (en milliers de tonnes)
<b>AFRIQUE</b>	
Afrique du sud	129
Egypte	100
<b>AMERIQUES</b>	
Argentine	100
Brésil	600
Etats-Unis	7 070
Mexique	282
<b>ASIE</b>	
Corée	612
Inde	720
Iran	100
Japon	222
Thaïlande	107
<b>EUROPE</b>	
Bulgarie	257
Espagne	414
France	313
R.D. Allemagne	170
R.F. Allemagne	342
Roumanie	410
Royaume-Uni	3 150
Tchécoslovaquie	548
U.R.S.S.	2 900
Yougoslavie	245
<b>OCEANIE</b>	
Australie	130

Tableau 4 : Principaux pays producteurs de kaolin en 1985  
(production supérieure à 100 000 t )  
D'après Minerals Year Book et Industrial Minerals (juin 1987)

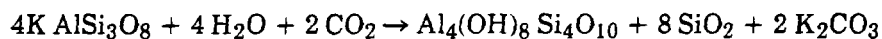
### 3 - GEOLOGIE DU KAOLIN

Le kaolin commercialisé est essentiellement constitué de kaolinite, minéral argileux de formule chimique  $Al_4(OH)_8 Si_4O_{10}$ . Il est beaucoup plus rarement constitué de dickite et de nacrite, minéraux de formule chimique identique à celle de la kaolinite, mais de structure cristalline différente, ou d'halloysite, variété hydratée de formule  $Al_4(OH)_8 Si_4O_{10}, nH_2O$ . Cette dernière variété se présente sous la forme de tubules formés par les feuillets de kaolins finement enroulés. Par extension, les kaolins se présentant sous cet habitus sont également appelés halloysites. Pour certaines applications (céramique), la présence d'halloysite est un avantage.

La kaolinite elle-même se présente sous différentes formes : en plaquettes pseudo-hexagonales (moins d'un micron à plus de 20), en assemblages "en livres", empilements, en vermicules ; il existe également des présentations sans forme bien définie, moins bien cristallisées.

#### 3.1 - GENESE DE LA KAOLINITE

La kaolinite des gisements de kaolin provient généralement de l'hydrolyse des cristaux de feldspath. Ainsi, la formation de kaolinite à partir de feldspath potassique peut s'écrire :



Dans le cas des gisements anglais, les observations montrent que les plagioclases sodiques [(albite,  $Na(AlSi_3O_8)$ )] sont plus facilement kaolinisés que les feldspaths potassiques (phénocristaux d'orthose).

Cette dégradation du feldspath est liée à un lessivage total des éléments alcalins et alcalino-terreux (K, Na, Ca), du fer et au départ d'une partie de la silice ; elle est suivie de la cristallisation de kaolinite ; on estime à environ 30 % la diminution de volume liée à ces lessivages.

Par analogie avec les phénomènes actuels de kaolinisation, deux types de fluides peuvent être à l'origine de ces phénomènes, les eaux de surface (ou météoriques) et les fluides hydrothermaux, donnant lieu respectivement à un lessivage "*per descensum*" ou supergène et "*per ascensum*" ou hypogène.

### 3.2 - GISEMENTS PRIMAIRES

Ces gisements proviennent de la transformation en place de roches-mères feldspathiques de diverses natures : éruptive (granites, diorites quartziques, rhyolites, aplites...), métamorphique (gneiss, schistes...) ou sédimentaire (sables et grès feldspathiques, arkoses...).

La figure 4 présente une coupe type d'un gîte de kaolin des Cornouailles anglaises (d'après BRISTOW in D. HIGHLEY, 1984).

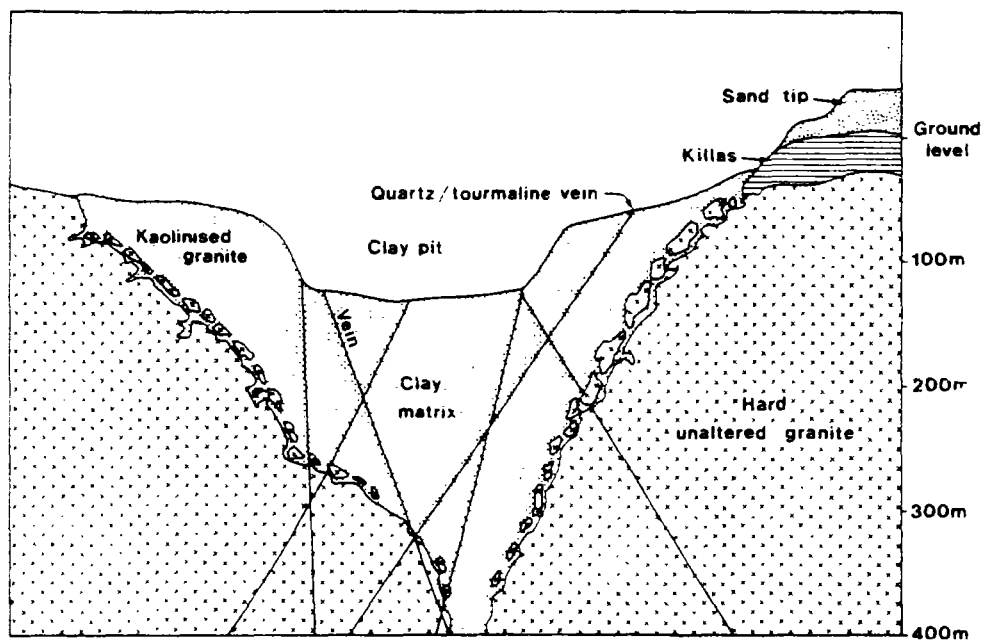


Fig. 4 - Coupe schématique d'un gisement de kaolin

#### Observations en faveur d'une origine hypogène du kaolin

- La forme générale des gisements les plus importants, comme ceux de St-Austell au Sud Ouest du Royaume Uni, est celle d'un entonnoir d'un diamètre de l'ordre de 1 km et d'une profondeur pouvant dépasser 300 m.

- L'association spatiale du kaolin avec des greisens (transformation des feldspaths en un mélange quartz-mica et topaze), fréquemment minéralisés en étain et tungstène, est banale. Ces phénomènes de greisenisation suivent immédiatement la cristallisation du granite et ne sont pas directement liés à la kaolinisation qui est bien postérieure ; ils peuvent toutefois provoquer une certaine fragilisation des feldspaths.

- L'association du kaolin avec des veines de quartz à tourmaline. Sur ces deux derniers points, il faut souligner que dans certains gisements de kaolin, les greisens et les filons de quartz sont absents ; de même, des veines de quartz peuvent être observées dans des zones non kaolinisées.

- **Indice de cristallinité** : la plupart des observations montrent que l'intensité de la kaolinisation et l'indice de cristallinité de la kaolinite augmentent vers les principales veines de quartz à tourmaline des gisements de Cornouailles ; mais il existe des contre-exemples, en particulier à Ploemeur.

- **Etude de radioactivité** : le granite de St-Austell présente une radioactivité anormalement élevée et un gradient géothermique anormal, favorisant l'hydrothermalisme et donc la kaolinisation.

### **Observations en faveur d'une origine supergène du kaolin**

- Plusieurs périodes de climat tropical, favorable à une altération de type latéritique, se sont succédées depuis la fin de la mise en place des granites hercyniens (- 300 millions d'années), en particulier à la fin de l'ère secondaire et au début du Tertiaire.

- Dans le cas où des filons de quartz sont présents, ces filons ne sont pas la preuve de l'origine hypogène de la kaolinisation ; il est en effet peu concevable que des solutions hydrothermales, précipitant de la silice dans les fractures de la roche soient en même temps responsable du départ et donc de la mise en solution de la silice excédentaire de cette même roche.

- Il semble d'autre part que les dernières phases de cristallisation des filons de quartz soient le fait de fluides dont la température modérée (70°C) et la faible salinité sont au moins partiellement compatibles avec leur origine météorique.

- Les gîtes dont l'origine hydrothermale est certaine sont caractérisés par leur extension latérale limitée ; ils présentent une zonation minéralogique caractéristique, qui n'est pas celle observée dans les grands gisements de kaolin actuellement en exploitation.

En l'absence d'arguments décisifs, il n'est pas possible actuellement de trancher entre les tenants des processus supergènes et hypogènes.

On peut souligner toutefois :

- l'emboîtement fréquent des phénomènes de greisenisation, des manifestations hydrothermales et des kaolinisations,
- la présence à plusieurs reprises (avant le Lias, avant le Cénomaniens, à l'Eocène et au Néogène) de climats hydrolisants, caractérisés par la percolation d'eaux à pH acide, peu minéralisées, parfaitement capables de mettre en solution et de transporter les alcalins et la silice excédentaires.

On peut avancer l'hypothèse que l'action des phénomènes hypogènes et supergènes a pu se combiner au cours des processus de kaolinisation ; ce phénomène complexe pourrait s'être déroulé en deux temps :

- les phénomènes "précoces", liés aux granites eux-mêmes, ont pu conduire à une "fragilisation" des minéraux, exploitée ultérieurement par les eaux météoriques,
- ces mêmes eaux de surface pourraient avoir été drainées à des profondeurs considérables (jusqu'à 400 m parfois) lors de circulations aquifères complexes liées à des systèmes hydrothermaux.

### **Quelques guides géologiques de prospection des gisements primaires**

Les principaux éléments à prendre en compte pour la prospection de kaolin de bonne qualité (en particulier pour l'industrie papetière) sont les suivants :

- présence d'un leucogranite (riche en muscovite, pauvre en fer), plus favorable pour la formation d'un kaolin blanc,
- présence de phénomènes tectoniques ayant fracturé la roche, accroissant ainsi sa perméabilité,
- existence de phénomènes de circulation de fluides faiblement minéralisés ayant hydrolysé les feldspaths, probablement favorisés par la présence de systèmes hydrothermaux à proximité,
- présence d'un recouvrement ayant pu protéger le gisement de l'érosion.



Des études statistiques permettent de préciser que les meilleurs indices de kaolin sont préférentiellement (mais non exclusivement) :

- situés dans des massifs de leucogranites à gros grains,
- liés, au moins spatialement, à des greisenations et des minéralisations en Sn-W,
- liés à des filons de quartz-tourmaline,
- situés à la périphérie des massifs granitiques.

Les célèbres gisements des Cornouailles anglaises, le gisement d'Echassières (Allier), les gisements de Ploemeur (Morbihan) ont pour roche-mère un granite . Le gisement du Quessoy (Côtes du Nord) provient de l'altération d'un orthogneiss à muscovite. Les gisements de la Nièvre, par contre, résultent de l'altération "*in-situ*" d'un sable feldspathique datant du Rhétien.

### **3.3 - GISEMENTS SECONDAIRES**

Ces gisements sont d'origine sédimentaire et proviennent de l'érosion, du transport et de la sédimentation de kaolinite fournie par les gisements primaires.

En France, c'est le cas du gisement d'Hostun (Drôme), provenant de la dégradation des formations kaolinisées du Massif central. C'est aussi le cas, aux Etats Unis, des gros gisements de la "Georgia - South Carolina belt". La teneur en kaolin de la roche est souvent supérieure à 60 % (contre 25 % pour des kaolins de granite).

## 4 - SECTEURS D'UTILISATION

Le kaolin a de très nombreuses applications industrielles, dont les principales sont la fabrication du papier, de céramique, caoutchouc, plastique et peinture : il apporte en effet certaines propriétés au produit fini (en particulier la blancheur et les qualités mécaniques) et il permet souvent d'en abaisser le coût.

### 4.1 - UTILISATION DANS LA FABRICATION DU PAPIER

Le kaolin est utilisé dans la fabrication du papier comme charge et pour le couchage. La demande de kaolin pour le papier augmente régulièrement bien que ces dernières années ont vu une croissance rapide de la consommation de produits de substitution comme le carbonate de calcium.

Le papier d'imprimerie peut contenir jusqu'à 30 % de kaolin ; il entre également, jusqu'à 10 %, dans la composition de certains cartons et papiers-journaux.

Le kaolin est le produit minéral le plus utilisé en papeterie : on peut estimer la consommation européenne pour 1984 à 1,4 millions de tonnes pour le kaolin de couchage et 1,7 millions de tonnes pour le kaolin de charge.

#### 4.1.1 - CHARGES

Le rôle du kaolin utilisé en charge est de combler les interstices entre les fibres de cellulose, ce qui permet d'améliorer la blancheur, l'imperméabilité, l'opacité, la réceptivité à l'encre, la stabilité dimensionnelle et l'aspect de surface du papier et surtout d'économiser les fibres de cellulose de coût élevé.

#### 4.1.2 - COUCHAGE

Lorsque la feuille de papier est constituée, ses propriétés de surface peuvent être encore améliorées en pratiquant le couchage. On dépose sur le papier un revêtement à base de kaolin qui a pour rôle de masquer les irrégularités de surface de la feuille, de donner plus de blancheur et une meilleure aptitude à l'impression (augmentation de la réceptivité à l'encre).

#### 4.1.3 - DIFFERENTS TYPES DE PAPIERS

Les papiers journaux et les papiers couchés représentent chacun le quart de la production européenne ; les deux types de papier non couchés se partagent l'autre moitié.

##### **- Papier journal**

Bien que la production de papier journal soit importante, ce secteur ne consomme que relativement peu de matières minérales (entre 0 et 10 % du papier et le plus souvent 3 à 5 %, sauf en Allemagne où ce pourcentage atteint 10 %). La charge minérale (kaolin ou carbonate) du papier journal améliore les qualités d'opacité et de réceptivité à l'encre, tout en diminuant la proportion de pulpe d'origine végétale, plus chère.

##### **. Papier non couchés fabriqués à partir de pâtes mécaniques**

Ces pâtes contiennent encore une certaine proportion de lignine, facteur de moindre résistance et de jaunissement. Il s'agit des papiers les moins onéreux. Le kaolin est la charge la plus utilisée pour ce type de papier.

##### **. Papiers non couchés fabriqués à partir de pâtes chimiques ("non couchés sans bois")**

Ces pâtes ont subi un traitement chimique destiné à éliminer la lignine (elles doivent contenir moins de 10 % de fibres mécaniques).

Ces papiers sont ceux utilisés dans les bureaux (photocopies, informatique...). La consommation est en constante augmentation. Ils contiennent de 10 à 20 % de charges minérales : kaolins, carbonates et divers se partagent le marché à parts sensiblement égales.

##### **- Papiers couchés fabriqués à partir de pâtes mécaniques**

La production de ce type de papier couché est en constante augmentation. Elle inclut la fabrication de la qualité LWC (Light Weight Coated) d'un poids inférieur à 72 g/m<sup>2</sup> et qui contient environ 35 % de charge minérale, essentiellement du kaolin. Ce type de papier est de plus en plus fabriqué et utilisé essentiellement dans la publicité (catalogues, publicité postale...).

Les papiers de type MWC (Médium Weight Coated) sont concurrencés par les "couchés sans bois" ; au contraire de celui des LWC, leur marché n'est pas en expansion.

#### **- Papiers couchés fabriqués à partir de pâtes chimiques ("couchés sans bois")**

Ces types de papiers sont eux aussi de plus en plus consommés (en Europe, accroissement de 4 % par an). Ils contiennent (charge + couchage) environ 30 % de matières minérales. Les pigments de couchage sont essentiellement les carbonates (58 %) et les kaolins (42 %). Ces papiers sont utilisés dans les revues de luxe. Leur qualité peut être améliorée par un double couchage.

#### **4.2 - UTILISATION DU KAOLIN EN CERAMIQUE**

Le kaolin est utilisé essentiellement en céramique fine, pour sa blancheur. Il entre ainsi, dans une proportion variant de 10 % à 60 %, dans les pâtes cuisant blanc : faïences fines, vitrés, grés sanitaires et surtout porcelaine (jusqu'à 60 % de kaolin).

Pour des renseignements complémentaires, se reporter au mémento "Argiles nobles pour réfractaires et céramiques fines".

#### **4.3 - UTILISATION DU KAOLIN DANS LES CAOUTCHOUCS**

Le kaolin qui entre dans la fabrication des caoutchoucs améliore la résistance mécanique, la résistance à l'abrasion et la rigidité des produits.

Deux termes sont utilisés couramment dans cette industrie pour désigner le kaolin : le kaolin dur et le kaolin doux.

Le kaolin dur est un kaolin très finement divisé (75 à 80 % < 2 µm) qui tend à augmenter la résistance à la traction, au déchirement et à l'abrasion. Il est principalement utilisé pour la fabrication des chaussures et des gaines de câbles. Il n'est pas aussi efficace que le noir de fumée, qui réagit avec le caoutchouc ; son utilisation reste donc limitée aux produits colorés, où il est accompagné d'un pigment.

Le kaolin doux est nettement plus grossier (20 à 45 % < 2 µm) ; il est utilisé principalement comme charge inactive, diminuant les coûts des produits sans changer de façon significative leurs propriétés mécaniques. Il leur confère de plus une meilleure résistance à l'abrasion (revêtements de sols), il diminue l'élasticité du caoutchouc mais accroît sa stabilité dimensionnelle et améliore l'état de surface des extrudés.

#### 4.4 - UTILISATION DU KAOLIN DANS LES PLASTIQUES

Le kaolin est très utilisé comme charge dans les plastiques pour sa couleur ; il permet de plus d'obtenir des surfaces plus lisses, une meilleure stabilité dimensionnelle et une meilleure résistance aux acides.

Les fabricants de PVC utilisent le kaolin comme agent de renforcement car il augmente la durabilité de ce plastique. Le kaolin calciné est utilisé pour les isolations en PVC des câbles électriques car il en accroît les propriétés diélectriques.

Le kaolin a aussi permis de résoudre les problèmes de coulabilité posés par la fabrication de pièces complexes en polyester renforcé, qui gênaient la production à cadence élevée d'éléments comme des pièces d'automobiles ou des coques de bateaux.

L'industrie des plastiques est probablement un marché important pour le développement de la production de kaolin, notamment à cause de l'utilisation croissante des kaolins à surface modifiée.

#### 4.5 - UTILISATION DU KAOLIN DANS LES PEINTURES

Le kaolin est utilisé dans les peintures car il améliore certaines qualités tout en permettant de réduire les coûts ; il est utilisé conjointement avec de nombreux autres adjuvants. Les qualités spécifiques du kaolin pour les peintures sont les suivants :

- il est chimiquement inerte,
- il a un bon pouvoir suspensif ; il améliore les propriétés d'écoulement et de thixotropie,
- la forme lamellaire des cristaux de kaolinite accroît l'opacité de la peinture (la forme plus équidimensionnelle des particules de carbonates nécessite une concentration plus forte pour un effet égal),
- le kaolin malgré sa blancheur, ne peut remplacer totalement les pigments blancs utilisés en peinture (oxydes de titane) ; mais du fait de la forme de ses particules et de son opacité, il renforce leur action.

Sa commercialisation dans un grand intervalle de granulométrie permet une utilisation dans diverses peintures : les kaolins grossiers donnent un fini mat, les produits fins permettent d'obtenir des peintures brillantes.

Le kaolin calciné possède une meilleure blancheur, ainsi qu'une plus grande dureté, qui améliore la durabilité de la peinture ; il entre avec d'autres kaolins traités pour être rendus organophiles et hydrophobes dans la composition de peintures pour extérieur ainsi que de couches d'impression pour métaux.

#### **4.6 - UTILISATION DU KAOLIN DANS LES CIMENTS BLANCS**

Dans la production de ciment blanc, la présence d'oxyde de fer est très gênante ; l'utilisation de kaolin comme source d'alumine permet de l'éviter. Il est alors nécessaire de combler le déficit en silice par l'adjonction de sable siliceux.

#### **4.7 - UTILISATION DU KAOLIN POUR LA FABRICATION DE FIBRES DE VERRE**

L'introduction d'alumine dans les fibres de verre grâce à l'adjonction de kaolin à la place de feldspaths ou de feldspathoïdes permet d'obtenir des verres à faible teneurs en alcalins, présentant d'excellentes caractéristiques mécaniques ; la fusion est obtenue grâce à la présence de calcium, de magnésium et de bore.

#### **4.8 - AUTRES UTILISATIONS DU KAOLIN**

Le kaolin entre dans la composition de nombreux autres produits, mais en faible tonnage : additifs de nourriture, encres, adhésifs, pharmacie, agents catalyseurs, agents blanchissants, absorbants, produits phytosanitaires, textiles, revêtements de sol, fonderie...

## 5 - CRITERES DE SELECTION ET SPECIFICATIONS INDUSTRIELLES

### 5.1 - CARACTERISTIQUES DES GISEMENTS EXPLOITES

Les principales caractéristiques des gisements exploités en France s'établissent ainsi :

#### Gisements primaires (Granite altéré) :

- Ratio - épaisseur de découverte/niveau exploitable (D/E) faible à nul,
- Epaisseur du niveau exploitable  $\geq 30$  m
- kaolinite : 25 à 45 % du brut
- sous-produits : quartz (sable de construction), feldspaths et micas (plâtres, peinture, plastique).

#### Gisement secondaire (Hostun, Drôme) :

- D/E faible à nul,
- épaisseur du niveau exploitable : 50 m,
- kaolinite 7 %, quartz 93 %,
- sous-produit : quartz (sable de construction et pour verrerie, fonderie, abrasif, filtration, etc..).

Toutes les exploitations françaises se font actuellement à ciel ouvert (les anciennes exploitations souterraines de la Nièvre et de la Drôme sont toutes passées à ciel ouvert).

### 5.2 - CRITERES LIES A LA MATIERE BRUTE

Dans les gîtes primaires exploités en France, le pourcentage de kaolinite dans la matière brute est de 25-45 %. Ceci est en relation avec la teneur en feldspaths des roches plutoniques originelles. Dans certains gîtes, situés dans des schistes ou des gneiss altérés, cette teneur peut être nettement plus forte.

## **Eléments pénalisants**

- quartz ( $< 5 \mu\text{m}$ ) : ce quartz, très difficile à éliminer lors du traitement du kaolin, est dévalorisant à cause de l'abrasion qu'il engendre (kaolin pour papier),
- autres minéraux argileux et en particulier la smectite : la présence de quelques pour-cent de cette argile altère de façon extrêmement sensible la qualité rhéologique du kaolin (kaolin pour papier),
- oxydes de fer et de titane, matière organique (éléments colorants nuisibles en céramique et dans le papier).

Les éléments accompagnant la kaolinite sont généralement commercialisés afin de valoriser l'exploitation : ainsi dans les gisements de la Drôme, le kaolin est plutôt un sous-produit de l'exploitation du sable, constitué de quartz très pur.

### **5.3 - SPECIFICATIONS INDUSTRIELLES DES KAOLINS COMMERCIALISES**

#### **5.3.1 - KAOLIN POUR LA FABRICATION DU PAPIER**

Le kaolin papetier doit répondre à des spécifications sévères concernant essentiellement la couleur, la granularité, la viscosité des pulpes concentrées, l'abrasivité et la capacité de rétention au sein des fibres de cellulose.

#### **Couleur sur cru**

Le kaolin doit présenter un maximum de réflectance.

- Le test de blancheur ("brightness test") consiste à déterminer, à l'aide d'un photomètre à réflectance photoélectrique (de type ELREPHO ou Photovolt), le pouvoir réfléchissant d'un échantillon par rapport à un témoin de pouvoir réfléchissant connu pour une lumière de longueur d'onde connue (457 nm) ; cette mesure s'exprime donc en pour-cent.

- L'indice de jaune ("yellowness") s'exprime comme étant la différence entre les valeurs de réflectance pour des longueurs d'onde de 570 nm et 457 nm.



Actuellement, les réflectomètres ne sont plus fabriqués. Ils ont tendance à être remplacés par des spectrophotomètres, beaucoup plus précis, mais aussi plus lourds (appareils utilisés notamment par les fabricants de papier).

Sur une dizaine de produits du commerce, les caractéristiques moyennes sont les suivantes :

	<b>Kaolin de couchage</b>	<b>Kaolin de charge</b>
blancheur/cru	85,62 (84 à 86)	79 à 83
Indice de jaune	5,12 (4,5 à 5,8)	5 à 7

#### **Aptitude au blanchiment**

Par adjonction au kaolin en suspension aqueuse d'un agent réducteur (hydrosulfite de sodium) à pH faible (3-4), on rend soluble les composés ferrifères colorés, éliminés ensuite par filtration. La blancheur et l'indice de jaune sont nettement améliorés par ce procédé qui est efficace lorsque le fer est exprimé sous forme de particules (fer ferrique). Par contre, ce traitement est inadapté dans le cas où le fer est inclus dans le réseau cristallin de la kaolinite.

#### **Granularité - Surface spécifique**

La granularité peut être mesurée grâce à la loi de Stokes qui définit la vitesse de sédimentation de particules dans un liquide visqueux. Les particules de kaolin n'étant pas sphériques, on mesure un "diamètre sphérique équivalent".

On peut mesurer la granularité par décantation (pipette d'Andreasen) ou grâce à un "Sedigraph".

Le tableau suivant présente les normes de granularité généralement admises, ainsi que les minima et maxima observés dans les échantillons étudiés.

	Kaolin de couchage		Kaolin de charge	
	Norme généralement admise	Minimum - Maximum	Norme généralement admise	Minimum - Maximum
> 43 µm	< 0,02 %	0	< 0,05 %	0
> 20 µm		0		1 %
> 10 µm	< 0,5 %	0	12-25 %	9-12 %
< 2 µm	75-80 %	65-95 %	25-50 %	45-51 %

Dans certains cas, pour du kaolin destiné à du pré-couchage, des granularités plus fortes peuvent être tolérées.

En Europe, ce kaolin ne doit pas être trop fin ; les papetiers européens, contrairement aux américains, ne sont pas équipés pour utiliser des produits comme celui de Jari au Brésil contenant 95 % < 2.µm.

La surface spécifique (mesurée grâce au QUANTOCHROME, méthode BET, par exemple) est une caractéristique intéressante du kaolin ; elle varie pour un kaolin de couchage, de 10 m<sup>2</sup>/g à 21 m<sup>2</sup>/g.

### Viscosité

La viscosité des suspensions de kaolin revêt une grande importance, notamment pour le couchage du papier : les fabricants désirent en effet mettre le kaolin en suspension par l'adjonction d'une quantité minimale d'eau (cette quantité d'eau influe sur la phase de séchage du papier, étape onéreuse du processus de fabrication).

La viscosité est liée à la concentration en solides de la pulpe de kaolin : la caractéristique généralement étudiée est la **viscosité-concentration** que l'on peut définir comme la teneur en solide d'une pulpe dont la viscosité, mesurée grâce à un viscosimètre Brookfield (RVF 100 ou RVT) tournant à 100 tours par minute est de 500 centi-Poises (5 P.). Elle est mesurée après adjonction de la quantité optimum de défloculant.

Pour un kaolin destiné au couchage du papier, la viscosité-concentration se situe entre 68 et 72 % ; au niveau du "pré-couchage", des valeurs de 65 % environ sont tolérées.

Pour l'industrie papetière, les caractéristiques rhéologiques d'un kaolin de charge ont beaucoup moins d'importance que pour le kaolin destiné au couchage.

### **Abrasivité**

L'abrasivité d'une suspension de kaolin est évaluée par les essais d'abrasion Valley ou Einlehner.

L'essai Valley est actuellement un peu tombé en désuétude ; il consiste à mettre en suspension 75 g de kaolin dans 2 l d'eau ; une pompe met la pulpe en circulation, la pulpe passe entre une toile métallique et un frotteur en téflon effectuant 6000 allers-retours à raison de 85 par mn. L'usure est évaluée par la perte en poids de la toile métallique. On considère que l'abrasion Valley doit être inférieur à 85 mg pour le kaolin de charge et à 15 mg pour le kaolin de couchage.

L'essai Einlehner utilise l'abrasivimètre EINLEHNER-AT-1000 : 100 g de kaolin sec et pulvérisé sont mélangés durant 30 mn à 500 cc d'eau et 0,2 g de  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  ; une bague d'abrasion fait frotter les particules de la suspension sur une toile de bronze ; l'indice d'abrasivité est défini comme la perte de poids (en mg) de la toile après 2 heures de frottement. L'abrasivité EINLEHNER est environ de 5 pour un kaolin de couchage et de 20 pour un kaolin de charge.

### **Capacité de rétention**

La capacité de rétention du kaolin au sein des fibres de cellulose est mesurée de la façon suivante : une suspension de kaolin et de fibres est placée dans un cylindre reposant sur une toile ; le vide étant fait sous la toile, il reste une rondelle de pâte dont on mesure après séchage la teneur en kaolin ; par différence avec la quantité initiale de kaolin, on mesure la perte en kaolin évacué avec l'eau.

### 5.3.2 - KAOLIN POUR LA CERAMIQUE

Ce matériau doit présenter une blancheur très élevée après cuisson. Ceci nécessite d'avoir des teneurs en fer et titane les plus faibles possibles :

- $Fe_2O_3$  : 0,5 % à 0,8 % maximum,
- $TiO_2$  : 0,1 à 0,5 %.

Pour plus de détails, on peut se reporter au memento "argiles nobles pour réfractaires et céramique fine".

### 5.3.3 - KAOLIN UTILISE POUR LA FABRICATION DU CAOUTCHOUC

Selon la norme française NF T45 008 de mai 1972 les kaolins, décomposés en deux classes de qualité A et B, doivent répondre principalement aux caractéristiques suivantes :

#### - Refus maximal sur tamis

	A	B
Tamis 50 microns	0,5 %	0,2 %
Tamis 80 microns	0,1 %	0,01 %

#### - teneur en matières volatiles à 105°C

2 % maximum pour A et B

#### - perte au feu sur produit sec

A = 6 à 14 %    B = 10 à 14 %

#### - teneur en matières solubles dans HCl sur produit sec

3 % maximum pour A et B

#### - teneur en cuivre et manganèse solubles

très faible pour A et B (0,005 % pour le cuivre et 0,05 % pour le manganèse, de l'élastomère contenu dans le mélange).

### 5.3.4 - KAOLIN UTILISE DANS LES PLASTIQUES

Cette utilisation n'est pas définie par une norme française spécifique ; toutefois, en première approximation, on peut admettre que les kaolins convenant pour le caoutchouc seront aptes à être utilisés dans la fabrication des plastiques.

### 5.3.5 - KAOLIN UTILISE DANS L'INDUSTRIE DES PEINTURES

Cette utilisation est régie en France par la norme NF T31.101 (décembre 1968). Selon cette norme, le kaolin doit répondre à un certain nombre de caractéristiques dont les principales sont rassemblées dans le tableau 5.

Désignation	Caractéristiques			
	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4
Refus sur tamis d'ouverture de maille de 45 µm	0,5 % max.	0,1 % max.	0,05 % max.	0,05 % max.
Répartition granulométrique : 20 µm	90 % min.	95 % min.	non spécifié	non spécifié
Pourcentage en masse de 10 µm	non spécifié	non spécifié	97 % min.	non spécifié
particules de diamètre 5 µm	non spécifié	non spécifié	non spécifié	98 % min.
inférieur au diamètre spécifié 2 µm	15 % min.	35 % min.	65 % min.	85 % min.
Matières volatiles à 105°C	2 % max			
Perte au feu	comprise entre 10 et 14 %			
Matières solubles dans l'eau	0,5 % max.			
pH des suspensions aqueuses	conforme à 0,5 près à celui d'un spécimen agréé et compris entre 4,5 et 9,5			

Tableau 5 - Caractéristiques du kaolin utilisé en peinture  
(norme NF T 31.101)

## 6 - EXTRACTION ET MODE DE TRAITEMENT DU KAOLIN

L'extraction du kaolin est réalisée à ciel ouvert, essentiellement de deux manières en fonction de l'homogénéité du gisement :

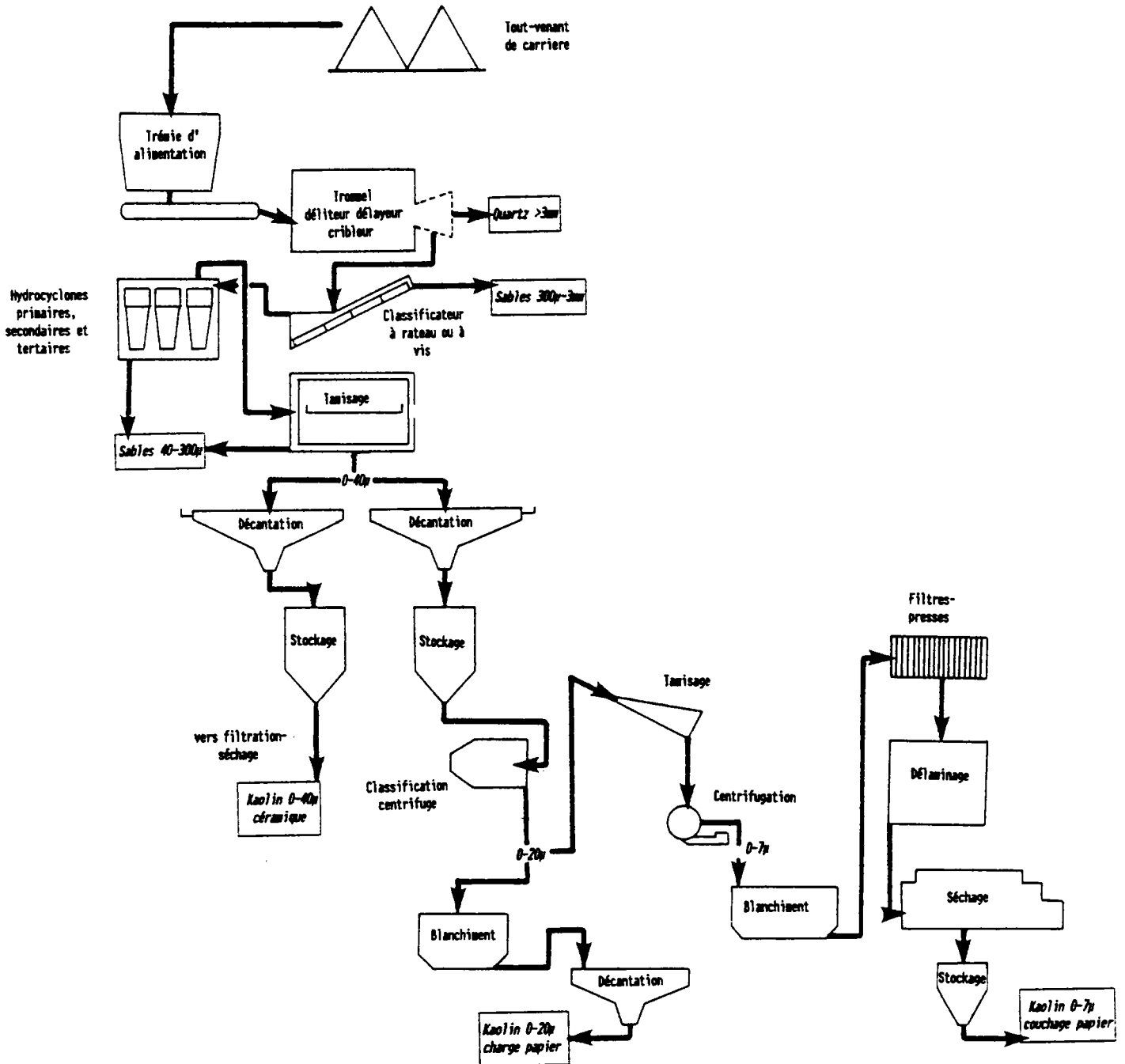
- à l'aide d'engins mécanisés (pelles, scrapers),
- à l'aide d'une lance, ou "monitor" qui envoie un jet d'eau très puissant sur le front de taille, désintégrant le tout-venant qui est pompé vers l'installation de traitement.

Le tout-venant peut être ensuite épuré selon trois processus différents :

- par voie sèche avec classification dans l'air (désintégrateur, sélecteur pneumatique), mais cette voie est peu utilisée,
- par voie humide avec classification dans l'eau (délayage - délitage et sélection par centrifugation),
- par voie mixte (voie humide jusqu'à 40 microns, puis voie sèche en dessous pour obtenir des kaolins plus fins).

La voie la plus utilisée est la voie humide ; un schéma de classification selon ce procédé est donné en exemple dans la figure 5. Il s'agit du schéma de fonctionnement de l'usine de traitement de la Société des Kaolins d'Arvor.

FIGURE 5  
Exemple de schéma d'une installation de traitement de kaolin  
par voie humide (Kaolins d'Arvor)



## Délayage, classification et séchage

Pour extraire les 25 à 30 % de kaolin contenu dans le tout-venant, celui-ci est introduit dans un trommel horizontal avec de l'eau de façon à mettre en suspension les différents grains dont la roche est formée. Des appareils de séparation (grille perforée, classificateur à râteau, hydrocyclones, panneaux tamiseurs) vont éliminer successivement les grains de quartz et de mica de plus en plus fins pour arriver à une suspension diluée contenant le kaolin épuré.

Pour récupérer ces particules de kaolin, dont les plus grosses ont un diamètre de 20 microns, "le lait kaolinique" est envoyé dans des bassins d'une capacité de 2500 m<sup>3</sup> dans lesquels la concentration va atteindre 300 à 400 kg/m<sup>3</sup>.

L'élimination de l'eau est poursuivie à l'aide de filtres-presses produisant des "galettes" de kaolin contenant 30 % d'humidité. Puis, sous la forme de bâtonnets, le kaolin est séché jusqu'à la valeur de 10 % d'humidité environ dans des fours-tunnels.

La société anglaise ECC a mis au point des "tubes-presses" qui permettent d'obtenir des produits à 18 % d'humidité qui ne subissent pas de séchage complémentaire.

Les différentes qualités sont alors stockées dans des magasins d'où elles seront reprises automatiquement pour être expédiées en vrac ou en sacs.

## Traitements spéciaux

Une fraction du kaolin subit une séparation dans des centrifugeuses horizontales après addition d'un dispersant (silicate de sodium ou hexamétaphosphate de sodium en milieu neutre) qui permettent d'extraire le **kaolin de couchage** constitué de particules d'une taille inférieure à 7 microns. Celui-ci est ensuite épaissi dans des centrifugeuses à haute accélération avant d'être acheminé vers l'atelier de filtration-séchage.

La blancheur des kaolins destinés à la papeterie est améliorée par un traitement chimique ayant pour but de supprimer les oxydes de fer qui ont une teinte jaune (addition d'un agent réducteur, l'hydrosulfite de sodium, à pH faible).



Ils sont également extrudés et délaminés, ce qui permet d'en améliorer les propriétés physiques en modifiant la structure des cristaux.

Pour d'autres utilisations particulières, des traitements spéciaux sont mis en oeuvre :

- **pulvérisation** et séchage du kaolin à moins de 1 % d'humidité,
  
- **filtration magnétique et/ou ultraflottation** permettant d'éliminer les fines particules de fer, de titane, de micas, etc.,
  
- **calcination**....

## 7 - PRODUITS DE SUBSTITUTION DE KAOLIN

### 7.1 - FABRICATION DU PAPIER

Les deux principaux produits minéraux, autres que le kaolin, utilisés en papeterie sont le talc (10 % environ de la consommation européenne de produits minéraux dans le papier) et surtout le carbonate de calcium (25 %).

Le talc peut-être utilisé dans l'industrie du papier grâce à la mise au point de techniques de traitement très modernes (flottation, micronisation) qui permettent d'obtenir des produits de haute qualité à pouvoir réflecteur élevé (brightness test de 90 % et même 97 %), dépourvu d'impuretés colorantes ou abrasives et à bonnes propriétés de rétention.

Le talc est essentiellement utilisé comme charge mais aussi parfois en couchage (produits micronisés donnant au papier un fini brillant en particulier pour le papier destiné à l'héliogravure).

Le talc est également utilisé dans l'industrie du papier pour contrôler, en cours de fabrication, le taux de résine (pitch control) contenu dans la pâte à papier. En effet, cette résine, qui a tendance à former des globules très gênants pour la fabrication, est absorbée et dispersée par le talc.

Le carbonate de calcium est de plus en plus utilisé en papeterie : il augmente la blancheur (brightness de 90 à 96 %, le plus élevé des produits couramment utilisés en papeterie), l'opacité et la réceptivité à l'encre. Ce produit est employé sous différentes formes, grossières, fines ou précipitées.

- Le carbonate de calcium **grossier** est peu cher et de qualité médiocre, il est utilisé en particulier comme charge dans le papier à cigarettes car il lui permet de bien se consumer.

- Le produit à **grain fin** donne au papier de meilleures propriétés de fini, d'opacité et de réceptivité à l'encre, mais cette finesse diminue les propriétés de rétention (une plage étroite de granularité est nécessaire).

Par comparaison, avec les suspensions de kaolin, le carbonate de calcium permet d'obtenir, à qualités rhéologiques égales, des concentrations en solides plus élevées, ce qui est favorable pour une utilisation en couchage.

Le carbonate de calcium est surtout utilisé en couchage pour la fabrication de papier destiné aux impressions "offset".

- **Le produit précipité** est également utilisé dans l'industrie du papier, en particulier en couchage. Il est moins abrasif que le produit naturel et cause par conséquent moins de dommages au matériel de fabrication.

L'emploi du carbonate de calcium se développera encore probablement, bien que sur un rythme moins soutenu qu'au début des années 1980, avec la tendance à passer du collage en milieu acide au collage en milieu neutre :

- taux de  $\text{CaCO}_3$  admissible pour le collage en milieu acide : 35 % en charge et 20 % pour le couchage,
- taux de  $\text{CaCO}_3$  admissible pour le collage en milieu neutre : 100 % en charge et 40 % pour le couchage.

**Les autres produits minéraux** couvrent globalement 4 % de la consommation européenne de produits minéraux en papeterie ; ce sont les sulfates de baryum (barytine, blanc fixe), la dolomite, les sulfates de calcium (le gypse, l'anhydrite), la diatomite, les pigments à base d'oxyde de titane (anatase, rutile, mélange rutile-anhydrite), les pigments à base de zinc (oxyde et sulfure de zinc, lithopone), le blanc satin, l'amiante, etc..

**Les sulfates de calcium** sont de moins en moins utilisés dans l'industrie du papier malgré un certain attrait lié à leur couleur et leur brillance excellentes et ceci à cause de leur solubilité naturelle entraînant des pertes de produit et des difficultés de fabrication.

**La diatomite** est utilisée comme charge et pour le contrôle du taux de résine (cf. talc).

Les autres produits minéraux cités, sont utilisés essentiellement pour la fabrication de papiers spéciaux et sont de prix nettement plus élevé. Par conséquent, les matériaux susceptibles de remplacer le kaolin dans l'avenir sont :

- le carbonate de calcium à cause de son prix plus faible (400-600 F/t en charge et 700-1000 F/t pour le couchage), surtout si le collage en milieu neutre se développe, mais aussi en fonction des conditions locales de gisement ;
- le talc de prix comparable (400-600 F/t en charge et 1000 F/t en couchage), grâce à l'amélioration des techniques de traitement.

## 7.2 - AUTRES UTILISATIONS

Les produits minéraux autres que le kaolin utilisés dans les caoutchoucs, plastiques et peintures sont :

- . **caoutchouc** : craie, talc, silice hydratée précipitée, dont l'utilisation est régie par des normes françaises,
  
- . **plastiques** : carbonates, talc, amiante, sulfate de baryum, feldspath, mica, syénite néphélinique, perlite, silice, wollastonite, vermiculite...,
  
- **peintures** : sulfates de baryum naturels et artificiels, craie, calcite, carbonate de calcium précipité, talc, dolomie, mica, dont l'utilisation est également régie par des normes françaises.

## BIBLIOGRAPHIE SOMMAIRE

BAUDET G., MORIO M. (1972) - Etude des propriétés rhéologiques des kaolins. Rapport interne BRGM - n° 71.

BAUDET G., MORIO M., (1974) - Méthodes de valorisation des kaolins - Rapport BRGM n° 74 SGN 188 MIN.

BELLION G. (1979) - Contribution à l'étude du gisement de kaolin de Ploëmeur (Morbihan). Caractères, origine. Thèse Univ. de Rennes, 29 juin 1979.

BENBOW J. (1987) - European Paper : Coated graphics provide market gloss-Industrial Minerals, December 1987.

BERTON Y., LE BERRE P. (1983) - Guide de prospection des matériaux de carrière - Editions BRGM - Manuels et Méthodes, n° 5.

BRISTOW C.M. (1977) - A review of the evidence for the origin of the kaolin deposits in SW England. Proc. 8th. Int. Kaolin Symposium and Meeting on Alunite, Madrid-Rome, Septembre 7-16, 1977.

BRISTOW C.M. (1987) - World kaolins : Genesis, exploitation and application, Industrial Minerals, juillet 1987, p. 45-59.

CASES J.M. et al. (1982) - Cristallochimie des argiles kaoliniques et applications. Bull. Min. n°5 - 1982.

CHAROY B (1973) - Ploëmeur kaolin deposit (Brittany) : an example of hydrothermal alteration- Pétrologie, 1, 4, p. 253-266.

CLARK D.A. (1985) - The outlook for kaolin in paper, European kaolin conference, Neunkirchen, Autriche, 21 mai 1985.

CLARK D.A. (1986) - Minerals in Paper - the Quiet révolution - Trans. 7th Industrial Minerals Int. Congress, Monte Carlo, 1986.

COOPE B.M. (1979) - Kaolin: a review of production and processing. Revue Industrial Minerals n° 136 Janvier 1979, pp. 31-49.

DAMIANI L. et TRAUTMANN F. (1968) - Les dépôts de kaolin français. XXIII International geological congress. Vol. 15 pp., 141-178.

DELFAU M. et LE BERRE P. (1981) - Définition de zones favorables à la prospection du kaolin dans le Massif Armoricaïn, rapport BRGM 81 SGN 873 MTX.

HARTMAN K.J. (1987) - Kaolin in paper : Quality of both products will improve with more sophisticated printing techniques, Mining Engineering, avril 1987, p. 247-250.

HIGHLEY D.E (1984) - China Clay, Mineral Resources Consultative Committee, Mineral Dossier n° 26.

LE BERRE P. (1979) - Memento substances utiles : le kaolin. Rap. BRGM N° 79 SGN 153 MTX.

NICOLAS J. (1957) - Contribution à l'étude géologique et minéralogique de quelques gisements de kaolin bretons. Mémoire, suppl. au Bull. Soc. Fr. céramique n° 34.

PATTERSON S.H. et MURRAY H.H. (1983) - Chapitre concernant les argiles dans Industrial Minerals and Rocks (5ème édition), pp. 585-651.

PETIN G. et MILLOT C. (1978) - Economie du kaolin dans l'industrie papetière. Rapport 78 RDM 050 DEM du BRGM.

WYNS R. (1987) - Données sommaires sur la typologie et la répartition des altérites de l'unité de St-George-sur-Loire. Approche morphostructurale. Note technique. BRGM 87 GEO EP 24.

ANONYME (1977) - Pulp and Paper as a market for industrial minerals. Revue Industrial Minerals n°123 décembre 1977, pp. 17-49.

ANONYME (1985) - Minerals Year book - US Bureau of Mines-United States Department of Interior.

ANONYME (1987) - Kaolin: paper underpins current demand. Industrial Minerals, juillet 1987, p. 62-87.

ANONYME - Méthodes d'essais English China Clay (ECC).

ANONYME - Méthodes d'essais - Société des kaolins d'ARVOR.

**PRINCIPALES SOCIETES EUROPEENNES**

**PRODUCTRICES DE KAOLIN**

**(In. Industrial Minerals Directory 1987)**

## ESPAGNE

### Arenas de Arija SA

**Head office:** Gran Vía 71-1º, 48011 Bilbao **Tel:** 441 34 50 **Telex:** 31674 alde.  
**Management:** Pablo Corcuera Atienza (managing director), Alberto Perez de Laborda (technical director). **Established:** 1953 **Capital:** Ptas 250.000.000 **No. of employees:** 85. **Ownership:** Sibelco, Belgium (47%) **Subsidiaries:** Silices y Caolines SA (75%) (sand and kaolin), Arenas de Barcelona SA (75%) (sand)

#### Mines:

- Arija, Burgos. Surface (crude annual output 450.000 tonnes, silica sand).
- Llanes, Asturias. Surface (crude annual output 95.000 tonnes, silica sand 90.00 tonnes).
- Riodeva, Teruel. Surface (crude annual output 250.000 tonnes; silica sand 130.000 tonnes, kaolin 15.000 tonnes).
- Villar Higuera, Valencia. Surface (crude annual output 100.000 tonnes; silica sand 70.000 tonnes, kaolin 10.000 tonnes).

#### Processing plants:

- Arija, Burgos. **Separation** – gravity. **Processing** – grinding. **Customer preparation** – drying, bagging, palletising.
- Llanes, Asturias. **Separation** – gravity.
- Riodeva, Teruel. **Separation** – gravity. **Customer preparation** – bagging, palletising.
- Villar Higuera, Valencia. **Separation** – gravity. **Customer preparation** – bagging, palletising.

**Mineral products:** **Silica sand** – (annual output 400.000 tonnes) for glass; (200.000 tonnes) for foundry; (30.000 tonnes) for filtration; (10.000 tonnes) for blasting; (50.000 tonnes) for chemical; (50.000 tonnes) other. **Kaolin** – (annual capacity 8.000 tonnes, annual output 8.000 tonnes) for paper; (15.000 tonnes, 15.000 tonnes) for ceramic; (2.000 tonnes, 2.000 tonnes) for filler plastic and rubber.

### Caobar SA

**Head office:** Carretera Nacional 11, Km 60, Barrio Taracena, Guadalajara. **Telex:** 23072 caob e.

**Management:** J.J. Redondo (director gerente). **Subsidiaries:** Cia Española de Caolines SA (48%) (kaolin processing).

#### Mines:

- Maria Jose Mine, Poveda de la Sierra, Guadalajara. Surface (crude annual output 500.000 tonnes, kaolinised sandstone).

#### Processing plants:

- Taraceña, Guadalajara. **Separation** – water washed. **Processing** – grinding, classified. **Customer preparation** – drying.

**Mineral products:** **Kaolin** (washed) (annual capacity 20.000 tonnes); for paper, ceramics, glass fibre, rubber, paint, fire extinguishers. **Silica sand** (75.000 tonnes); for various uses, including glass, water filtration, foundries.

**Additional information:** The company sells 400.000 tpa of ore to Cia Española de Caolines SA.

### Caolines de Vimianzo SA

**Head office:** Zurbano 76, 28010 Madrid. **Tel:** 4411100. **Telex:** 22447, 23445.

**Management:** Rafael Benjumea (managing director), Heliodoro Manscal (mining director). **Established:** 1981 **Capital:** Ptas 370.000.000. **No. of employees:** 68. **Ownership:** Río Tinto Minera SA (80%), Sodiga – Sdad para el Desarrollo Industrial de Galicia (20%).

#### Mines:

- Near Bañas, Galicia. Surface (kaolin).

#### Processing plants:

- Near Bañas, Galicia. **Processing** – Refining (spiral classification, cycloning, screening). **Customer preparation** – storage, thickening, dewatering, and extrusion.

**Shipping** – bulk, transport (shipped via port of Lage, Galicia).

**Mineral products:** **Kaolin:** P30 – 40% minus 2 microns, 18% plus 10 microns, 0.05% plus 53 microns, brightness 82.5%, moisture 12%, SiO<sub>2</sub> 47%, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 37%, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 1%, LOI 13%. P40 – 35% minus 2 microns, 22% plus 10 microns, 0.05% plus 53 microns, brightness 80%, moisture 12%, SiO<sub>2</sub> 48%, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 36.3%, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 1.2%, LOI 12% (annual capacity 100.000 tonnes); for paper, ceramics.

### Caolines y Silices SA

**Head office:** Providencia 69, 1º 2 andar, 08024 Barcelona **Tel:** 93 214 7910, 93 213 2681.

**Management:** Agustin Serna Muñoz (consejero gerente), Luis Fernandez Victorero (director general), Juan Pancorbo Alvarez (director financiero). **Established:** 1966. **Capital:** Ptas 55.000.000. **No. of employees:** 34.

#### Mines:

- Guadalajara, Peñalen. Surface (crude annual output 120.000 tonnes, kaolin, silica sand).

#### Processing plants:

- Villanueva de Alcoron (Guadalajara). **Separation** – gravity. **Processing** – grinding. **Customer preparation** – drying, bagging, palletising, storage. **Shipping** – bulk, bags.

**Mineral products:** **Kaolin** – GS/P (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 37.6%, SiO<sub>2</sub> 48.1%, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 0.35%, whiteness 88 (photovolt)) (annual capacity 27.500 tonnes, annual output 19.000 tonnes). **Kaolin** – GS/C (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 36.9%, SiO<sub>2</sub> 49.3%, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 0.35%, whiteness 87 (photovolt)) (9.000 tonnes, 6.000 tonnes). **Silica sand** – classified GSA-4 (SiO<sub>2</sub> 98.2%, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 0.7%, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 0.040%) (120.000 tonnes, 60.000 tonnes); ground GSA-6 (SiO<sub>2</sub> 99.8%, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 0.1%, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 0.012%) (90.000 tonnes, 35.000 tonnes).

**Expansion programme:** By 1990 production of kaolin will have been expanded to 50.000 tonnes, and silica sand to 200.000 tonnes.



## ESPAGNE

### **Cia Española de Caolines SA - Cedecsa**

**Head office:** Poveda de la Sierra, Guadalajara **Tel:** 810736.

**Management:** L. de Ugarte Lozano (general manager). **Established:** 1981

**Ownership:** Caobar SA (48%); English China Clays (48%); Private Interest.

**Mines:**

■ Poveda, Guadalajara. Tributed (crude annual output 400,000 tonnes, kaolinised sandstone)

**Processing plants:**

■ Poveda de la Sierra, Guadalajara **Separation** - washing cyclones and screening for sand, centrifugal for clay **Processing** - coating clay filter pressed. **Customer preparation** - drying

**Mineral products:** *Kaolin* - coating grade (crumbled lump or 68% slurry) (annual capacity 30,000 tonnes), for paper; filler grade (20,000 tonnes), fc: filler. *Silica sand*

**Additional information:** The company obtains 400,000 tpa of ore from Caobar's Maria José Mine

### **Explotaciones Ceramicas Españolas SA - Ecesa**

**Head office:** San Agustín 2, 28014 Madrid **Tel:** 4299098, 4299100, 982 580300, 982 580326. **Telex:** 43305 bure e, 86157 kabu e

**Management:** Andrés Muruais (plant director), Manuel Fernández (sales manager).

**Established:** 1957. **Capital:** Ptas 50,000,000. **No. of employees:** 110

**Ownership:** Minerales y Productos Ceramicos SA (58%) Rosenthal AG (34%).

**Mines:**

■ Burela, Lugo (kaolin, by-product silica).

**Processing plants:**

■ Burela, Lugo **Separation** - gravity. **Processing** - grinding, micronising. **Customer preparation** - drying, bagging, storage; **Shipping** - bulk, bags.

**Mineral products:** *Kaolin* - grade C-201 (annual capacity 45,000 tonnes, annual output 40,000 tonnes), for white porcelain, grade C-301 (20,000 tonnes, 15,000 tonnes), for hotel and tableware porcelain, sanitary ware, refractories.

**Expansion programme:** The company plans to bring on-stream, a silica sand micronising plant, and plans to produce filler and coating paper kaolin, and kaolin for sanitary ceramic ware

### **Lorda y Roig SA**

**Head office:** Gerona 91\*, 08010 Barcelona. **Tel:** 93 301 69 40. **Telex:** 51672 lrsa e. **Cables:** Lyrsa.

**Management:** Managers - P. Armengou (general), P. Bosch (sales), E. Junquera (production). **Established:** 1925. **Capital:** Ptas 15,000,000. **No. of employees:** 30.

**Mines:**

■ Igualada, Barcelona. Surface (crude annual output 1,500 tonnes, kaolin).

■ La Carolina, Jaen. Surface (crude annual output 500 tonnes, silice blocks).

**Processing plants:**

■ Barcelona. **Processing** - grinding, micronising. **Customer preparation** - bagging, palletising **Shipping** - bulk, bags, dry.

**Mineral products:** *Barytes, feldspar sodic, kaolin, quartz, refractory products, silica sand, slate* (annual capacity (two shifts) 20,000 tonnes, annual output (one

working shift) 8,500 tonnes), for ceramics, chemicals, fertilisers, metallurgy, oil well drilling, paint, plastics refractories.

## FRANCE

### Kaolins d'Arvor SA

**Head office:** 26 Cours de Chazelles, F 56103 Lorient Cedex. **Postal address:** BP 103, Lorient. **Tel:** 97 64 28 25. **Telex:** 950 805 karvor f.

**Management:** Chairman - Xavier Kerhuel; managers - Richard Picard (general), Guy Daumas (sales), Michel Stelatelli (technical). **Established:** 1920. **Capital:** Fr 6,629,800.

**Mines:**

■ Ploemeur, Brittany. Surface (crude annual output 75,000 tonnes, kaolin, mica).

**Processing plants:**

■ Ploemeur, Brittany. **Separation** - water washing and centrifuging. **Processing** - chemical (bleaching), dewatering, extrusion, delamination. **Customer preparation** - drying, bagging, palletising. **Shipping** - bulk, bags.

**Mineral products:** *Kaolin* - 1C (annual capacity 25,000 tonnes), 20B and 20C (30,000 tonnes), 7A (20,000 tonnes); for paper filler and coating, filler for rubber, paint, etc. *Muscovite mica* (10,000 tonnes).

### Sté des Kaolins de Beauvoir

**Head office:** Echassieres, F 03330 Bellenaves, Allier. **Tel:** 70 90 42 20.

**Management:** Managers - J.C. Robert, P. Moussy (sales). **Capital:** Fr 1,150,100. **Capital:** 31. **Ownership:** Coframines (99%), Cheni (1%).

**Mines:**

■ Vichy, Allier. Surface (crude annual output 50,000 tonnes, kaolin, feldspar, lepidolite, tin).

**Processing plants:**

■ Echassieres, Allier. **Separation** - gravity, high tension. **Processing** - grinding. **Customer preparation** - drying, bagging, palletising, storage.

**Mineral products:** *Kaolin* - BIP (less than 0.3% iron oxide) (annual capacity 5,000 tonnes, annual output 2,400 tonnes), for ceramic industry (porcelain and enamels); BIO (10,000 tonnes, 9,500 tonnes), for ceramic industry (sanitary wares); stone (annual output 500 tonnes), for ceramic industry.

**Expansion programme:** Market research on kaolin for paper coating, estimated capacity 50,000 tonnes tpa from 1987. Market research on powdered kaolin with H<sub>2</sub>O 0.5%.

### Sté des Kaolins du Finistere SA

**Head office:** 22 bis, Rue de Paradis, F 75010 Paris. **Tel:** 246 70 75. **Telex:** 650731.

**Management:** A.J. Nott (managing director). **Ownership:** English China Clays (98.75%).

**Mines:**

■ Berrien, Brittany. Surface (china clay)

**Processing plants:**

■ Berrien. **Separation** - froth flotation (mica recovery).

**Mineral products:** *Kaolin*, for ceramics, paper, etc; *mica, silica sand*.

**Principal sales agents:** ECC International at the above address.

**Additional information:** Also listed under ECC International Ltd, UK.

### Sté Nouvelle d'Exploitation des Kaolins du Morbihan

**Head office:** 57 Blvd. Richard Lenoir, F 75011 Paris. **Tel:** 1 48 06 66 77. **Telex:** 215590 snekdm.

**Management:** Alain Cazal (managing director), Jean-Pierre Reinbold (commercial manager), Bruno de Beaugerard (factory manager). **Established:** 1966.

**Subsidiaries:** Sté Micarec.

**Mines:**

■ Lanvrian (kaolin, silica sand, mica).

**Processing plants:**

■ Lanvrian. **Separation** - froth flotation. **Processing** - grinding, micronising. **Customer preparation** - bagging, palletising. **Shipping** - bulk, bags.

**Mineral products:** *Kaolin* - Grades KMN, KMC, KMRX, Kerbriant, SP20, KP, MKI, MKIC (annual capacity 70,000 tonnes, annual output 70,000 tonnes); for sanitaryware (50%), porcelain and tableware (30%), rubber, paint, etc (20%). *Mica* (10,000 tonnes, 10,000 tonnes), for ceramics, rubber. *Silica sand*, for construction.

**Principal sales agents:** Francesco d'Ayala Valva, Italy; Sté Limburg, Netherlands; Lorda y Roig SA, Spain

**Additional information:** The company has recently developed a new kaolin grade Kerbriant from another area.

### Sika SA - Produits Minéraux Siliceux du Sud-Est

**Head office:** F 26730 Hostun. **Tel:** 75 48 82 11. **Telex:** 345250 sika f.

**Mines:**

■ Hostun, Drôme (crude annual output 150,000 tonnes, silica sand, kaolin).

**Processing plants:**

■ Hostun.

**Mineral products:** *Silica sand* - 1 micron to 4mm (annual capacity 150,000 tonnes); for construction, glass, foundry, fibre glass, ceramics, glue, etc. *Kaolin*.

FRANCE

**Soka - Sté Kaolinière Armoricaine**

**Head office:** 5 Rue de Coetlogon, F 22007 Saint Brieuc. **Postal address:** BP 402, Saint Brieuc. **Tel:** 96 33 21 55. **Telex:** 950 994 soka

**Management:** Managing directors - Mrs Jacqueline Delaporte, Mrs. Michèle Fairier; director - Jean Trillet (technical and commercial). **Established:** 1951. **Capital:** Fr 2.760.000. **No. of employees:** 43.

**Mines:**

■ Quessoy, Côtes du Nord. Surface (crude annual output 200.000 tonnes. kaolin).

**Processing plants:**

■ Quessoy **Separation** - hydrocyclones. **Processing** - micronising **Customer preparation** - drying, bagging, palletising, storage **Shipping** - bulk, bags

**Mineral products:** *Kaolin* - Brut GA (Al 21%) (annual capacity 50.000 tonnes, annual output 30.000 tonnes) for tiles/cement; Lavé AL (Al 35%) (60.000 tonnes, 40.000 tonnes) for sanitary tiles, Sokalite (Al 36%) (annual capacity 10.000 tonnes) for refractories; Sialite (Al 35%) (annual capacity 10.000 tonnes, annual output 6.000 tonnes) for rubber, fibre glass

## GRECE

### **Gamco - Gambino Co**

**Head office:** Mesoghion Str., GR 11526 Athens. **Tel:** 7709630, 7709574. **Telex:** 216319 gamc gr.

**Management:** Giovanni Gambino (general manager). **Established:** 1971. **Capital:** US\$ 100,000. **No. of employees:** 10.

**Mines:**

■ Kimassi, Euboea Island. Underground (crude annual output 100,000 tonnes, magnesite).

■ Milos, Milos Island. Underground (crude annual output 200,000 tonnes, kaolin).

■ Stratoni, Halkidiki, Salonica. Underground (crude annual output 200,000 tonnes, manganese).

■ Salonica. Surface and Underground (crude annual output 150,000 tonnes, quartz).

**Mineral products:** *Magnesite, kaolin, manganese, quartz.*

### **Philkeram-Johnson SA**

**Head office:** PO Box 213, Thessaloniki. **Tel:** 416521.

**Management:** Mr. Michael (general manager).

**Mines:**

■ Lefkogia, Drama. Surface (kaolin).

**Mineral products:** *Kaolin.*

### **Titan Cement SA**

**Head office:** 8 Dragatsaniou Street, GR 10559 Athens. **Tel:** 323 0101. **Telex:** 215299.

**Management:** Managing directors - A. Canelopoulos, T. Papalexopoulos.  
**Subsidiaries:** Elmme SA (100%) (mining).

**Mines:**

■ Milos Island (kaolin).

■ Xylo Kerodia, Milos Island. Surface (pozzolana).

■ Between Aghios Nikolaos and Sitia, Crete Island (crude annual output 180,000 tonnes gypsum).

■ Thessaloniki area (limestone).

**Processing plants:**

■ Located at: N. Efkarpia, Thessaloniki; Patras Achaia, Kamari, Boetia; Elefsina.

**Mineral products:** *Kaolin:* mainly for cement, also small amount for fillers.  
**Limestone, gypsum:** (annual capacity 180,000 tonnes, annual output 180,000

tonnes), *pozzolana:* for cement, Cement.

**Additional information:** Titan is primarily involved in cement production, but a small proportion of its kaolin output is sold for filler applications.

### **Petrochem K. Zafranias SA**

**Head office:** 7-9 Potamianou Str., Ilissia, GR 11528 Athens. **Tel:** 7247143. **Telex:** 222720 zafr gr.

**Management:** C. Zafranias, A. Zafranias, S. Zafranias. **Established:** 1975. **Capital:** Drs 66,000,000. **No. of employees:** 42.

**Mines:**

■ Korinthos. Surface (crude annual output 250,000 tonnes, calcium carbonate).

■ Thassos Island. Surface (crude annual output 300,000 tonnes, dolomite).

■ Zakynthos Island. Surface (crude annual output 100,000 tonnes, calcium carbonate).

■ Milos Island. Surface (crude annual output 80,000 tonnes, kaolin).

**Processing plants:**

■ Korinthos (dolomite, CaCO<sub>3</sub>). **Processing** - grinding, micronising, chemical (coating).

**Customer preparation** - drying, storage. **Shipping** - bulk (palletised), bags (palletised), transport (lorries, conventional vessel containers).

■ Chalkis (kaolin).

**Mineral products:** *Calcium carbonate* - various grades including ground, micronised, and coated (annual capacity 20,000 tonnes, annual output 12,000 tonnes). *Dolomite* (10,000 tonnes, 3,000 tonnes). *Kaolin.*

**Principal sales agents:** Arcoma - Arabia Commercial Agency, PO Box 811, Jeddah 21421, Saudi Arabia.

**Expansion programme:** The company is constructing a 45,000 tpy capacity kaolin processing plant at Chalkis. Trial outputs have been produced from the Korinthos plant.

**Additional information:** The company also produces a white mineral based pigment (15,000 tpy capacity) at Korinthos using its own minerals blended with imported materials. Output in 1985 was 2,000 tonnes approx.

### **Varvatakis AI**

**Head office:** 82 Egnatias, Thessaloniki. **Tel:** 231 333.

**Mines:**

■ Lefkogia, Drama (kaolin).

**Mineral products:** *Kaolin.*

## PORTUGAL

### **Abrigada – Cia Nacional de Refractários Sarl**

**Head office:** Av. 24 de Julho 78, 2º e 3º, P. 1200 Lisbon **Tel:** 608061. **Telex:** 13651.

**Management:** President – José Cyrillo Machado, managers – Manuel Gorjão Henriques, Antonio Duarte Silva, José Antonio Castanho Povoas, João Miguel Gorjão Henriques de Brito. **Established:** 1856. **Capital:** Esc 5.200.000. **Subsidiaries:** Empresa Cerâmica do Fojo Sarl – Coimbra, 4400 Vila Nova de Gaia.

**Mines:**

- Abrigada. Surface (silica sand).
- Vila Nova de Gaia. Surface (kaolin)

**Processing plants:**

- Located at: Abrigada, Marinha Grande; and Vila Nova de Gaia

**Mineral products:** *Kaolin, silica sand, refractory products.*

### **Anglo Portuguesa de Caulinos de Viana Lda**

**Head office:** Apartado 97, 4901 Viana do Castelo Codex. **Tel:** 010 351 8897 1801. **Telex:** 32561.

**Management:** P. Burton (manager). **Ownership:** English China Clays (40%).

**Mines:**

- Viana do Castelo. Surface (kaolin). **Processing plants:**
- Viana do Castelo

**Mineral products:** *Kaolin.*

**Additional information:** The company is also listed under ECC International Ltd, UK.

### **Pegmatítica – Sdad Mineira de Pegmatites Lda**

**Head office:** Mesquitela, P. 3530 Mangualde. Viseu. **Tel:** 032 63163. **Cables:** Pegmatítica Mesquitela Mangualde.

**Management:** José Carolino (director), Alexandra Carolino e Costa (sales and purchasing manager).

**Established:** 1972

**Mines:**

- Guarda, Guarda. Surface (lepidolite).
- Viseu, Viseu. Surface (feldspar, quartz, mica, beryl)
- Mangualde, Viseu. Surface (kaolin).

**Processing plants:**

- Mesquitela, Mangualde.

**Mineral products:** *Lepidolite, feldspar, quartz, mica, beryl, kaolin.*

**Amberger Kaolinwerke GmbH**

**Head office:** Georg-Schiffer-Strasse 70, D 8452 Hirschau. **Postal address:** Postfach 11 40, Hirschau. **Tel:** 09622 181 **Telex:** 631 201.

**Management:** Directors - D. Heckmann (Geschäftsführender Gesellschafter), O. Hallbauer (Geschäftsführender Gesellschafter), U. Horrix (plant manager), H.J. Schnabel (marketing manager), K. Kraft (manager, research and development), F. Donhauser (manager, construction, equipment and processing plants). **Established:** 1901. **No. of employees:** 700 **Subsidiaries:** Euroclay Handelmaatschappij BV, Rotterdam, Netherlands; Gesellschaft für Rohstoffveredelung mbH, Hirschau; Ing. Büro GmbH & Co Dr. Kurt Waschek, Günzburg; Eral Equipos y Processos SA, Madrid, Spain, Mineralien-Schiffahrt u. Transport GmbH, Hirschau.

**Mines:**

■ Hirschau, Bavaria. Surface (crude annual output 1,200,000 tonnes, kaolin, feldspar and quartz sand).

**Processing plants:**

■ Hirschau. **Separation** - gravity, froth flotation, magnetic, high tension. **Processing** - grinding, chemical. **Customer preparation** - drying, bagging, palletising, storage. **Shipping** - bulk, bags, dry, slurry, transport (road and rail).

**Mineral products:** **Kaolin** (approx 25 different grades - lump, noodles, powder, slurry) (annual capacity 140,000 tonnes, annual output 140,000 tonnes); for paper (80%), ceramics, paint and various plastics, rubber (20%). Potassium **feldspar** (approx 24 different grades - wet, dry, ground) (120,000 tonnes, 120,000 tonnes); for glass, ceramics, etc. **Quartz sand/flour** (approx 62 different quartz grades - wet, dry, ground or pigmented, and 7 different flour grades) (860,000 tonnes, 300,000 tonnes); for concrete, glass, building, etc.

**Bassermann & Co**

**Head office:** E4, 4-6, POB 320, D 6800 Mannheim 1. **Tel:** 0621 20831. **Telex:** 04 63164 baco d **Cables:** Drogenhaus.

**Management:** Kurt Egger (owner), Karl Josef Köhler, Heinz Peterleit, Axel Eilers. **Established:** 1824. **Subsidiaries:** Porphyr-Werke GmbH, Freihung; Freihunger Kaolin- und Feldspat-Werk GmbH, Freihung; Baco-Mineralien GmbH, Mannheim. **Associates:** China Clay Handelsgesellschaft Bassermann & Grolman GmbH & Co, Düsseldorf.

**Mines:**

■ Freihung/Opf. Surface (kaolin, quartz and feldspar).

**Processing plants:**

■ Freihung/Opf. **Processing** - grinding (ball mills), chemical (polymerisation).

**Mineral products:** **Kaolin**, **Quartz**, **Feldspar** potassic

**Principal sales agents:** English China Clays International Ltd, St. Austell, UK; SA des Talcs de Luzenac, Luzenac, France; Stà Talco e Granite, Pinerolo Turin, Italy; Blancs Minéraux de Paris, France.

**Didier-Werke AG**

**Head office:** Lessingstrasse 16-18, D 6200 Wiesbaden, Hesse. **Postal address:** POB 20 25, Wiesbaden. **Tel:** 0 61 21 359 0. **Telex:** 4 186 681 diw d **Telecopier (Fax):** 0 61 21 359 475.

**Management:** Supervisory board - Horst Burgard (chairman); board of managing directors - Martin Bieneck (chairman), Dietrich von Knoop (vice chairman), Gerhard Reinhardt, Hans Stollenwerk, Werner Gottwald (deputy member), Peter Jeschke (deputy member). **Established:** 1834 **Capital:** DM 92,400,000. **No. of employees:** 4,062. **Subsidiaries:** Didier Taylor Refractories Corp, Ohio, USA; Didier Corporation de Produits Réfractaires, Quebec, Canada; Didier Sté Industrielle de Production et de Constructions, Paris, France; Didier SA, Lugones, Spain; Didier (South Africa) (Pty) Ltd, Sandton, South Africa.

**Mines:**

■ Greifenstein/Allendorf, Hesse. Surface (clay and quartzite).

■ Eisenberg, Rhine Palatinate. Tributed (kaolin clay and silica sand).

■ Siershahn, Rhine Palatinate. Surface (clay and prepared ceramic mixes).

■ Teublitz, Bavaria. Surface (clay and fireclay).

■ Witterschlick, North Rhine-Westphalia. Tributed (clay).

**Mineral products:** **Clay** - refractory and ceramic lump chips, dried, crushed, air classified, special mixes (up to Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 42%); **fireclay** - ground and classified; **kaolin** - elutriated, dried, lump, air classified; **silica sand** (up to SiO<sub>2</sub>, 99%); for ceramic and refractory industries

**Principal sales agents:** Direct sales.

**Gebr. Dorfner OHG, Kaolin- und Kristallquarzsand-Werke**

**Head office:** Werk Scharhof, Postfach 11 20, D 8452 Hirschau. **Tel:** 0 96 22 82 0. **Telex:** 6 31 206 gedo d. **Cables:** Gebrüder Dorfner.

**Management:** Owner - Hermann Dorfner; managers - Richard Winter (general sales), Gunther Bamler (export). **Established:** 1894. **No. of employees:** 300. **Associates:** Asmanit- und Farbenwerke Dorfner & Co; ISG Industriestein Ges.mBH; Dormineral Handels- und Speditionsgesellschaft mbH.

**Mines:**

■ Hirschau, Bavaria. Surface (crude annual output 500,000 tonnes, kaolin, quartz and feldspar).

**Processing plants:**

■ Hirschau. **Separation** - gravity, froth flotation, magnetic, high tension, washing. **Processing** - grinding, micronising, calcining. **Customer preparation** - drying, bagging, palletising, storage. **Shipping** - bulk, bags, dry

**Mineral products:** **Kaolin** and calcined kaolin (annual capacity 100,000 tonnes); for paper, fibreglass, ceramics, chemical industry, construction. **Silica sand**, silica flour (also micronised coloured silica sand) (350,000 tonnes); for glass, ceramics, construction, filtration, chemical industry. **Feldspar** for glass, ceramics.

**Additional information:** Dorsilit is the silica products trade name. The company also trades in various minerals, including slate, mica, abrasives, and calcined clay.

### **Hutschenreuther AG, Werk Schmelitz/Tirschenreuth**

**Head office:** Ludwigsmühle, D 8672 Seib. **Tel:** 09631 2131. **Telex:** 06 313 13  
**Management:** Mr. Dorschner (Vorstandsvorsitzender), Mr. Engelhardt (stellvertretender Vorsitzender), Mr. Aechtner (Vorstand). **Established:** 1824  
**Capital:** DM 17.000.000. **Ownership:** Hutschenreuther AG. **Associates:** Hutschenreuth AG, Seib (fine ceramics); Hutschenreuther-Keramag GmbH, Schwandorf (sanitary ware); Keramische Rohstoffwerke Bauscher-Mandt GmbH, Weiden (ceramic raw materials); Massemühle Wagner, Neustadt bei Coburg (prepared technical ceramic bodies); Theresienthaler Krystaliglas- und Porzellanmanufaktur GmbH, Theresienthal (drinking glasses and decorative glassware in lead crystal and potash glass); Sdade de Porcelanas Ltda, Coimbra, Portugal (household and hotel chinaware)

**Mines:**

- Schmelitz and Rappauf, Tirschenreuth. Surface (crude annual output 40.000 tonnes, feldspar and quartz)
- Schmelitz and Rappauf, Tirschenreuth. Surface (crude annual output 20.000 tonnes, kaolin).

**Processing plants:**

- Schmelitzwerk, Tirschenreuth/Opf, Bayern. **Separation** - water washing. **Processing** - grinding. **Customer preparation** - drying (spray drying).

**Mineral products:** **Kaolin** (annual capacity 12.000 tonnes), for fillers and extenders. **quartz-feldspar** - mixed (6.000 tonnes), for ceramics; 0-7mm raw ground to DIN 100 mesh (24.000 tonnes), for ceramics, prepared ceramic bodies (40.000 tonnes), for a wide range of uses.

### **Eduard Kick, Kaolin- und Quarzsandwerke GmbH & Co**

**Head office:** Kaolinwerk, D 8454 Schnaittenbach, Bavaria. **Tel:** 09622 1241 **Telex:** 631 208. **Cables:** Eduard Kick.

**Management:** Directors - Klemens Rasel (managing), Armin Hederer (technical), managers - Willibald Reiss (sales), Gerfried Unger (purchasing) **Established:** 1833. **No. of employees:** 400.

**Mines:**

- Schnaittenbach, Oberpfalz. Surface (crude annual output 700.000 tonnes, kaolin and quartz)

**Processing plants:**

- Schnaittenbach. **Separation** - gravity (cyclones), froth flotation, magnetic (PEM). **Processing** - grinding (ball mills), calcining (rotary calciner), chemical (bleaching). **Customer preparation** - drying (apron driers), bagging, palletising, storage (capacity 12.000 tonnes kaolin and 20.000 tonnes quartz). **Shipping** - bulk, bags, transport (trucks 50%, railway 50%).

**Mineral products:** **Kaolin** for paper industry - filler, semi-coating (annual capacity 65.000 tonnes); for ceramic industry - porcelain, sanitary ware, tiles, etc (33.000 tonnes); for technical chemical industry - fibre glass, rubber, paint (35.000 tonnes)

### **Otto Schmidt Kaolinwerk**

**Head office:** An der B 54, D 6251 Oberneisen, Kreis Rhein-Lahn, Land Rheinland-Pfalz. **Tel:** 06430 857.

**Management:** Walter Wirth (commercial director), Otto Wirth (technical director), Wilhelm Wirth (senior chief). **Established:** 1920. **Capital:** DM 900.000

**Mines:**

- Lohrheim (crude annual output 8.000 tonnes, kaolin).
- Aarbergen-Kettenbach (crude annual output 12.000 tonnes, kaolin)
- Weinbach Gräveneck (crude annual output 8.000 tonnes, manganese ore).

**Processing plants:**

- Oberneisen (kaolin processing) **Separation** - washing and hydrocyclone separation

**Mineral products:** **Kaolin** - water washed (annual capacity 10.000 tonnes), for paper (50%), rubber and cables (25%), chemicals (25%); sands (10.000 tonnes), for ceramics (40%), building (60%). **Manganese ore**

**ECC International Ltd**

**Head office:** John Keay House, St. Austell, Cornwall PL25 4DJ **Tel:** 0726 74482. **Telex:** 45526 **Cables:** Universal St. Austell Telex **Telecopier (Fax):** 0726 623019.

**Management:** Chairman - Sir Alan Dalton; managing director - S.R. Dennison; directors - J.B. Dobson (European marketing), T.J. Skelton (china clay, Devon and Cornwall), R.E. Brociner (research and European minerals), G.R.W. Lovring (accounts and ECC Calcium Carbonates), B.M. Grime (engineering), J.C. Croggon (ECC America), R.T. Simpson (ECC Pacific), C.W. Gronow (personnel and industrial relations). **Established:** 1932. **Capital:** Over £600,000,000 (market capitalisation) **No. of employees:** 6,444 (UK); 901 (overseas). **Ownership:** English China Clays PLC. **Subsidiaries:** ECC International (Sales) Ltd, UK, Belgium, France, Italy, Sweden, and Finland; ECC Ball Clays Ltd, UK; ECC America Inc, USA; Fordamin & Co (Sales) Ltd, UK and Italy; Whitfield Chemicals Ltd, UK; ECC Calcium Carbonates Ltd, UK, Sweden, Belgium, France, and Italy; ECC Ports Ltd, UK; ECC Pacific Ltd, Singapore, Australia, and Japan; Sté des Kaolins du Finistère SA, France (98.5%) (kaolin/mica/sand production); Kaolin Australia Pty Ltd, Australia (51%) (kaolin production); Cedepro Chemical Development & Production AB, Vastrå Frolunda, Sweden.

**China clay****Mines:**

- St. Austell, Cornwall Surface (china clay).
- Lee Moor, Devon, Surface (china clay).
- Sandersville, GA, USA, Surface (china clay).
- Berrien, Brittany, France Surface (china clay).
- São Paulo, Brazil, Surface (china clay).
- Guadalajara, Spain, Surface (china clay).
- Viana do Castelo, Codex, Portugal, Surface (china clay)
- Pittong, Linton, Vic., Australia Surface (china clay)

**Processing plants:**

■ Located at: St. Austell, Cornwall; Lee Moor, Devon; Sandersville, GA, USA (Southern Clay Products Inc) (see also separate entry); Berrien, Brittany, France (Sté des Kaolins du Finistère SA) (see also separate entry); São Paulo, Brazil (ECC do Brasil Mineração Ltda) (see also separate entry); Guadalajara, Spain (Española de Caolines SA Cia) (see also separate entry); Viana do Castelo, Portugal (Anglo Portuguesa de Caulinas de Viana Lda) (see also separate entry); Victoria, Australia (Kaolin Australia Pty Ltd) (see also separate entry). **Processing** - kaolin refining using hydrocyclones, hydroseparators, centrifuges, flotation and grinding, etc., followed by filtering and drying, where applicable

**Calcium carbonates Mines:**

- Salisbury, Wilts. Surface (chalk).
- Beverly, North Humberside, Surface (chalk).

- Carrara, Italy, Surface (marble).
- Maryland, USA, Surface (marble).
- Fuji, Japan, Surface (marble).

**Processing plants:**

■ Located at: Salisbury, Wilts. (ECC Calcium Carbonates Ltd); Beverly, North Humberside (ECC Calcium Carbonates Ltd); Carrara, Italy (ECC International SpA) (see also separate entry); Maryland, USA (Atlantic Carbonates Corp) (see also separate entry); Fuji, Japan (Fuji Kaolin Co Ltd) (see also separate entry); Precy-sur-Orse (chalk-based) (Cofam - Cie France Anglaise de Mineraux SA) (see also separate entry); Lixhe, Belgium (marble-based) (ECC Calcium Carbonates Ltd) (see also separate entry); Köping, Sweden (marble and limestone based) (Svenska Karbonatprodukter AB) (see also separate entry).

**Ball clay Mines:**

- Newton Abbot, South Devon (ball clay).
- Meeth, North Devon (ball clay).
- Wareham, Dorset (ball clay).
- Gonzales, TX, USA (ball clay).

**Processing plants:**

■ Located at Newton Abbot, South Devon (ECC Ball Clays Ltd) (see also separate entry); Wareham, Dorset (ECC Ball Clays Ltd) (see also separate entry); and Gonzales, TX, USA (Southern Clay Products Inc) (see also separate entry). **Processing:** shredding, drying, blending, milling. **Barytes Mines:**

- Middleton-in-Teesdale, County Durham (barytes).

**Processing plants:**

■ Stockton-on-Tees, Cleveland (Fordamin Co (Sales) Ltd) (see also separate entry) **Processing** - grinding

**Talc Mines:**

- Allamore, TX, USA (talc)

**Processing plants:**

■ Allamore, TX, USA (Southern Clay Products Inc) (see also separate entry). **Processing** - crushing. **Customer preparation** - drying.

**Bentonite Mines:**

- Gonzales, TX, USA (bentonite).

**Processing plants:**

■ Gonzales, TX, USA (Southern Clay Products Inc) (see also separate entry) **Processing** - grinding, chemical.

**Various minerals Processing plants:**

■ Yate, Avon (Fordamin Co (Sales) Ltd) (see also separate entry) **Processing** - grinding.

■ Shoreham, West Sussex (Fordamin Co (Sales) Ltd) (see also separate entry).

**Mineral products:** **Kaolin** (annual output over 3,000,000 tonnes); for paper, ceramics, paint, rubber, plastics, pharmaceuticals, glass fibre, etc. **Calcium carbonate** (500,000 tonnes); for paper, paint, rubber, plastics. **Ball clay** (300,000 tonnes); for ceramics, fertilisers, fillers. **Barytes**, ground; for nuclear shielding, fillers. **Talc** for ceramics, fillers. **Bentonite** - organo-bentonite for drilling, grease paint, cosmetics; treated bentonites for home care products, agricultural applications.

**Principal sales agents:** ECC International (Sales) Ltd, John Keay House, St. Austell, Cornwall PL25 4DJ.

**Additional information:** The company offers custom milling facilities at Shoreham, Sussex; Yate, near Bristol; Stockton-on-Tees, Cleveland, UK; Gonzales, TX, USA; and Lixhe, Belgium.



**The Goonvean & Rostowrack China Clay Co Ltd**

**Head office:** Goonvean Works, St. Stephen, St. Austell, Cornwall PL26 7QF. **Tel:** 0726 822381 **Telex:** 45499 grco g.

**Management:** W. Rickatson (managing director). **Established:** 1931. **Capital:** £2,500,000. **No. of employees:** 180. **Ownership:** Private.

**Mines:**

■ Goonvean China Clay Works, St. Stephen, Cornwall. Surface (crude annual output 30,000 tonnes, china clay).

■ Rostowrack Pit, St. Dennis, Cornwall. Surface (crude annual output 70,000 tonnes, china clay).

■ Great Wheel Prosper China Clay Works, Roche, Cornwall. Surface (crude annual output 12,000 tonnes, china clay).

■ Great Wheel Prosper Quarry, St. Dennis, Cornwall. Surface (crude annual output 10,000 tonnes, china stone).

**Mineral products:** *China clay* (annual capacity 112,000 tonnes). *China stone* (10,000 tonnes). Quartz and potash feldspar by-products.

**Watts Blake Bearne & Co PLC - WBB**

**Head office:** Park House, Courtenay Park, Newton Abbot, Devon TQ12 4PS. **Tel:** 0626 2345. **Telex:** 42824 wbb g.

**Management:** C.D. Pike (chairman), J.D. Pike (managing director), D. Mitchell (deputy managing director and technical director), E. Ash (production director), T.P.V. Robertson (marketing director). **Established:** 1860. **Capital:** £5,250,000. **No. of employees:** 645. **Subsidiaries:** WBB Clay Sales Ltd (100%), WBB Mineral Services Ltd (100%), The Devon & Courtenay Clay Co Ltd (100%), The North Devon Clay Co Ltd (100%), The Newton Abbot Clays Ltd (100%), WBB Holding GmbH (100%), Fuchs'sche Tongruben GmbH & Co KG (100%), WBB Mineral Trading GmbH & Co KG (100%).

**Mines:**

■ Near Newton Abbot, Bovey Basin, South Devon. Surface and Underground (crude annual output 300,000 tonnes, ball clays).

■ Near Torrington, Petrockstow Basin, North Devon. Surface (crude annual output 100,000 tonnes, ball clays).

■ Cornwood, West Devon. Surface (crude annual output 130,000 tonnes, china clays (kaolins)).

■ Ransbach-Baumbach, Westerwald, West Germany. Surface and Underground (crude annual output 500,000 tonnes, plastic clays).

**Processing plants:**

■ Bovey Basin, South Devon. **Processing** - C121, micronising, chemical (coating), shredding, refining. **Customer preparation** - drying, bagging, palletising, storage, blending. **Shipping** - bulk, bags, dry, slurry.

■ Petrockstow Basin, North Devon. **Processing** - shredding. **Customer preparation** - storage, blending. **Shipping** - bulk.

■ Cornwood, West Devon. **Processing** - hydraulic mining, hydrocyclone refining,

blending, dewatering, drying. **Customer preparation** - drying, bagging, storage. **Shipping** - bulk, bags, dry.

■ Ransbach-Baumbach, West Germany. **Processing** - grinding, micronising, shredding. **Customer preparation** - drying, bagging, palletising, storage, prepared ceramic bodies. **Shipping** - bulk, bags, dry, slurry.

**Mineral products:** *Ball clays* (annual output 400,000 tonnes), *china clays* (130,000 tonnes) and plastic *clays* (500,000 tonnes); for sanitaryware, wall tiles, floor tiles, earthenware, vitreous tableware, electro-porcelain, kiln furniture, refractories, bricks, stoneware pipes, fertilisers, insecticides, paper, paint, polymers.

**Principal sales agents:** Albania, Czechoslovakia (excl. filler) and Yugoslavia - Reimbold & Strick GmbH & Co, Cologne, West Germany. Austria, Bulgaria, Czechoslovakia (filler), Hungary, Poland, Rumania and Switzerland - Gerhard Binder, Vienna, Austria. Bangladesh - Muhsin & Kamal, Dacca. Benelux and France (ceramic) - Anc Étis Eugene Paquet Sprl, Brussels, Belgium. Brazil - Jacques Fatio, São Paulo. Canada - Prescott & Co (Canada) Ltd, Mississauga, Ont. Chile - Quimicos y Metales Blumos Ltda, Santiago. Costa Rica, Guatemala, Honduras and Nicaragua - Vargas Agencias y Representaciones, San José, Costa Rica. Denmark - Scan Keram I/S, Copenhagen. Egypt - Unidco (United Company for Agencies & Distribution), Cairo. Finland - Oy Lux Ab, Helsingfors. West Germany - WBB Mineral Trading GmbH & Co KG, Ransbach-Baumbach. Ghana, Ivory Coast, Nigeria, Pakistan and Sierra Leone - R.A. Watts Ltd, Wallington, Surrey, UK. Greece - Apex Ltd, Athens. India - Chemet, Bombay; Gujarat only - International Engineering & Trading Co, Ahmedabad. Iran - Ceramiran Co Ltd, Tehran. Italy - Petra Industrial Minerals Srl, Florence. Japan - Nippon Eirich Co Ltd, Tokyo. South Korea - Cerplas Comm. Service Inc, Seoul. Kuwait - Abdulla Sayid Rajab Al-Rifai, Kuwait. Malaysia and Singapore - H. Rogers & Co Pte Ltd, Singapore and Selangor. Mexico - Direco SA, Mexico, DF. Morocco - Comptoir Chimique et Commercial, Casablanca. New Zealand - Mintech (N.Z.) Ltd, Nelson. Norway - Oslo Cementstoperi A/S, Oslo. Panama - Agencias Miro SA, Panama. Peru - Trans-Pacific SA, Lima. Philippines - Zuellig Marketing Corp, Metro Manila. Portugal - C.J. Chambers & Co Ltd, Gaia. South Africa - Doe-Anson Pty Ltd, Wadeville, Tvl. Spain - Brendle Metalquimica SA, Vilassar de Dalt (Barcelona). Sri Lanka - Aristons Ltd, Colombo. Sweden - AB Indesko, Stockholm. Syria - Edmond M. Ibawi, Damascus. Taiwan - Fuokee Industrial Corp, Taipei. Tunisia - ARPI (Assistance et Représentation des Produits Industriels Sàrl), Tunis. Turkey - Serenpas (Seramik ve Endüstriyel Pazarlama AŞ), Istanbul. UK and Irish Republic - WBB Clay Sales Ltd, Stoke-on-Trent, Staffs. USA - Moore & Munger Inc, Fairfield, CT. Venezuela - Venamer-Ofimera SA, Caracas.

réalisation  
service  
reprographie  
du BRGM

