



Ministère de l'Economie,
des Finances et
de l'Industrie



DOCUMENT PUBLIC

*Guide des ressources minérales
en Pays de la Loire*

Première partie : panorama de l'activité

Étude réalisée dans le cadre des opérations de Service public du BRGM 97-G-127

juin 1998
R 40004





Ministère de l'Economie,
des Finances et
de l'Industrie



DOCUMENT PUBLIC

*Guide des ressources minérales
en Pays de la Loire*

Première partie : panorama de l'activité

Étude réalisée dans le cadre des opérations de Service public du BRGM 97-G-127

juin 1998
R 4004



Mots clés : Ressources minérales, Pays de la Loire.

En bibliographie, ce rapport sera cité de la façon suivante :

BRGM (1996) - Guide des ressources minérales en Pays de la Loire. Première partie :
panorama de l'activité. Rap. BRGM R 40004, 80 p., 3 fig., 10 tabl., 1 ann.

© BRGM, 1998 : ce document ne peut être reproduit en totalité ou en partie sans l'autorisation expresse du BRGM.

Synthèse

Pour mieux optimiser la gestion des ressources minérales en Pays de la Loire, la réalisation d'un guide des ressources a été proposée dans le cadre des actions de Service public du BRGM (fiche 97-G-127).

Il comportera deux volets, d'une part un panorama de l'activité permettant de fixer les enjeux, qu'ils soient techniques, liés aux marchés ou à la réglementation et, d'autre part, une identification des ressources complétée le cas échéant par des études de caractérisation.

En 1997, un panorama concernant cinq substances sélectionnées par la DRIRE a été réalisé, il s'agit des argiles, des calcaires et dolomies à usage industriel et agricole, de la tourbe à usage de support de culture, de l'antimoine et des ardoises.

- Les **argiles**, exploitées en Pays de la Loire, sont utilisées pour la fabrication des **terres cuites** (exploitation de la ressource et transformation) ou de **réfractaires**.

Dans ces deux domaines, le faible coût unitaire de la ressource impose un approvisionnement local dont il faudra assurer la pérennité en maintenant les qualités. Un inventaire des ressources s'impose donc compte tenu de la diversité et de l'hétérogénéité de la ressource au niveau régional et correspond au souhait des fabricants.

Pour des argiles spéciales comme les **bentonites** et les **attapulgites**, le prix de la ressource ainsi que l'importance des besoins nationaux pourraient justifier une éventuelle identification dans la mesure où des indices d'argiles montmorillonitiques sont connus et que des gisements d'attapulgite ont déjà été identifiés dans les bassins tertiaires.

L'utilisation des argiles aux fins de confinement engendrera une demande, la ressource nécessairement d'origine locale devra cependant répondre à des spécifications réglementaires strictes, ce qui conforte la nécessité d'une caractérisation des ressources disponibles.

- L'usage des **calcaires** et **dolomies**, sous forme crue ou cuite, aux fins d'amendement agricole présente une croissance supérieure à 5 % en rythme annuel sur les douze dernières années et cette tendance se poursuivra vraisemblablement. Les cinq sociétés

transformatrices régionales, avec une production cumulée de 1 100 000 t, assurent 9 % de la production nationale. **Une sécurité d'approvisionnement régionale en ressource de qualité adaptée est nécessaire pour le long terme.**

- La **tourbe noire** extraite en Pays de la Loire représente 17 % de la production nationale, elle est exclusivement destinée à la fabrication de supports de culture. Si la demande de ce produit doit rester stable, le classement en ZNIEFF de nombreuses zones humides implique, à moyen terme, un risque pour l'approvisionnement à partir des zones traditionnelles.

Identifier les zones potentiellement exploitables dans le respect des impératifs écologiques paraît donc indispensable pour fixer, au niveau régional, l'activité de transformation.

- L'activité extractive de l'**antimoine** a cessé en France depuis 1935, la région Pays de la Loire ayant assuré à elle seule 46 % de la production historique française cumulée. L'usine de Saint-Genest près de Laval en Mayenne, située près d'un ancien site d'exploitation, assure les 2/3 de la production nationale de produits transformés, notamment pour le secteur des ignifugeants, en pleine croissance malgré l'existence de produits de substitution. Une exploitation régionale de l'antimoine n'est pas envisageable, en raison, aussi bien des faibles réserves disponibles, que du faible prix de la matière première.

- Bretagne et Pays de la Loire représentent 70 % de la consommation d'**ardoises** pour couverture en France. La production française ne couvre la demande qu'à hauteur de 15 %, essentiellement à partir de Trélazé et Noyant-la-Gravoyère en **Maine-et-Loire**.

Compte tenu de l'importance du secteur pour l'économie régionale, la pérennisation de l'activité extractive paraît un enjeu important. Cependant, la forte concurrence des producteurs espagnols, en tirant les prix du marché vers le bas, pénalise, pour le court terme, les exploitations souterraines françaises.

La valorisation des déchets d'exploitation, comme granulats ou pierre dimensionnelle, en permettant d'améliorer la compétitivité de l'exploitation, constituerait donc un atout pour la pérennisation de l'activité.

Sommaire

Introduction	9
1. Les argiles	13
1.1. Les argiles pour terre cuite	20
1.1.1. Caractéristiques de la matière première	20
1.1.2. Normes	22
1.1.3. Tests d'identification	22
1.1.4. Produits de substitution	23
1.1.5. Production et marché des terres cuites	25
1.1.6. Perspectives	27
1.2. Les argiles kaoliniques pour céramique et réfractaire	29
1.2.1. Caractéristiques de la matière première et spécifications	32
1.2.2. Normes	36
1.2.3. Tests d'identification et de caractérisation	36
1.2.4. Produits de substitution	36
1.2.5. Production et marché	38
1.2.6. Perspectives	39
1.3. Les bentonites	39
1.3.1. Produits de substitution	42
1.3.2. Production et marché	42
1.3.3. Perspectives	43
1.4. Les attapulgites et sépiolites	43
1.4.1. Utilisations	43
1.4.2. Production et marché	44
1.4.3. Perspectives	44
1.5. Les argiles pour confinement	44
2. Calcaires et dolomies à usage industriel et agricole	47
2.1. Utilisations	49
2.2. Caractéristiques de la matière première	50

2.3. Produits de substitution	51
2.4. Production et marché	52
2.4.1. Niveau national	52
2.4.2. Niveau régional	52
2.4.3. Perspectives.....	53
3. Tourbe à usage de support de culture	55
3.1. Utilisations.....	56
3.2. Caractéristiques de la matière première.....	56
3.3. Normes.....	57
3.4. Tests de caractérisation.....	57
3.5. Spécifications professionnelles.....	57
3.6. Produits de substitution	58
3.7. Production et marché	59
3.7.1. Niveau national	59
3.7.2. Niveau régional	59
3.8. Perspectives	60
4. Antimoine	61
4.1. Utilisations.....	61
4.2. Caractéristiques de la matière première.....	63
4.3. Produits de substitution	63
4.4. Production et marché	64
4.5. Perspectives	64
5. Ardoises	65
5.1. Utilisations.....	66
5.1.1. Pierres dimensionnelles.....	66
5.1.2. Poudres et paillettes	66

5.2. Caractéristiques de la matière première.....	66
5.3. Normes.....	67
5.4. Production et marché.....	67
5.5. Perspectives.....	69
5.5.1. Ardoise de couvertures.....	69
5.5.2. Autres produits ardoisiers.....	69
Conclusion.....	71
Références bibliographiques.....	73
Annexe 1 - Entreprises et organismes consultés.....	75

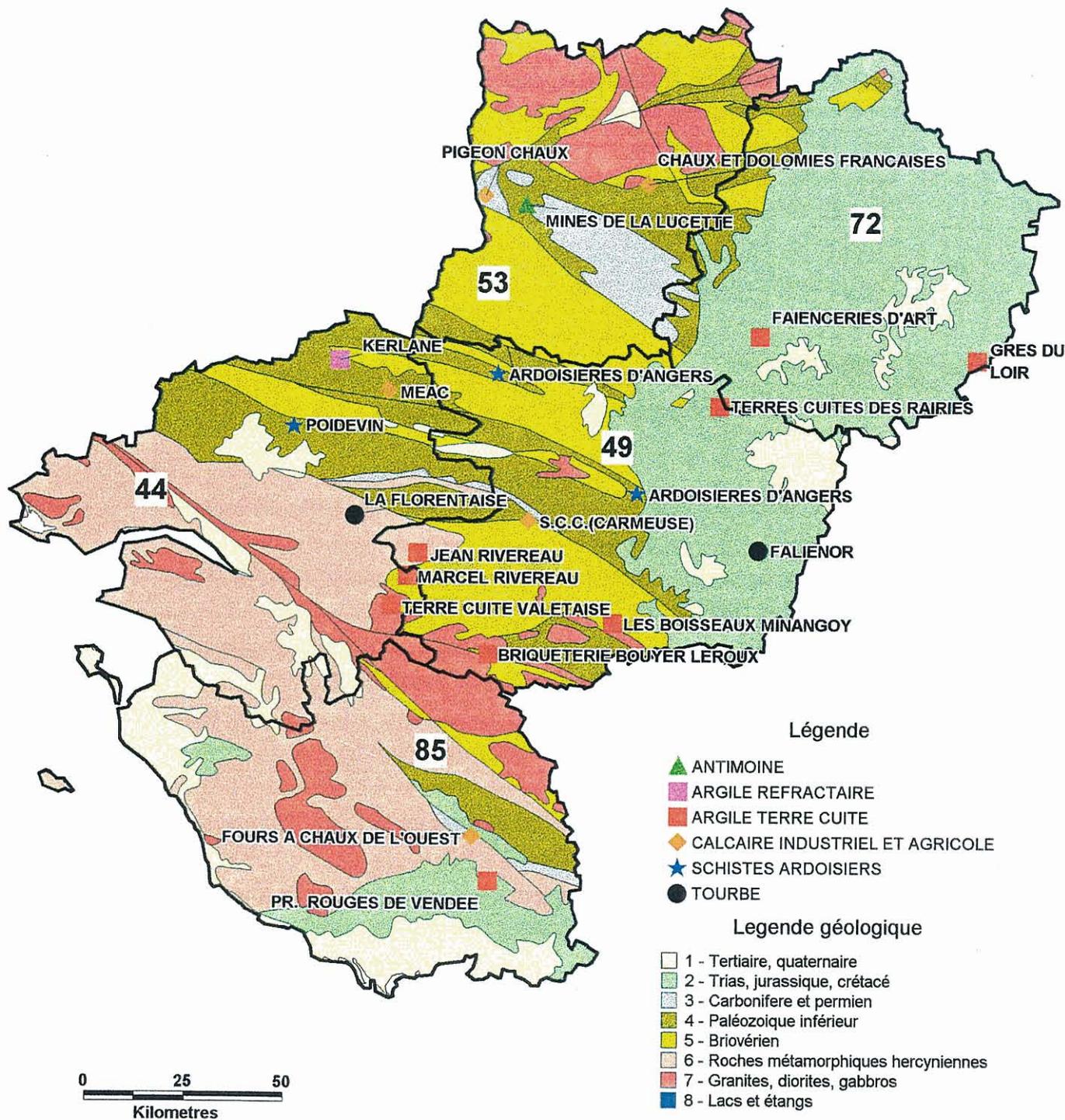
Liste des figures

Fig. 1 - Argile, tourbe, ardoise, antimoine, calcaire et dolomie à usage industriel et agricole. Principaux centres d'extraction et de transformation en Pays de la Loire.....	10
Fig. 2 - Répartition de la production des différents produits de terre cuite en 1996 et évolution de ces productions sur une longue période.....	26
Fig. 3 - Schéma du processus de fabrication des produits céramiques (d'après l'Industrie céramique et verrière).....	34

Liste des tableaux

Tabl. 1 - Grandes classes de produits céramiques (d'après l'Industrie céramique, 1992).....	18
Tabl. 2 - Argiles : production nationale et échanges extérieurs de matière première et de produits transformés (1995-1996).....	24
Tabl. 3 - a) Argiles communes pour terre cuite en Pays de la Loire. Principales caractéristiques de la production de produits transformés. b) Argiles kaoliniques pour céramiques et produits réfractaires en Pays de la Loire. Principales caractéristiques de la production de matière première.....	28
Tabl. 4 - a) Argiles communes pour terre cuite en Pays de la Loire. Eléments de caractérisation de la ressource utilisée. b) Argiles kaoliniques pour céramiques et produits réfractaires en Pays de la Loire. Eléments de caractérisation de la ressource utilisée.....	30
Tabl. 5 - Compositions chimiques d'argiles nobles crues utilisées en Europe dans l'industrie céramique (dans "Mémento argiles nobles pour produit céramique").....	37
Tabl. 6 - Principales applications commerciales de la bentonite en relation avec ses propriétés physico-chimiques (d'après J.A. Bain <i>in</i> D. Hignley).....	41
Tabl. 7 - Calcaires et dolomies à usage industriel et agricole en Pays de la Loire.	48
Tabl. 8 - Tourbe à usage de support de culture en Pays de la Loire.....	54
Tabl. 9 - Antimoine en Pays de la Loire.	62
Tabl. 10 - Ardoise et schistes ardoisiers en Pays de la Loire.	68

**ARGILE, TOURBE, ARDOISE, ANTIMOINE,
CALCAIRE ET DOLOMIE A USAGE INDUSTRIEL ET AGRICOLE**
principaux centres d'extraction et de transformation



développé par le BRGM-DSGR/PAL pour la D.R.I.R.E. Pays de la Loire

Fig. 1 - Argile, tourbe, ardoise, antimoine, calcaire et dolomie à usage industriel et agricole. Principaux centres d'extraction et de transformation en Pays de la Loire.

Introduction

La présente étude a été réalisée dans le cadre des actions de Service public du BRGM, sous le numéro de fiche 97-G-127.

Pour accompagner l'évolution réglementaire qui place les carrières sous le régime des installations classées et instaure le schéma départemental des carrières, il apparaît nécessaire de disposer, au niveau régional, d'un outil opérationnel souple pour optimiser la gestion des ressources naturelles dans une perspective de développement durable.

Il est proposé de réaliser cet outil sous la forme d'un guide pouvant être actualisé régulièrement.

Celui-ci aura pour objectif, à la fois d'orienter l'entrepreneur dans sa recherche d'une ressource en terme de disponibilité et d'exploitabilité, mais aussi de mieux fixer les enjeux, techniques ou économiques dans le cadre d'une économie de marché de plus en plus élargie géographiquement.

Les ressources, qui vont être successivement traitées, seront donc d'abord des ressources d'intérêt régional, parce que déjà mises en oeuvre par les industries de transformation locales, ou dont l'intérêt pourrait être justifié en fonction des besoins ou des spécificités du marché.

Ce guide sera réalisé dans le cadre d'une programmation pluri-annuelle, et comportera, d'une part, un panorama qui mettra à disposition des données d'ordre général, techniques et économiques, à caractère régional et national, d'autre part, un catalogue incluant un fichier géoréférencé qui permettra de :

- réunir l'essentiel des données locales disponibles ;
- mieux définir la ressource, si nécessaire, en fonction d'une finalité précise ;
- caractériser cette ressource par la réalisation d'études de laboratoire spécifiques.

Le présent rapport correspond au premier volet (panorama) réalisé en 1997 pour les cinq substances suivantes retenues par la DRIRE Pays de la Loire :

- les argiles ;
- les calcaires et dolomies à usage industriel et agricole ;
- la tourbe ;
- l'antimoine ;
- les ardoises.

Après avoir présenté leurs propriétés physico-chimiques et leur mode de gisement, nous envisagerons successivement les principaux secteurs d'utilisation, les spécifications, ainsi que les éventuels produits de substitution.

Les conditions du marché ainsi que les flux d'échanges seront décrits, en essayant de replacer l'activité régionale dans le contexte national voire européen.

Toutes ces substances, y compris l'antimoine, relèvent d'une économie de marché plus que d'une économie de production, elles couvrent en effet un vaste spectre d'utilisations, depuis des produits de base où le matériau subit peu ou pas de transformation, jusqu'à des produits de spécialité qui nécessitent en amont une élaboration complexe et en aval l'existence ou la création d'un marché.

Conditions de marché et flux d'échange concernent donc le plus souvent des produits transformés plutôt que l'économie des matériaux proprement dit.

La distinction entre produits de base et produits de spécialité sera déterminante puisque ces derniers, compte tenu de leur prix élevé, pourront s'adresser à un marché géographiquement plus large, à la différence des produits de base qui conserveront une vocation locale en raison de l'incidence du coût de transport sur leur prix.

Mode d'acquisition des données

• Données techniques et économiques

Les données ont été réunies, d'une part, à partir des mémentos roches et minéraux industriels du BRGM, d'autre part, par la consultation des données les plus récentes dans la presse technique, ou celles disponibles auprès des différentes organisations professionnelles.

• Statistiques

Dans un premier temps, l'Unicem (Union nationale des industries de carrières et matériaux de construction) a été consultée. Cependant, il est vite apparu que les données fournies sont agrégées par branche d'activité et disponibles uniquement pour les domaines présentant un nombre d'adhérents suffisants. On notera, en particulier, que le secteur des ardoises est exclu de ces statistiques. Il a donc été nécessaire, dans un deuxième temps, de consulter les syndicats professionnels puis les principaux opérateurs régionaux.

Enfin, les statistiques concernant les échanges proviennent de la Direction des Douanes (Direction Nationale des Statistiques et du Commerce Extérieur).

Les éléments recueillis ont été synthétisés par tableaux pour les différentes substances.

1. Les argiles

Pour mériter le nom d'argile, une roche doit présenter plus de 50 % de minéraux argileux, silicates d'alumine hydratés constituant des feuillets dont la taille est inférieure à 2 μm .

Cette définition est donc d'abord granulométrique, une roche argileuse pourra également être décrite par sa composition minéralogique (argile kaolinique), mais aussi par la texture de la phase argileuse (argiles dispersées dans la roche, plus ou moins orientées, argiles flocculées, argiles lenticulaires, litées, laminées), voire par les autres constituants rencontrés. Ceux-ci peuvent être des carbonates (calcite, dolomie), des silicates (quartz, feldspaths, micas), plus rarement des sulfates, de la matière organique ou des oxydes de fer.

Les propriétés physiques (plasticité, absorption, etc.) et géochimiques (échanges cationiques etc.) d'une argile sont conditionnées par la chimie et la minéralogie des minéraux argileux qui la constituent mais aussi par les autres constituants dont la concentration pourra être pénalisante suivant les utilisations.

On peut distinguer quatre familles principales de minéraux argileux, ce sont :

- les **kaolinites**, dont la réfractarité est due à une teneur élevée en alumine (39,5 % Al_2O_3 dans la composition chimique théorique). De nombreuses présentations cristallographiques existent : plaquettes hexagonales, assemblages en livres, empilements en vermicule qui justifient des dénominations spécifiques (nacrite, dickite), voire des présentations sans assemblages définis dites désordonnées. L'**halloysite**, plus rare, est une kaolinite hydratée aux cristaux enroulés en forme de tubes ; elle se distingue de la kaolinite par une plus grande plasticité ;
- les **smectites** sont caractérisées par leur capacité d'échange cationique (Ca^+ , Na^+ , K^+ ..) élevée et leur possibilité d'hydratation qui leur valent le nom d'argiles gonflantes. Minéralogiquement on peut distinguer, la **montmorillonite**, la beidellite, l'hectorite et la saponite. Une plus faible teneur en alumine ainsi que la présence d'éléments fondants (alcalins et alcalino-terreux) en font des minéraux non réfractaires. Le terme de **bentonite** est un terme commercial qui désigne les argiles absorbantes du groupe des smectites ;
- les **illites**, surtout caractérisées par la présence de potassium, présentent une structure voisine des smectites, mais les propriétés d'échange, d'hydratation et de gonflement sont faibles (cations faiblement échangeables).

Les **palygorskites** ou **attapulgites** et les **sépiolites** se caractérisent chimiquement par la présence de magnésium pouvant être partiellement remplacé par Al et Fe et minéralogiquement par leur forme fibreuse, elles présentent une forte capacité d'absorption.

Outre ces minéraux, il existe des **argiles interstratifiées** constituées de particules où alternent des feuillets de nature différente.

Gisements

Les minéraux argileux sont le plus souvent formés aux dépens des roches de la croûte terrestre, au cours de processus d'altération chimique complexes, soit :

- en liaison avec les eaux météoriques, en milieu continental (phénomènes pédogénétiques) ;
- en liaison avec des circulations hydrothermales (origine partiellement envisagée pour la kaolinite formée aux dépens des granites).

La nature des minéraux formés variant en fonction de la nature de la roche mère, du climat, mais aussi des conditions de drainage (les smectites sont caractéristiques des milieux confinés).

Les minéraux argileux peuvent aussi être formés par précipitation chimique en milieu marin ou lagunaire (illite).

Deux grands types de gisements d'argiles pourront être rencontrés suivant que l'argile reste sur place (gîte résiduel) ou est transportée en milieu aquatique (gîte sédimentaire), que ce dernier soit continental (fluviatile), épicontinental (lagunaire) ou marin.

Alors que les gisements résiduels ont souvent une morphologie irrégulière, les gisements sédimentaires, sont en général plus réguliers et étendus, en raison d'une homogénéisation et d'un classement au cours du transport. Ils présentent cependant des variations, latérales ou verticales liées aux rythmes climatiques en contexte continental à épicontinental, voire aux processus sédimentaires.

Pour être exhaustif, il convient également de citer les gisements secondaires constitués par les boues de lavage de carrières ou de mines, voire les boues résiduaires qui peuvent représenter une ressource dont la qualité devra cependant être strictement contrôlée en raison des éléments traces contenus.

Ressources en Pays de la Loire

Les argiles, pouvant constituer une ressource en Pays de la Loire, se caractérisent par leur diversité qui reflète en partie les conditions de formation et, dans la plupart des cas, leur hétérogénéité, aussi bien en terme de composition argileuse que de minéraux associés. Nous dressons ci-après un bref inventaire qui souligne cette diversité.

• Quaternaire

Les **limons** constituent des placages sur les plateaux, leur épaisseur est cependant variable (entre 0,5 et 5 m). Ils peuvent convenir pour la fabrication de terre cuite s'ils sont suffisamment argileux (> 45 %).

La **formation Jalle**, rencontrée dans le lit majeur de la Loire, renferme des argiles sableuses noires, verdâtres, riches en matière organique. Les gisements sont lenticulaires et d'épaisseur variable (3 m en moyenne) et ne font pas l'objet d'exploitation.

La **formation Bri**, localisée en Vendée, est d'origine marine et présente des épaisseurs très variables (de 3 à 25 m). Il s'agit d'une argile grise très homogène exploitée anciennement pour terre cuite à Damvix et Vouillé-les-Marais en Vendée.

• Tertiaire

Rappelons qu'à l'échelle nationale, les bassins argiliers des Charentes et de Provins, qui assurent les deux-tiers de la production française d'argile céramique et réfractaire, sont d'âge tertiaire.

Des argiles du **Pliocène** ou de l'**Eocène** sont largement réparties au niveau régional ; elles se caractérisent par une **dominante kaolinique**. D'anciennes exploitations pour tuiles et briques y sont connues.

• Crétacé

Les argiles à silex du **Turonien** (Sarthe) correspondent à l'altération de la craie, leur épaisseur est variable et leur composition hétérogène : **elles peuvent être composées de montmorillonite pratiquement pure ou au contraire de kaolinite**.

Les argiles **cénomaniennes** de base (Sarthe et Maine-et-Loire) se caractérisent par une prédominance de **kaolinite** et de **montmorillonite** ; elles présentent en général de nombreux débris végétaux, ainsi que de la pyrite. Elles sont encore exploitées pour terre cuite à Durtal et aux Rairies en Maine-et-Loire.

Les **argiles à minerai de fer**, rencontrées dans la Sarthe et le Maine-et-Loire, sont glauconieuses et ferrugineuses, leur composition est hétérogène : kaolinite ou montmorillonite dominante en association à l'illite.

Les **argiles d'Ecommoy**, rencontrées dans la Sarthe, étaient exploitées sous 4,7 m de recouvrement sablo-argileux. Elles se caractérisent par leur richesse en matière organique, débris de bois et nodules pyriteux.

Les argiles de **Challans** en Vendée, de couleur noire ou grise, peuvent atteindre 10 à 15 m d'épaisseur et présentent une composition à dominante de montmorillonite et de kaolinite. Elles ont été exploitées pour la terre cuite.

• Jurassique

Dans l'Oxfordien de la Sarthe, des niveaux argileux, de 1 à 5 m d'épaisseur, sont intercalés avec des bancs de calcaire ; ils sont à dominante de **montmorillonite** et d'**illite**, mais ne présentent pas de kaolinite. Ils ont été exploités pour la terre cuite.

Dans la Sarthe et en Vendée, le **Callovien** présente des marnes et argiles calcaires localement sableuses et pyriteuses d'une grande homogénéité. Leur composition est **kaolino-illitique**, pour des épaisseurs pouvant atteindre 30 m.

Le **Lias** de Vendée est constitué d'argiles rouges épaisses de 10 à 15 m.

• Paléozoïque et Précambrien

Les schistes correspondant à ces formations sont fréquemment altérés sur des épaisseurs importantes, les gisements peuvent se présenter sous forme de poches ou d'épaisses couches d'altérites qui n'ont pas été systématiquement individualisées en tant que telles. Les éléments disponibles les concernant, aussi bien du point de vue identification que caractérisation, sont donc incomplets.

Peuvent être citées :

- les argiles de **Messenger** en Loire-Atlantique, qui proviennent de l'altération de schistes du **Dévon-Carbonifère**, pouvant atteindre des épaisseurs de 2 à 3 m ;
- dans la Mayenne et la Sarthe, les argiles d'altération de schistes du **Silurien** se présentent en poche ; elles ont été exploitées à La Baconnière, mais présentent peu d'intérêt en raison de leur hétérogénéité ;
- en Loire-Atlantique, les **argiles kaoliniques de Chateaubriant** et de **Sion-les-Mines** correspondent à l'altération des schistes à calymènes (schistes d'Angers), d'âge ordovicien. Leur épaisseur varie de 2 à 12 m, sous 1 à 2 m de recouvrement stérile. Il s'agit d'argiles bleues, homogènes, riches en matière carbonneuse, qui sont encore **exploitées pour produits réfractaires à Chateaubriant** ;
- les **argiles de Rougé** résultent de l'altération des schistes intermédiaires dans la formation des grès armoricains. De nature essentiellement kaolinique, ces argiles ont anciennement été exploitées pour fabriquer des tuyaux de grès ;

- des argiles sont encore exploitées dans le Choletais et en Vendée, sur un substratum d'âge **briovérien**, représenté par des schistes et micaschistes. Essentiellement kaoliniques, ces argiles constituent des gisements hétérogènes. Enfin, les roches intrusives acides peuvent receler des gisements de kaolin.

Secteurs d'utilisation

L'importance respective des différents secteurs d'utilisation au niveau français peut être appréhendée à partir de la consommation apparente des matières premières. Soulignons cependant que pour certains secteurs, faute de données sur les échanges il a fallu procéder à des estimations.

La consommation apparente totale française d'argile et de kaolin peut être estimée, en 1996, à 7 709 000 t qui se décomposent comme suit (source : Service des Douanes et Syndicats professionnels) :

- argiles communes pour terre cuite : environ 5 864 000 t ¹ (76 %) ;
- argiles kaoliniques pour céramiques et réfractaires : 981 226 t (12,7 %) ;
- bentonites : 155 907 t (2,02 %) ;
- attapulgités et sépiolites : 211 956 t (2,7 %) ;
- kaolin : 495 313 t (6,4 %).

Pour mieux préciser les enjeux, soulignons cependant que, compte tenu des prix relativement importants des argiles de spécialité, la part respective des différents secteurs est sensiblement différente en terme de valeur. Pour un chiffre d'affaires total de l'ordre de 767 774 kF, la répartition est en effet la suivante :

- argiles communes pour terre cuite : environ 58 640 kF (7,6 %) ;
- argiles kaoliniques pour céramiques et réfractaires : 182 360 kF (23,7 %) ;
- bentonites : 84 809 kF (11 %) ;
- attapulgités et sépiolites : 135 548 kF (17,6 %) ;
- kaolin : 306 417 kF (40 %).

¹ La donnée fournie pour les argiles communes pour terre cuite a été estimée à partir des tonnages de produits cuits fournis par la F.F.T.B. (x 1,2 pour obtenir le tonnage de matière première sèche).

Caractéristiques	Types de produits	Utilisations
<p>Produits de terre cuite</p> <p>Matières premières : marnes et argiles. Cuisson : 900/1000°C Produits poreux naturellement colorés</p>	Bruts, émaillés ou vernissés	Tuiles et accessoires (vernissées ou non) Briques pleines, creuses et de parement. Hourdis Conduits de fumée, boisseaux de cheminées Tuyaux de drainage Carreaux de dallage Poteries horticoles, culinaires et ornementales
<p>Faïences</p> <p>Matières premières : argiles, kaolins, quartz et matières d'addition Cuisson : 950 à 1 250°C Produits à tesson poreux recouvert par un émail transparent ou opaque</p>	à pâte siliceuse à pâte argileuse (colorées ou blanche)	Vaisselle de table Pièces décoratives Carreaux de revêtement mural
<p>Grès</p> <p>Matières premières : argiles grésantes, kaolins, feldspaths, quartz, etc. Cuisson 1200/1250°C Tesson vitrifié recouvert ou non d'un émail. Résistance à l'usure, au poinçonnement, aux agents chimiques</p>	Grès cérame fin vitrifié. Grès étiré. Grès émaillé Gros Grès, Grès fin Grès anti-acide Poterie de grès	Carreaux de sol et mur Pièces sanitaires Grès de chimie Vaisselle utilitaire, pièces décoratives et de construction
<p>Porcelaines</p> <p>Matières premières : kaolins, argiles cuisant blanc, feldspaths, quartz, fritte, talc, os, etc. avec ou sans additions Cuisson : 1100-1300°C Tesson vitrifié recouvert ou non d'un émail transparent Pâte fine et blanche translucide sous faible épaisseur (2 m)</p>	Dures (feldspathiques, cordiéritiques, stéalites...) Vitro China Tendres (à-fritte, phosphatiques : bone china..)	Vaisselle de table, pièces décoratives, porcelaine dentaire, pièces d'électrotechnique, bougies de moteur Appareils sanitaires, vaisselle hôtelière et collectivités Vaisselle de table, pièces décoratives
<p>Produits réfractaires</p> <p>Matières premières réfractaires à base d'alumine, silice, dolomie, magnésie, zircon, carbone, etc. Cuisson 1250/2000°C Résistance aux températures élevées et à l'action physique ou chimique chaude ou froide</p>	<ul style="list-style-type: none"> •Façonnés (denses ou isolants) : briques, pièces de formes •Non façonnés (denses ou isolants) : pisés, mélanges plastiques, bétons, mélanges projetables, enduits et revêtements de surface, matériaux de jointement (coulis et ciments réfractaires) •Fibres et matériaux à base de fibres céramiques : nappes, feutres, modules, pièces préformées, papiers, cordons, tresses bourrelets, bétons fibreux, etc. 	Applications dans toutes industries à équipements thermiques : sidérurgie, métaux non ferreux, verre, céramique, ciments, chaux, chimie et pétrochimie, production d'énergie, installations d'incinération, chauffage
<p>Céramiques techniques avancées</p> <p>Matières premières synthétiques de haute pureté : oxydes, carbures, nitrures, borures, siliciures, tellurures, sulfures, fluorures, etc. Frittages jusqu'à 2600°C Produits à hautes performances : électriques, magnétiques, optiques, chimiques, mécaniques, thermo-mécanique, biologiques, etc.</p>	Poudres Fibres Préformes Composants Pièces Ensembles Composites Revêtements	<ul style="list-style-type: none"> •Electronique et électricité : composants diélectriques, magnétiques ou semi-conducteurs •Aéronautique et spatial : freins, tuyères, boucliers thermiques •Automobiles : pots catalytiques, pièces chaudes de moteurs, •Mécanique : outils de coupe, textile, abrasifs •Biomédical : implants et prothèses •Chimie, métallurgie : fibres, échangeurs •Optique, Nucléaire, etc.

Tabl. 1 - Grandes classes de produits céramiques (d'après l'Industrie céramique, 1992).

Les usages céramiques au sens large recouvrent donc l'essentiel des utilisations répertoriées des argiles en terme de volume (> 90 %), mais aussi de valeur (> 60 %), puisqu'une grande partie du kaolin est destinée aux usages céramiques.

Le mot céramique est un terme générique qui recouvre en fait une large variété de produits (voir tabl. 1). Ils ont en commun un traitement à **température élevée de composés naturels, en général silicatés**. La cuisson subie engendre des transformations irréversibles et aboutit à l'élaboration de matériaux durs et rigides capables de résister aux agressions chimiques et physiques, notamment à l'action de l'humidité.

Les réfractaires appartiennent également à cette famille. Pour être qualifié de réfractaire, un produit non métallique devra résister à des températures supérieures à 1 500°C (définition ISO).

Le caractère réfractaire d'une argile augmente avec la teneur en alumine, à l'inverse, la "fluidisation" augmente avec le contenu en éléments fondants (K_2O , Na_2O , MgO , CaO), et définit le caractère grésant d'une argile.

Un produit de terre cuite est naturellement coloré et traité à des températures n'excédant pas 1000°C.

Nous envisagerons successivement :

- les argiles pour terre cuite ;
- les argiles kaoliniques pour céramiques réfractaires ;
- les bentonites ;
- les attapulgites ;
- les argiles pour confinement.

Les deux premiers secteurs sont représentés régionalement, aussi bien au niveau de l'exploitation des ressources que de leurs transformations.

"Bentonites" et attapulgites, bien que non exploitées régionalement seront succinctement abordées à cause de l'intérêt qu'elles peuvent représenter en raison de leur prix relativement élevé : 550 F/t pour les bentonites, 650 F/t pour les attapulgites, 600 F/t pour le kaolin à comparer à 200 F/t pour les argiles kaoliniques et seulement 10 F/t pour les argiles communes (prix moyens).

Le kaolin n'a pas été retenu dans le cadre de cette première étude. L'utilisation des argiles à des fins de confinement sera également traitée, surtout pour en préciser les spécifications.

1.1. LES ARGILES POUR TERRE CUITE

Les terres cuites sont également désignées sous le terme de produits rouges. Elles regroupent (cf. tabl. 1) une grande variété de produits : briques, boisseaux, tuiles, carreaux, mais également les poteries horticoles.

Leur usage se développe non seulement dans leur secteur de prédilection qu'est le bâtiment, par l'amélioration des qualités mécaniques (les résistances à la compression de 400 à 600 bars sont courantes et peuvent même atteindre 1000 bars), mais aussi par l'augmentation des performances d'isolation thermique.

Toutes ces performances et cette évolution doivent beaucoup à une matière première dont la plasticité permet l'utilisation de techniques de façonnage multiples : étirage, filage, pressage, coulage, adaptées à une grande diversité de produits.

1.1.1. Caractéristiques de la matière première

a) Argile pour terre cuite

La matière première idéale doit présenter de bonnes propriétés dilatométriques, un bon palier de cuisson, ne pas engendrer d'hétérogénéités et de déformations suite à la cuisson. Elle devra donc être suffisamment **plastique** (grasse), mais contenir en proportion suffisante des éléments inertes (**dégraissants**), comme le quartz pour permettre un façonnage correct et faciliter le dégazage au cours de la cuisson.

Les argiles utilisées seront donc en général des argiles mixtes dans lesquels plusieurs minéraux argileux seront associés, en général illites, kaolinites et montmorillonites.

Une matière première idéale devrait présenter les caractéristiques suivantes en termes de compositions minéralogiques et chimiques ainsi que de granulométrie :

- **minéraux argileux** : illite et/ou kaolinite, avec illite dominante, montmorillonite de l'ordre de 5 %, mais toujours moins de 10 % ;
- **sable quartzeux** : en proportion variable suivant les utilisations, mais en moyenne 30 à 40 % (jusqu'à 60 % pour certaines briques pleines) ;
- **calcite fine**, bien répartie dans la masse : 5 à 10 % souhaité, acceptable jusqu'à 25 %, mais en pratique il est bon de se limiter à 15 % ;
- **éléments colorants** :
 - . 5 à 10 % de Fe_2O_3 (coloration rouge à la cuisson),
 - . 3 à 10 % de TiO_2 , en présence de Fe_2O_3 : coloration jaune,
 - . 0,5 à 4 % de MnO_2 en présence de Fe_2O_3 : coloration brune ;

- **matière organique** : nécessaire mais en faible proportion ;
- **éléments pénalisants** :
 - . CaSO_4 (< 4 %)
 - . NaCl (< 1,5 %)
 - . Na_2SO_4 (< 0,4 %)
 - . MgSO_4 (1 %)
- calcite et éléments colorants en **grains**, ainsi que pyrite (FeS_2), charbon ou résidu de bois) ;
- **Granulométrie** :
 - . **sable** :
 - 70 % compris en 200 et 500 μm avec maximum de 800 μm , pour la fabrication de tuiles,
 - 70 % compris entre 300 et 1 000 μm avec maximum de 1 500 μm , pour la fabrication des briques,
 - . **calcite**, éléments colorants et impuretés inférieures à 400 μm .

Il sera possible, à partir d'une ressource locale, d'approcher la composition type par un traitement mécanique (broyage) ou l'utilisation d'adjuvants, qui seront le plus souvent des éléments dégraissants (mâchefers, cendres volantes, sables siliceux, chamottes ou "cassons" ; le terme chamotte désigne des argiles kaoliniques, cuites et broyées à une granulométrie déterminée, les cassons sont issus du recyclage des matériaux cuits défectueux).

La composition chimique pourra varier dans les limites suivantes :

- Perte au feu	:	3 à 18 %
- Silice (SiO_2)	:	35 à 80 %
- Alumine (Al_2O_3)	:	8 à 25 %
- Oxyde de titane (TiO_2)	:	0,3 à 2 %
- Oxyde de fer (Fe_2O_3)	:	2 à 9 %
- Chaux (CaO)	:	0,5 à 15 %
- Magnésie (MgO)	:	0 à 3 %
- Soude (Na_2O)	:	0,1 à 1 %
- Potasse (K_2O)	:	0,5 à 4 %
- Anhydride sulfurique (SO_3)	:	0 à 4 %
- Anhydride carbonique (CO_2)	:	0 à 15 %

b) Argiles pour granulats expansés

Elles doivent présenter une bonne aptitude à l'expansion et contenir des minéraux argileux de nature illitique ou illito-montmorillonitique, le contenu en kaolinite ne doit pas dépasser 40 % pour éviter une trop grande réfractorité. Les autres spécifications portent sur :

- **matière organique** : 0,5 à 2 %
- **oxydes de fer** : $\text{Fe}_2\text{O}_3 > 5 \%$
- **sable quartzeux** : $< 40 \%$
- **carbonates** : $\text{CaO} < 4 \%$
- gypse, pyrite peuvent faciliter l'expansion, à condition qu'ils présentent une granulométrie fine ($< 500 \mu\text{m}$).

La composition chimique pourra varier dans les limites suivantes :

- SiO_2 : 15 à 65 %
- Al_2O_3 : 16 à 9 %
- Fe_2O_3 : 5 à 9 %
- CaO : 1 à 4 %
- MgO : 1,5 à 3,5 %
- $\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}$: 1,5 à 4,5
- SO_3 : 0 à 1,5 %
- S : 0 à 1,5 %
- perte au feu : 6 à 8 % dont matière organique : 0,5 à 2 %.

1.1.2. Normes

L'utilisation des argiles pour la fabrication de produits de terre cuite n'est régie par aucune norme, celles-ci s'appliquant à des produits façonnés.

1.1.3. Tests d'identification

Dans le cadre de cette étude, nous ne mentionnerons que les tests de première sélection et les analyses de caractérisation qui constituent un préalable à toute étude de la ressource.

Ces tests initiaux doivent être d'un coût relativement faible de manière à permettre la couverture de larges zones.

• **Etudes de première sélection**

- Analyse granulométrique simplifiée, avec coupures à 40-100-500 et 1 000 μm , permettant d'éliminer les matériaux dont le pourcentage en éléments grossiers est trop important.
- Calcimétrie permettant de rejeter les argiles dont la teneur en calcaire est supérieure à 20 ou 25 %.
- Essai d'adsorption au bleu de méthylène (méthode de la tache sur papier filtre) mettant en évidence les argiles à trop forte teneur en smectites.
- Analyse minéralogique par diffractométrie de rayons X sur phase argileuse.

• **Tests de caractérisation.**

- Appréciation qualitative de la malléabilité et de la ténacité, par déformation et rupture d'un colombin façonné à la main.
- Analyse granulométrique.
- Analyse chimique avec détermination de la perte au feu.

Enfin, des essais complémentaires pourront être réalisés par les laboratoires du Centre Technique des Tuiles et Briques (C.T.T.B.) :

- la détermination du comportement au séchage ;
- analyse dilatométrique (courbe de dilatation -retrait) ;
- des essais céramiques à différentes températures ;
- l'étude des dégraissants ;
- les essais de mélange.

1.1.4. Produits de substitution

Compte tenu de la diversité des propriétés des argiles, il n'existe pas de produits de substitution à proprement parler. L'utilisation d'adjuvants étant privilégiée pour l'amélioration de matières premières dont la part doit rester faible dans les prix de revient des produits dérivés. La part du prix de la matière première devant rester dans les prix de revient des produits dérivés, seule est privilégiée l'utilisation d'adjuvants.

Pour ce qui relève de la terre cuite en général, elle fait l'objet d'une concurrence par une large gamme de produits à base de bétons, bois, métal ou matières plastiques. Elle restera néanmoins un fournisseur essentiel de l'industrie du bâtiment.

* source: Direction nationale des statistiques et du commerce extérieur

**source: Fédération française des tuiles et briques.

RESSOURCES *

	NATIONAL				EXPORT				IMPORT			
	VOLUME (t)		VALEUR (kF)		VOLUME (t)		VALEUR (kF)		VOLUME (t)		VALEUR (kF)	
	TOTAL 1996	variation 1996/1995	TOTAL 1996	variation 1996/1995	TOTAL 1996	variation 1996/1995	TOTAL 1996	variation 1996/1995	TOTAL 1996	variation 1996/1995	TOTAL 1996	variation 1996/1995
ARGILES (sauf arg. terre cuites)	1 450 195	-7,90%	513 377	-5,40%	757204	2,20%	602 972	-3,30%	1 151 411	-8,70%	798 729	-9,80%
ARGILES KAOLINIQUES	1 088 575	-8,80%	315 002	-5,60%	517 525	1,40%	316 416	-6,20%	410 176	10,40%	183 774	8,60%

PRODUITS DE TERRE CUITE **

	NATIONAL				EXPORT				IMPORT			
	VOLUME (t)		VALEUR (kF)		VOLUME (t)		VALEUR (kF)		VOLUME (t)		VALEUR (kF)	
	TOTAL 1996	variation 1996/1995	TOTAL 1996	variation 1996/1995	TOTAL 1996	variation 1996/1995	TOTAL 1996	variation 1996/1995	TOTAL 1996	variation 1996/1995	TOTAL 1996	variation 1996/1995
briques tous types	1 254 706	-7,60%	473 517	5,71%	377 654	-19,15	151 375	-36%	61 579	21,18	64 870	16%
tuiles	2 421 836	1,37%	2 390 268	-5,76%	321622	-7,65	451 112	3,90%	15 611	-2,35	19755	-18,30%
tous produits terre cuite	4 887 171	-4,20%	3 636 306	-6,19%	742 466	-13,59	725 851	-6,90%	150 503	8,97	281088	2,40%

PRODUITS CERAMIQUES ET REFRACTAIRES *

	NATIONAL				EXPORT				IMPORT			
	VOLUME (t)		VALEUR (kF)		VOLUME (t)		VALEUR (kF)		VOLUME (t)		VALEUR (kF)	
	TOTAL 1996	variation 1996/1995	TOTAL 1996	variation 1996/1995	TOTAL 1996	variation 1996/1995	TOTAL 1996	variation 1996/1995	TOTAL 1996	variation 1996/1995	TOTAL 1996	variation 1996/1995
carreaux ceramiques	837 501	-2,60%	1 726 300	-10,20%	270 868	-1,50%	951 251	-7%	1 057 803	7,80%	3 557 612	-4,60%
produits refractaires	364 689	-8,50%	2 741 340	10,70%	149 804	-2,10%	1 713 951	21,40%	91 184	N S	778 675	NS
tous produits	1 397 505	-4,20%	7 690 652	0,04%	498 574	-1,50%	4 908 851	6,70%	1 311 195	-9,30%	6 778 210	-0,20%

Tabl. 2 - Argiles : production nationale et échanges extérieurs de matière première et de produits transformés (1995-1996).

1.1.5. Production et marché des terres cuites (tabl. 2)

L'essentiel de l'activité dans le domaine concerne les tuiles et briques.

a) Niveau national

En France, l'industrie des tuiles et briques a réalisé en 1996 un chiffre d'affaires de 3 636 MF, en légère régression par rapport à 1995 (3 876 MF). Elle comprend 140 entreprises ou groupes, dont 5 ont réalisé 80 % du chiffre d'affaires. Les leaders étant IMETAL, INDUSTRIELLE DE TUILES (Saint-Gobain), REDLAND (Lafarge), LAUFEN, TERCA et STURM (groupe Wienerberger).

Cette industrie, qui était encore le fait de P.M.E. familiales dans les années 1970, a su à la fois innover tout en restructurant son outil de production. On est en effet passé de 404 établissements en 1970 à 140 en 1995 (l'industrie céramique et verrière 9/97). Les effectifs sont passés dans le même temps de 19 100 à 5 500, avec une augmentation corrélative de la productivité : de 600 t/ouvrier par an en 1980, on est en effet passé à 900 t/an en 1995.

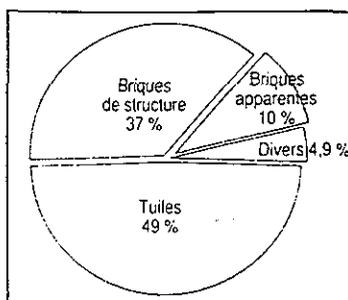
La figure 2 montre à la fois la répartition de la production par produits en 1996 et son évolution sur une longue période (1986-1996).

Les tuiles constituent un marché privilégié puisqu'en volume elles représentent la moitié de l'ensemble. Avec 52 Mm² de tuiles de terre cuite vendues en 1995, dont la moitié destinée à la rénovation, la France est, avant l'Allemagne, le premier marché d'Europe (progression moyenne de 3,7 % par an sur cinq ans).

Avec un total de 4 890 kt, la production en 1996, tous produits confondus a marqué une baisse de 4 % sur l'année précédente, ce qui reflète la baisse des mises en chantier dans le bâtiment.

Dans un tel contexte, les ventes de tuiles ont baissé de 5,76 % en chiffre d'affaires malgré une augmentation des volumes de 1,37 %. La tension sur les prix ainsi marquée pourrait se poursuivre.

Malgré leur caractère pondéreux, ces produits alimentent des flux d'échange réalisés à 85 % dans la CEE.

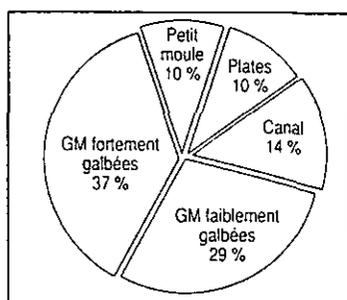


Production totale de terre cuite

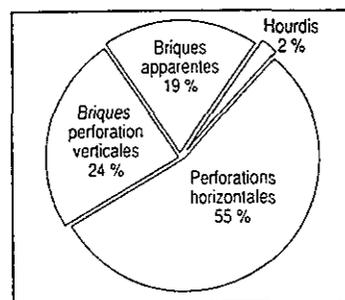
Évolution de la production de produits de terre cuite en France (Milliers de tonnes)

Années	1986	1996
Tuiles	1752	2422
Briques de structure	2563	1841
Briques apparentes	633	465
Divers	256	159
Total	5204	4887

Source : FFTB



Répartition de la production de tuiles en France



Répartition de la production de briques en France

Source : FFTB

Fig. 2 - Répartition de la production des différents produits de terre cuite en 1996 et évolution de ces productions sur une longue période.

Avec 742 466 t en 1996, les exportations françaises de tuiles sont cinq fois supérieures aux importations. Ce secteur est donc important pour l'économie française.

b) Niveau régional (voir tabl. 3)

Sept entreprises appartenant à trois groupes différents opèrent dans la région pour une production totale d'environ 300 000 t (donnée producteur ; tonnage de matière première sèche pouvant être estimée à environ 360 000 t), soit environ 6 % de la production nationale.

A l'exception des Boisseaux Minangoy dont l'activité est uniquement consacrée aux conduits de fumée ou d'aération, les productions sont diversifiées surtout dans le domaine des briques. Quatre de ces sociétés sont situées dans le Maine-et-Loire (voir fig. 1).

Pour l'essentiel, la zone de commercialisation est constituée par le grand Ouest.

Si le transport peut intervenir pour 20 % dans le prix, certains produits peuvent néanmoins être commercialisés jusqu'à Biscarosse, Charleville, voire en Martinique en raison de conditions de marché favorable ou de l'existence de produits spécifiques (communication orale d'un producteur).

Dans le domaine artisanal et des métiers d'art, il convient également de citer, dans la Sarthe, les deux fabriques de Malicorne qui perpétuent une longue tradition, et dont le rayonnement dépasse largement celui de la région, puisque les exportations s'adressent même au Japon. Compte tenu de la valeur patrimoniale de cette activité, et malgré les volumes limités de ressource locale mis en jeu, un approvisionnement local est souhaité par les fabricants.

Enfin, il convient de mentionner à Ponce-sur-le-Loir, un centre artisanal ancien dont l'activité concerne surtout des grès culinaires et qui doit continuer à pouvoir s'approvisionner localement.

1.1.6. Perspectives

Les produits en terre cuite doivent être bon marché pour tenir leur place sur le marché du bâtiment, à la fois compétitif et exigeant quant aux performances. Les usines doivent donc maintenir un haut degré de technicité et de productivité aux moyens d'investissements lourds qui seront d'abord le fait de groupes puissants. Les concentrations risquent donc de se poursuivre, d'autant plus que seul le secteur des tuiles paraît en croissance.

a)

ARGILES COMMUNES POUR TERRE CUITE EN PAYS DE LA LOIRE

PRINCIPALES CARACTERISTIQUES DE LA PRODUCTION DE PRODUITS TRANSFORMES

	ENTREPRISE	ACTIVITE	PRODUITS COMMERCIALISES	ZONE DE COMMERCIAL.	PRODUCTION (1996)	ORIGINE DE LA RESSOURCE
LOIRE ATLANTIQUE (44)	Ets Marcel RIVEREAU 44 430 Boislière du Dore	briques	briques plâtrières, elts de plafonds suspendus., briques creuses.	65% Grand Ouest	50-60 000 t	locale: limon quaternaire
	TERRE CUITE VALLETAISE 44 330 Vallet	briques	briques pleines et perforées	65% Grand Ouest	8000 t	locale: limon quaternaire
MAINE ET LOIRE (49)	LES BOISSEAUX MINANGOY (groupe IMETAL) 49 310 Vihiers	boisseaux	boisseaux	>50% dans le Grand Ouest	20 000 t	locale: formation superficielle
	BRIQUETERIE BOUYER LEROUX 49 280 La Seguinlière	briques	briques pleines, briques perforées, plafonds suspendus.	65% Grand Ouest	35-40 000 t	locale: formation superficielle
	TERRES CUITES DES RAIRIES 49 430 Les Rairies	briques, carreaux	briques pleines, perforées, carreaux céramiques	> 60% dans le Grand Ouest	15 000 t	locale: Cénomaniens inférieurs
	Ets Jean RIVEREAU 49 270 St Laurent des Autels	briques	briques plâtrières	65% Grand Ouest	45-50 000 t	locale: limon quaternaire
MAYENNE (63)	/	/	/	/	/	/
SARTHE (72)	FAIENCERIES D'ART DE MALICORNE 72 270 Malicorne sur sarthe	céramique fine	objets décoratifs ou à usage culinaire	40 % localement, 20 % France, 40 % Etranger	15 t à 20 t (estimé)	locale: Cénomaniens inférieurs, Calloviens
	FAIENCERIES du BOURG JOLI 72 270 Malicorne	céramique fine	objets décoratifs	60 % localement, 30% France, 5 % Etranger	15 t à 20 t (estimé)	approvisionnement auprès d'un négociant
	CENTRE ARTISANAL GRES DU LOIR 72 340 Ponce sur le Loir	grès	grès à usage culinaire et décoratif	85 % localement 15 % international	15 t à 20 t (estimé)	locale: limon quaternaire
VENDEE (85)	PRODUITS ROUGES DE VENDEE 85 570 St Martin des Fontaines	briques, tuiles	briques plâtrières, plafonds suspendus, tuiles canal	65% Grand Ouest	70-80 000 t 15 000 t	locale: limon quaternaire
TOTAL PAYS DE LOIRE					250 000 à 300 000 t	

b)

ARGILES KAOLINIQUES POUR CERAMIQUES ET PRODUITS REFRACTAIRES EN PAYS DE LA LOIRE

PRINCIPALES CARACTERISTIQUES DE LA PRODUCTION DE MATIERE PREMIERE

	ENTREPRISE	ACTIVITE	PRODUITS COMMERCIALISES	ZONE DE COMMERCIALIS.	PRODUCTION (1996)	ORIGINE DE LA RESSOURCE
LOIRE ATLANTIQUE (44)	KERLANE (groupe St Gobain) 44 100 St Aubin des Chateaux	briques réfractaires	briques pour fours (verre, fonderie, incinération etc.)	> 60% France	15 000 t	locale: formation superficielle

source: enquête auprès des producteurs.

Tabl. 3 - a) Argiles communes pour terre cuite en Pays de la Loire. Principales caractéristiques de la production de produits transformés.

b) Argiles kaoliniques pour céramiques et produits réfractaires en Pays de la Loire. Principales caractéristiques de la production de matière première.

Les efforts des producteurs vont s'orienter vers l'amélioration de la préparation des matières premières, par la mise en oeuvre de procédés de traitement permettant d'éliminer les éléments pénalisants, mais aussi par l'utilisation d'adjuvants ne majorant pas significativement les coûts de production (l'industrie céramique et verrière 9/1997).

L'argile restera néanmoins la matière première de base, la source d'approvisionnement devant se maintenir proches des fabriques. Le renouvellement des réserves en argiles existantes, pour des coûts d'appropriation acceptables est donc vital pour la pérennité de l'activité. C'est d'autant plus important que les gisements sont lenticulaires et hétérogènes (tabl. 4). Ce besoin a systématiquement été formulé par les industriels au cours de cette enquête.

1.2. LES ARGILES KAOLINIQUES POUR CERAMIQUE ET REFRACTAIRE

Elles sont mises en oeuvre dans des produits céramiques en général plus sophistiqués que les produits de terre cuite (cf. tabl. 1). D'une part, ils sont traités à des températures plus élevées, mais aussi ils font intervenir d'autres matières premières : kaolin, quartz, feldspath, talc, alumine, zircon, carbure de silicium, chromite, carbone, etc.

Les produits céramiques recouvrent cinq secteurs principaux d'activité : d'une part, les céramiques dites fines incluant appareils sanitaires, carreaux, vaisselle (porcelaine, faïence) et, d'autre part, les céramiques industrielles incluant produits réfractaires et céramiques techniques. Ces dernières, ne faisant pas intervenir d'argiles mais des matières premières synthétiques de haute pureté, ne seront pas évoquées.

Les argiles utilisées sont souvent qualifiées d'argiles nobles en opposition aux argiles communes pour terre cuite.

Elles sont mises en oeuvre sous forme crue (pâte ou poudre), mais aussi sous forme de chamottes pour constituer le squelette du produit et éviter les dégradations, en cru, aussi bien qu'au cours de la cuisson.

• Appareils sanitaires

Dans la fabrication de lavabos, vasques, etc., les argiles permettent le façonnage et sont aussi déterminantes pour la vitrification.

• Carreaux de parement et revêtements

Quatre grandes familles de produits peuvent être distinguées suivant leur usage, leur mode de fabrication, leur nature :

- les grès cérames, carreaux non émaillés, sont obtenus par pressage de matière sèche ;
- les grès étirés sont produits par extrusion de masse plastique ;

ARGILES COMMUNES POUR TERRE CUITE EN PAYS DE LA LOIRE

a)

ELEMENTS DE CARACTERISATION DE LA RESSOURCE UTILISEE

CARTE géologique édité	ENTREPRISE	ETAPE	NATURE	PUISSANCE	TYPE DE CORPS MINERALISE	REMARQUES
Vallet n° 482 1/50 000	Ets Marcel RIVEREAU 44 430 Boissière du Dore	quaternaire	loess et argiles d'altération sur micaschistes	0,5 à 5 m	lentilles hétérogènes	seules les zones de plus fortes épaisseurs peuvent être exploitées
Vallet n° 482 1/50 000	TERRE CUITE VALLETAISE 44 330 Vallet	quaternaire	loess et argiles d'altération sur micaschistes	0,5 à 5 m	lentilles hétérogènes	seules les zones de plus fortes épaisseurs peuvent être exploitées

Saumur n° 119 1/80 000	LES BOISSEAUX MINANGOUY (groupe IMETAL) 49 310 Vihiers	formation superficielle	argile d'altération sur schistes brivoériens et loess	à documenter	lentilles hétérogènes	seules les zones de plus fortes épaisseurs peuvent être exploitées
------------------------	--	-------------------------	---	--------------	-----------------------	--

Chollet n° 510 1/50 000	BRIQUETERIE BOUYER LEROUX 49 280 La Segunnière	formation superficielle	argile d'altération ocre jaunâtre issue du granite leucocrate de St Léger sous Cholet	4 m maximum	lentilles hétérogènes	les zones les plus épaisses sont localisées sur les interfluvés
Baugé n° 424 1/50 000	TERRES CUITES DES RAIRES 49 430 Les Raires	Cénomancien inférieur	argile lacustre grise à noire à kaolinite et montmorillonite avec pyrite, lignite et sulfates	à documenter	lentilles avec intercalations sableuses	les zones argileuses présentant un intérêt sont circonscrites à l'affleurement (< 2 km²)
Vallet n° 482 1/50 000	Ets Jean RIVEREAU 49 270 St Laurent des Auleis	quaternaire	loess et argiles d'altération sur micaschistes	0,5 à 5 m	lentilles hétérogènes	seules les zones de plus fortes épaisseurs peuvent être exploitées

/	/	/	/	/	/	/
---	---	---	---	---	---	---

Tabl. 4 - a) Argiles communes pour terre cuite en Pays de la Loire. Eléments de caractérisation de la ressource utilisée.
 b) Argiles kaoliniques pour céramiques et produits réfractaires en Pays de la Loire. Eléments de caractérisation de la ressource utilisée.

source: enquête auprès des producteurs et documentation géologique publique

ARGILES COMMUNES POUR TERRE CUITE EN PAYS DE LA LOIRE (suite)

ELEMENTS DE CARACTERISATION DE LA RESSOURCE UTILISEE

	ENTREPRISE	CARTE géologique éditée	ETAGE	NATURE	.PUISSANCE	TYPE DE CORPS MINERALISE	REMARQUES
SARTHE (72)	FAIENCERIES D'ART DE MALICORNE 72 270 Malicorne sur Sarthe	La Flèche 1/50 000 n°392	Cénomaniens inférieur Callovien	argile du callovien inférieur dite de Malicorne argile noire feuilletée du Cénomaniens inférieur (nord de La Chapelle d'Aligné)	0,80 m sous 2 m de recouvrement	couche homogène à l'échelle de l'exploitation	les faibles besoins justifient l'exploitation d'un niveau mince
	FAIENCERIES du BOURG JOLI 72 270 Malicorne sur Sarthe	La Flèche 1/50 000 n°392	/	/	/	/	approvisionnement auprès d'un négociant
	CENTRE ARTISANAL GRES DU LOIR 72 340 Poncé sur le Loir	Le Mans 1/80 000 n° 93	quaternaire	loess et argile d'altération sur formations Crétacé et Tertiaire	à documenter	à documenter	
VENDEE (85)	PRODUITS ROUGES DE VENDEE 85 570 St Martin des Fontaines	Fontenay le comte 1/50 000 n°586	quaternaire	limons sablo-argileux gris d'origine éolienne	0 à 3-4 m	lentilles hétérogènes	

b)

ARGILES KAOLINIQUES POUR CERAMIQUES ET PRODUITS REFRACTAIRES EN PAYS DE LOIRE

ELEMENTS DE CARACTERISATION DE LA RESSOURCE UTILISEE

	ENTREPRISE	Carte géologique	ETAGE	NATURE DE LA RESSOURCE	PUISSANCE	TYPE DE CORPS MINERALISE	REMARQUES
LOIRE ATLANTIQUE (44)	KERLANE (groupe St Gobain) 44 100 St Aubin des Chateaux	St Mars La Jaille 1/50 000 n°421	formation superficielle	argile d'altération sur Schistes d'Angers (Ordovicien) argile kaolinique bleue associée à du quartz fin et de la matière carbonneuse	2 à 10 m	lentilles homogènes	

source: enquête auprès des producteurs et documentaion géologique publique

Tabl. 4 - (suite).

- les grès émaillés sont obtenus par pressage ;
- les faïences et assimilés pour les murs sont pressés et présentent une texture poreuse.

• Articles de ménage et objets d'ornementation

Les pâtes utilisées peuvent être blanches (ou cuire blanc), ou colorées.

• Produits réfractaires

Dans ce domaine très varié et hautement technique, les argiles interviennent, d'une part, dans des produits argileux ou silico-argileux façonnés et destinés à une large gamme d'industries et, d'autre part, dans des isolants thermiques façonnés où les argiles sont associées à des éléments combustibles (sciure, liège, noyaux) qui permettront l'alvéolage. Ces derniers produits sont plus spécifiquement destinés à l'isolation des fours et des conduites.

1.2.1. Caractéristiques de la matière première et spécifications

Les propriétés requises pour la matière première seront donc d'une manière générale :

- une plasticité moyenne ;
- une excellente aptitude au coulage ;
- une résistance pyroscopique élevée.

Il est difficile, compte tenu de la diversité des utilisations et de leur haute spécialisation, de trouver une matière première qui présente les caractéristiques souhaitées pour constituer une pâte céramique.

Comme pour les argiles pour terre cuite, chimisme, minéralogie et granulométrie de la matière première seront déterminants.

De plus, l'évolution des procédés de fabrication nécessite une adaptation des matières premières : ainsi, les techniques de cuisson rapide imposent une teneur en carbone plus faible, pour en garantir la calcination complète. De 3 % avec les méthodes traditionnelles, celle-ci est passée à environ 1,5 %.

Suivant les utilisations, un grand nombre de terminologies sont utilisées pour la matière première ; ces terminologies sont le plus souvent empruntées à l'anglais :

- "*ball clays*" : argiles fines correspondant typiquement à un mélange de kaolinite désordonnée (teneur ≥ 70 %) d'illite, de quartz, de montmorillonite, de chlorite et de petites quantités (souvent de 2 à 4 %) de matière organique. Elles présentent couramment les caractéristiques suivantes : grande plasticité (liée à leur teneur en matière organique), haute résistance, blanches après cuisson malgré une couleur fréquemment noire sur cru ;

- "*plastic clays*" : argiles fines, très plastiques, contenant souvent une kaolinite désordonnée, du quartz et des minéraux micacés. Leur qualité est légèrement inférieure à celle des "ball clays". Elles cuisent généralement moins blanc que ces dernières et elles sont également utilisées pour la fabrication de tuiles, briques et tuyaux ;
- "*refractory clays*" : groupe comprenant différentes variétés d'argiles kaoliniques ; en fonction de leur teneur en alumine calculée sur cuit, on parlera :
 - . d'argiles alumineuses : $35 \% < \text{Al}_2\text{O}_3 < 40 \%$,
 - . d'argiles hyper alumineuses : $\text{Al}_2\text{O}_3 > 40 \%$;
- "*fireclays*" : argiles peu alumineuses ($\text{Al}_2\text{O}_3 = 25$ à 35%), plastiques, relativement communes, souvent associées à des dépôts charbonneux, colorées après cuisson. Leurs propriétés réfractaires sont généralement médiocres et leur nature les destine plutôt aux terres cuites ;
- "*flint clays*" : argiles kaoliniques, fines, non friables, à cassure conchoïdale (semblable à celle du silex), presque sans plasticité naturelle (elles ne font pas pâte avec l'eau). Typiquement d'origine sédimentaire et associées aux dépôts charbonneux, elles comprennent comme autres constituants l'illite, le quartz, des minéraux ferrotitanés et la matière organique.

Nous donnerons ci-après les principales caractéristiques requises pour les argiles grésantes, le secteur des céramiques fines, et celui des produits réfractaires.

a) Argiles grésantes

A la différence de la plupart des autres argiles du secteur, elles devront présenter une "fusibilité" naturelle et donc avoir une teneur en alumine limitée et contenir des éléments fondants. Après cuisson à $1\ 250^\circ\text{C}$, elles doivent avoir une faible absorption d'eau.

Minéralogiquement, elles sont en général à dominante d'illite une composition chimique moyenne est la suivante :

SiO_2	:	55 à 70 %
Al_2O_3	:	25 à 30 %
Fe_2O_3	:	3 à 5 %
TiO_2	:	< 4 %
$\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}$:	2 à 3 %
CaO	:	< 1 %
MgO	:	< 1 %

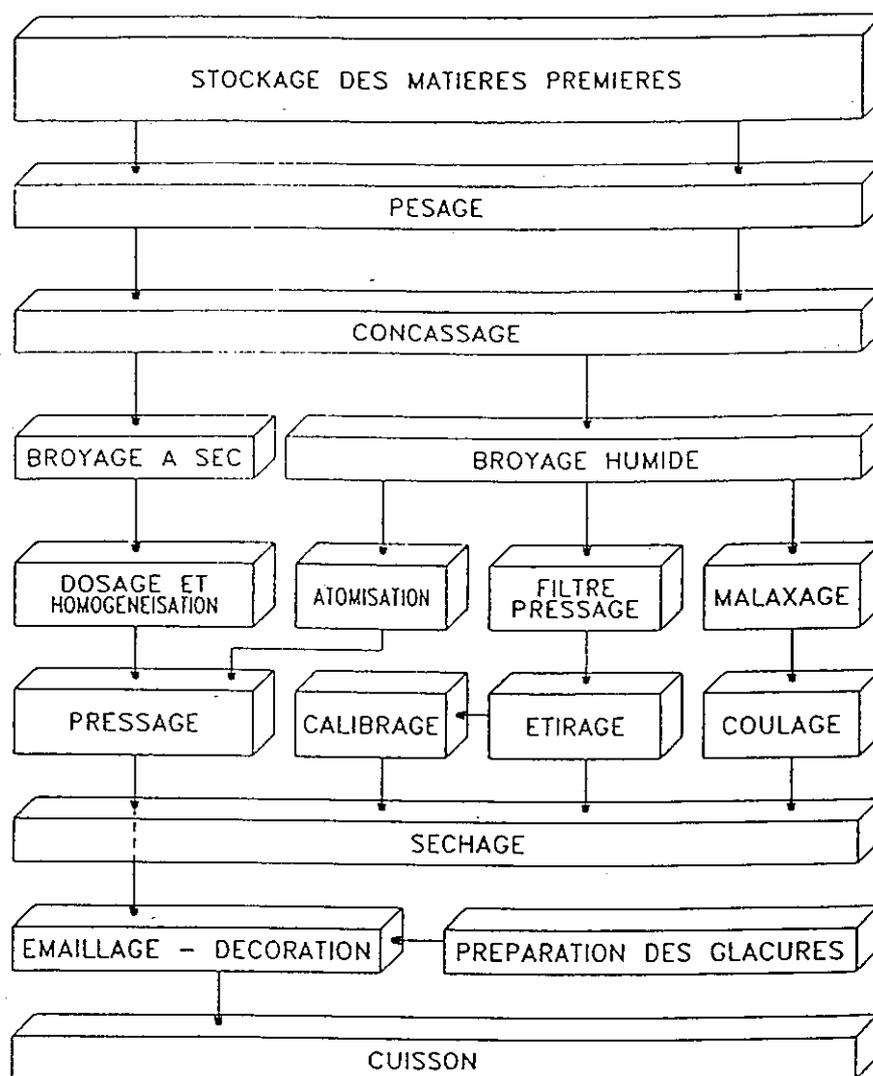


Fig. 3 - Schéma du processus de fabrication des produits céramiques (d'après l'Industrie céramique et verrière).

b) Secteur des céramiques fines

Du point de vue granulométrie, la silice < 40 µm doit être inférieure à 10 %. Du point de vue minéralogique, la kaolinite peut atteindre 80 %, le sable quartzueux 25 % ; sont pénalisants : gypse, sels solubles et éléments colorants.

La composition chimique s'établit comme suit :

Al ₂ O ₃	:	20 à 35 %	
Fe ₂ O ₃	:	< 2 %) pour éviter les éléments colorants
TiO ₂	:	< 2 %	

c) Secteur des produits réfractaires

La kaolinite peut atteindre 80 %. Les micas et feldspaths ne doivent pas être abondants.

La composition chimique varie dans les fourchettes suivantes :

Al ₂ O ₃	:	32 % sur cru et > 38 % sur cuit
Fe ₂ O ₃	:	< 2,5 %
SiO ₂	:	< 25 %
K ₂ O + Na ₂ O	:	< 1 %
CaO + MgO	:	< 1 %

Suivant le procédé de façonnage utilisé (fig. 3), les matières premières seront mélangées sous des formes différentes (l'Industrie céramique et verrière) :

- étirage : les mélanges sont préparés sous forme de pâtes plastiques ;
- coulage : les argiles sont mises en suspension dans l'eau puis des dégraissants et fondants sont ajoutés pour former une barbotine ;
- calibrage : des galettes sont préparés par étirage d'une pâte résultant du filtre-pressage d'une barbotine ;
- pressage : les poudres sont obtenues soit par atomisation (séchage par pulvérisation) d'une barbotine, soit par granulation en voie semi-humide.

A titre indicatif, les principales matières premières utilisées pour les pâtes céramiques destinées aux carreaux sont présentées ci-après :

Plastifiants	Dégraissants et fondants	Opacifiants et renforçants
<ul style="list-style-type: none"> . Argiles grésantes claires . Argiles kaoliniques . Argiles rouges . Kaolins . Halloysites 	<ul style="list-style-type: none"> . Feldspaths (mixtes, sodiques et potassiques) . Pegmatites et schistes . Syénites néphéliniques . Sables et silices . Craies Talc . Dolomie . Wollastonite . Frittes et verres . Divers (oxydes de zinc, carbonate de baryum) 	<ul style="list-style-type: none"> . Casson . Zircon . Alumine et corindon . Oxyde de titane et d'étain . Colorants

Le tableau 5 présente quelques analyses chimiques types d'argiles nobles.

1.2.2. Normes

Tant au plan européen qu'au plan français, il n'existe pas de norme officielle concernant la classification et la caractérisation techniques des différentes matières premières minérales nécessaires à la fabrication des produits céramiques.

1.2.3. Tests d'identification et de caractérisation

Dans un premier temps, les essais d'identification et de caractérisation préconisés pour les argiles communes peuvent être mis en oeuvre.

Essais techniques et technologiques devront dans la phase suivante être réalisés, en fonction des secteurs d'utilisation, par les professionnels concernés.

1.2.4. Produits de substitution

A terme, les mélanges seront de plus en plus sophistiqués pour maintenir qualités et performances des produits. Ainsi, les produits réfractaires argileux et silico-argileux ont tendance à être remplacés par des produits plus riches en alumine auxquels est associée une part grandissante de produits élaborés : nitrure et carbure de silicium, voire graphite.

L'argile restera néanmoins la base de la fabrication des pâtes dans les secteurs autres que les céramiques industrielles.

Références	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
SiO ₂	45,7					56,0	60,3	51,60	66,0	55,7	53	45,80
Al ₂ O ₃	36,6	19,05	24,4	20,29	23,40	28,1	22,2	32,66	23,0	25,7	30	39,55
Fe ₂ O ₃	1,3	1,00	1,4	1,78	2,10	1,6	7,3	1,18	1,2	2,0	1,2	0,57
FeO												0,18
MgO	0,2					1,3	0,4	0,22	0,5	1,0		0,14
CaO	0,2					0,5	0,6	0,36	0,2	0,7		0,41
Na ₂ O	0,1					0,2	0,1	0,25	0,2	} 1,1	0,3	-
K ₂ O	0,5	0,20	0,3	1,85	1,50	0,7	2,4	0,68	2,2		2,0	0,03
TiO ₂	1,4	1,70	1,1	1,68	1,20	0,4	0,9	1,43	1,6	0,6	1,0	-
Carbone		0,21	0,21	0,08	0,22						2,2	
Sels solubles											0,13	
Perte au feu	14,0	7,50	9,20	6,30	7,90	10,7	5,3	11,59		9,1	12,2	14,09

Données en % pondéraux

Références :

- 1 - KR1, argile crue déchetée, bassin "des Charentes" (42,5 % Al₂O₃ sur cuit)
- 2 - RS587, argile recomposée, qualité "sanitaires", bassin de Provins
- 3 - RC869, argile recomposée, qualité "carreaux-porcelaine", bassin de Provins
- 4 - RS528, argile recomposée, qualité "sanitaires", Beaulon (Allier)
- 5 - RC564, argile recomposée, qualité "carreaux-grès émaillé", Beaulon (Allier)
- 6 - TSM"C", argile déchetée humide, couleur blanche, Tournon Saint Martin (Indre)
- 7 - LR, argile en mottes, couleur rouge, utilisation "carreaux", Litrty (Calvados)
- 8 - Argile réfractaire brute, Breuillet (Essonne)
- 9 - Argile qualité "porcelaine", Westerwald, Allemagne
- 10 - Argile grésante crue, composition type moyenne, Westerwald, Allemagne
- 11 - Hycast VC, argile recomposée, type "ball clay", Devon et Dorset, Angleterre
- 12 - Kaolinite, Niigata, Japon (*in Deer et al.*, 1969).

Tabl. 5 - Compositions chimiques d'argiles nobles crues utilisées en Europe dans l'industrie céramique (dans "Mémento argiles nobles pour produit céramique").

Dans certains cas cependant, l'utilisation de produits de recyclage se traduit par une économie de substances argileuses. Trois niveaux de recyclage principaux peuvent être cités :

- le recyclage des produits avant cuisson, en cours de façonnage, lors de la préparation des mélanges et de la mise en forme des produits ;
- le recyclage des produits finis, généralement cuits, sur le site de fabrication (cassons) ;
- le recyclage de produits finis usagés récupérés extérieurement à la manufacture reste très limité en raison des exigences techniques en terme de régularité des qualités d'approvisionnement.

Il risque cependant de se développer en raison de la pression réglementaire.

1.2.5. Production et marché

L'activité dans l'industrie céramique a globalement accompagné le cycle économique.

Après une croissance soutenue entre 1983 et 1991 (+ 0,9 % en rythme annuel), la tendance générale est marquée actuellement par une baisse. Celle-ci a été marquée pour les céramiques de construction et les réfractaires, ces derniers étant surtout liés aux industries de base : sidérurgie, ciment, verre.

Soulignons enfin que dans le domaine des céramiques industrielles, les progrès techniques diminuent la taille des marchés. Cette segmentation aboutit à une diminution des consommations unitaires, même dans des secteurs globalement en croissance.

• Niveau national

En France, la consommation apparente de produits céramiques a atteint 2 210 126 t en 1996 pour une production de 1 385 505 t, soit un taux de couverture de seulement 63 %.

Les secteurs les plus importants sont les carreaux céramiques et les produits réfractaires (voir tabl. 2). Les échanges sont essentiellement intra européens avec un excédent pour les produits réfractaires et les céramiques sanitaires alors que nous couvrons seulement nos besoins à 51 % pour les carreaux.

Dans le domaine des matières premières, la production est assurée par une trentaine de sociétés de taille très variable, le plus souvent spécialisées dans l'extraction. La plus importante est DAMREC du groupe IMETAL. Parmi les sociétés manufacturières se chargeant de l'exploitation pour leurs besoins propres, citons Saint-Gobain (SAMIN, KERLANE).

En 1996, la production d'argiles kaoliniques s'établissait à 1 088 575 t en diminution de 8,80 % par rapport à l'année précédente. Avec une consommation apparente de 981 226 t, la France est donc exportatrice nette.

• Niveau régional (voir tabl. 3)

La seule activité régionale est constituée par l'exploitation KERLANE (groupe Saint-Gobain) à Saint-Aubin-des-Châteaux (Chateaubriant) en Loire-Atlantique. Environ 15 000 t d'argiles sont extraites annuellement, soit moins de 2 % de la production nationale. La production est destinée à la fabrication de briques réfractaires (site de Plemet -22-, situé à 150 km) et d'une façon marginale à des billes d'argile expansée utilisées notamment en horticulture.

1.2.6. Perspectives

Le seul secteur, qui continuera à croître, sera celui des céramiques techniques avec une nécessaire adaptation des entreprises aux nouvelles technologies. Il s'agit cependant du secteur intégrant le moins de matière première naturelle.

Dans le domaine de l'extraction, le rôle des grands bassins producteurs (Charentes, Provins, Allier) sera confirmé. Il paraît difficile d'envisager une mise en place de nouvelles activités ailleurs que dans des niches de spécialités qui demeurent marginales en terme d'activité (faibles volumes pour coûts unitaires élevés).

L'exploitation des argiles de Chateaubriant montre cependant que des argiles alumineuses peuvent très bien être exploitées loin des centres de transformation. Une meilleure connaissance du potentiel régional en argile de ce type pourrait offrir des opportunités d'activités.

1.3. LES BENTONITES (tabl. 6)

Les propriétés des bentonites sont, nous l'avons vu précédemment, liées à une structure cristalline particulière caractérisée par un faible lien entre feuillets et une forte capacité d'échange cationique. La faible taille des particules leur confère, de plus, une surface spécifique élevée.

C'est à la facilité de fixation de l'eau entre les feuillets élémentaires que sont dues la plupart des propriétés des bentonites :

- viscosité ;
- thixotropie, les particules argileuses, en raison de leur charge électrique forment en effet un gel qui après agitation se transforme en fluide à haute viscosité. Cette propriété réversible est appréciée pour les boues de forage ou les travaux publics ;
- plasticité ;
- retrait, gonflement ;
- pouvoir liant.

Cependant, ces propriétés varient beaucoup suivant les types de smectites et en particulier en fonction de la nature des cations interfoliaires. On distingue deux grands groupes de bentonites : les bentonites calciques et les bentonites sodiques. Ces dernières, plus performantes, mais plus rares à l'état naturel peuvent être obtenues artificiellement à partir des bentoniques calciques par échange cationique (ajout de carbonate de sodium).

Le tableau 6 présente les propriétés requises suivant les différents domaines d'utilisation.

• Les bentonites calciques

Initialement utilisées pour dégraisser la laine sous le nom de terre à foulon, elles n'interviennent plus comme absorbants que dans les charges pour pesticides, litières pour animaux et le nettoyage des sols industriels.

Activées par traitement acide, elles sont valorisées comme terres décolorantes.

• Les bentonites sodiques

Qu'elles soient naturelles ou artificielles, elles sont principalement recherchées pour leur pouvoir liant et leurs propriétés rhéologiques :

- moules de fonderie, bouletage des minerais , etc. ;
- boues de forage, travaux géotechniques.

Enfin, des bentonites dites organophiles sont obtenues artificiellement et servent de liant dans les peintures, encres, cosmétiques, etc.

• Caractéristiques de la matière première

Les argiles recherchées devront présenter les caractéristiques principales suivantes :

- teneur en smectite : 70 à 80 % minimum du tout-venant. Ce seuil pourra être abaissé pour des smectites rares : hectorite de Californie pouvant contenir entre 50 et 75 % de calcite ;
- teneur en sable : 15 % maximum. Pour une utilisation en fonderie, la teneur doit être inférieure à 12 % (sable > 20 µm) alors que pour le forage, elle ne doit pas dépasser 4 % (sable > 74 microns) ;
- teneur en carbonates : elle doit être inférieure à 2,2 % pour une utilisation en fonderie ;
- teneur en fer : elle doit être inférieure à 2 % Fe₂O₃ pour les bentonites blanches utilisées en céramique.

1. Capacité d'échange de cations	. préparation de smectite sodique . préparation de smectite organophile
2. Propriétés d'absorption et d'adsorption (peuvent être accrues par traitement acide)	
2.1. En suspension	. raffinage et décoloration des huiles . clarification et purification du sucre, des sirops et vins . purification de l'eau, traitement des eaux d'égouts et effluents
2.2. A sec ou en pâte	. préparation pharmaceutique ou thérapeutique . absorbant (nettoyage des sols d'usine, litières animales)
3. Surface spécifique (peut-être accrue par traitement acide)	. action catalytique (support pour catalyses) . support pour insecticides et fongicides . charges minérales
4. Propriétés rhéologiques (modification des propriétés d'écoulement en milieu fluide)	
4.1. Pouvoir de viscosité et de suspension	. boues de forage . peinture . vaporisateur d'engrais . émulsions de bitume . formulation de fondants pour céramique
4.2. Thixotropie	. murs de forage . génie civil (voiles) . peinture ne coulant pas
5. Imperméabilité, protection	. génie civil (jointement) . forage en terrain perméable
6. Pouvoir liant	. liant des sables pour moules de fonderie . bouletage du minerai de fer et des aliments pour animaux
7. Plasticité	. formulation de mortier, mastic, adhésif et de certaines pâtes céramiques

Tabl. 6 - Principales applications commerciales de la bentonite en relation avec ses propriétés physico-chimiques (d'après J.A. Bain in D. Highley).

• Identification et caractérisation

Pour ce qui relève de l'identification, la démarche est la même que pour les autres argiles. Notons que les smectites présentent une capacité d'absorption très élevée comparativement aux autres argiles, avec des valeurs de 180 à 220 mg de bleu de méthylène par gramme d'argile.

Les tests de caractérisation spécifiques incluent :

- la définition de la nature des cations échangeables. Le test d'Enslin mesure la capacité d'absorption d'eau maximale d'une bentonite. Celle-ci variera de 200 à 300 % pour les bentonites calciques à 500 - 1 000 % pour les bentonites sodiques ;
- la teneur en colloïdes : elle varie de 15 à 30 % pour les bentonites calciques à 80-90 % pour les bentonites sodiques ;
- mesure du gonflement : celui-ci est très faible (2 à 3 ml/g) pour les bentonites calciques et augmente très nettement pour les bentonites sodiques (12 à 15 ml/g).

Les **spécifications industrielles** requises par les utilisateurs varient suivant les secteurs : fonderie (moules), bouletage du minerai, boues dans les forages pétroliers, les travaux publics.

1.3.1. Produits de substitution

Les caractéristiques minéralogiques des bentonites en font un produit difficilement remplaçable dans de nombreux domaines d'utilisation.

En fonderie, ou pour le bouletage, du minerai et de la nourriture animale, de la chaux voire d'autres argiles ont pu être utilisées sans jamais totalement remplir le même rôle.

Par contre, dans le domaine des forages ou celui des absorbants, les attapulgites et sépiolites peuvent constituer une alternative économiquement attrayante dans certains cas.

1.3.2. Production et marché

La consommation apparente française, en 1996, s'élevait à 155 907 t pour une production limitée à 35 000 t. Cette production est assurée à partir de trois sites respectivement situés en Haute-Normandie (comme de Cahaignes au sud de Gisors), en Dordogne (commune de Bouillac) et dans le département de la Loire (Gréieux le Fromental).

Quatre sociétés assurent la fabrication de produits spécifiques à partir d'argiles importées ou nationales. Ce sont les sociétés SFBD (70 000 t) et CECA (60 000 t), filiale du groupe Elf Aquitaine.

Le principal secteur d'utilisation reste l'industrie sidérurgique (60 %), suivi par les travaux publics (environ 20 %) et le secteur des terres décolorantes (10 %).

Les échanges de produits transformés sont principalement réalisés au niveau de l'Union Européenne.

L'évolution des besoins est fortement dépendante des industries cycliques, sidérurgiques et de travaux publics.

1.3.3. Perspectives

La production française ne couvrant les besoins qu'à hauteur de 22 %, la mise en évidence, sur le territoire français, de nouvelles ressources présenterait d'autant plus d'intérêt qu'il s'agit d'argiles à forte valeur marchande qui peuvent être extraites loin des centres de transformation.

Or, au niveau régional des indices d'argile montmorillonitique sont connus, notamment dans le Cénomaniens et le Turonien. Une identification permettrait de mieux fixer le potentiel régional.

1.4. LES ATTAPULGITES ET SEPIOLITES

1.4.1. Utilisations

Ces argiles fibreuses présentent une surface spécifique élevée de 100 à 200 m²/g (attapulgites) à 300-400 m²/g (sépiolites), par contre leur capacité d'échange cationique est faible (20 à 30 mg/100 g).

Elles se caractérisent par un important pouvoir d'absorption qui peut atteindre 200 à 250 % de leur poids. A la différence des bentonites, elles conservent une certaine cohésion à saturation et interviennent principalement dans la confection de granulés absorbants destinés :

- aux litières animales ;
- au nettoyage des sols industriels ;
- à l'intégration dans les supports de culture.

Leur pouvoir anti-mottant et fluidifiant et leur inertie chimique leur permettent de plus de jouer un rôle de charges dans les peintures, les plastiques, les caoutchoucs, la pharmacie (excipient) et les cosmétiques. Leur comportement thixotropique les destine aux utilisations dans les boues de forage où, à la différence des bentonites elles sont peu sensibles aux électrolytes, ce qui leur permet de maintenir une viscosité élevée dans les milieux salés (forage en mer, etc.).

• Caractéristiques de la matière première

Suivant les utilisations, la matière première recherchée pourra contenir de 20 à 70 % de minéraux argileux fibreux :

- granulés absorbants : de 20 à 70 % ;
- liants, charges : de 0 à 100 %.

La détermination de cette teneur devra, aux stades de caractérisation, être réalisée par diffractométrie aux rayons X.

Seule l'utilisation dans le secteur des boues de forage est régie par des normes américaines (American Petroleum Institute et Oil Companies Materials Association).

En terme de propriétés et de marchés, les argiles fibreuses sont très proches des bentonites. Le facteur prix sera donc déterminant suivant les utilisations.

1.4.2. Production et marché

Aucune production française n'est répertoriée. La consommation apparente française s'élevait à 211 956 t en 1996. Il s'agit d'un marché stable depuis 1995.

1.4.3. Perspectives

La demande prévisible restera soutenue, des sources d'approvisionnement françaises sont recherchées par les professionnels.

Au niveau régional, des indices d'attapulgite ont été mis en évidence dans les bassins sédimentaires tertiaires de Saffré et de Campbon, tous deux en Loire-Atlantique. Cependant, compte tenu du rôle joué par les eaux souterraines de ces deux bassins pour l'alimentation en eau potable de Saint-Nazaire et du syndicat de Nort-sur-Erdre, toute activité extractive dans la zone semble compromise. Le potentiel existant au niveau régional, en particulier dans les bassins tertiaires, mériterait d'être inventorié.

1.5. LES ARGILES POUR CONFINEMENT

Les argiles pour confinement peuvent intervenir :

- soit directement, comme roche hôte d'un centre de stockage ; on s'intéressera dans ce cas à une formation géologique dont la composante argileuse est prépondérante. Ces formations devront présenter des caractéristiques en terme d'homogénéité, de variation dans l'espace et bien sûr d'épaisseur qui devront être contrôlées ;

- soit indirectement :
 - . comme complément dans un sol ou une formation insuffisamment imperméable,
 - . comme constituants de géocomposites. Les géocomposites associent les propriétés des géotextiles à celles d'une bentonite sodique naturelle ou artificielle.

Les matériaux de confinement doivent être rapportés à différents stades de l'exploitation d'une décharge, qu'elle soit de classe 1 (déchets industriels spéciaux), ou de classe 2 (déchets ménagers et assimilables), conformément à la réglementation mise en place par le ministère de l'Environnement.

Après un bref rappel de ce cadre réglementaire, nous essaierons de préciser les qualités demandées à un matériau de confinement et les conditions d'utilisation des argiles. L'aspect économique ne sera pas abordé compte tenu de la faiblesse des échanges concernant ce type de matériau dont la vocation est essentiellement locale.

a) Objectifs définis par le cadre réglementaire

L'arrêté ministériel du 18 décembre 1992, relatif aux stockages de déchets industriels spéciaux ultimes et l'arrêté du 9 septembre 1997 relatif aux décharges existantes et aux nouvelles installations de stockage de déchets ménagers et assimilés abrogeant la circulaire du 11 mars 1987 prévoient que les matériaux pour confinement doivent répondre aux objectifs suivants :

- reconstituer artificiellement la barrière passive naturelle du fond et des parois du site de stockage ;
- constituer la couverture finale du site pour empêcher l'infiltration d'eau météorique dans la masse des déchets stockés ;
- constituer une couverture intermédiaire dans les alvéoles en cours d'exploitation.

b) Spécifications

Pour les parois et le fond, l'ensemble formation géologique en place et ou matériau rapporté aura :

- pour les décharges de type 1, une épaisseur minimale de 5 m, avec un coefficient de perméabilité K inférieur ou égal à 1.10^{-9} m/s ;
- pour les décharges de type 2, une épaisseur d'au moins 1 m, de perméabilité inférieure ou égale à 1.10^{-9} m/s, reposant sur cinq mètres de matériau dont la perméabilité est inférieure à 1.10^{-6} m/s.

La couverture finale sera constituée par une structure multicouche qui comprendra un écran imperméable constitué d'une géomembrane et d'une couche d'au moins 1 m d'un matériau dont le coefficient de perméabilité sera inférieur à 10^{-9} m/s.

Pour ce qui relève des alvéoles, aucune valeur de perméabilité n'est spécifiée.

c) Fonctionnalités et précautions de mise en place

Pour prévenir les risques de pollution des sols, des eaux souterraines et des eaux de surface, la barrière passive créée doit :

- prévenir tout contact direct entre les déchets et les eaux circulant dans un périmètre de 5 m autour du site de stockage ;
- limiter les infiltrations de lixiviats vers l'extérieur du site de stockage.

Pour limiter les échanges entre le contenu de la décharge et le milieu extérieur, la couverture doit, quant à elle :

- réduire au minimum les possibilités d'infiltration d'eau météorique de la surface jusqu'aux déchets ;
- réduire les dégagements gazeux et les dégagements thermiques associés produits par l'évolution des déchets ;
- supporter le tassement différentiel lors du vieillissement de la décharge.

Compte tenu de ces différentes prescriptions, l'utilisation d'un matériau de nature argileuse s'impose parce qu'il est plastique, facile à mettre en oeuvre et peut atteindre après compactage les normes de perméabilité requises.

Cependant, il importe de garantir la permanence dans le temps de ces qualités.

Ces différents paramètres sont conditionnés par le pourcentage de fraction grossière contenu, la teneur en eau, ainsi que la nature des composants minéraux : fraction argileuse, mais aussi autres minéraux.

Compte tenu de la capacité d'échange ionique, d'adsorption et de désorption des minéraux argileux, leur rôle de barrière hydraulique et géochimique, ainsi que leurs propriétés mécaniques pourront être perturbés par les fluides avec lequel le matériau sera mis en contact (lixiviat ou eaux d'infiltration). Il importe donc de veiller à la qualification des argiles utilisées.

2. Calcaires et dolomies à usage industriel et agricole

Les calcaires marneux utilisés par l'industrie du ciment sont exclus de cette étude.

Ces roches carbonatées ($\text{CaCO}_3 > 50\%$) d'origine sédimentaire ont été formées en milieu subaquatique marin ou lacustre. Elles peuvent être d'origine organique, biochimique ou détritique. Les marbres sont des calcaires recristallisés sous l'action du métamorphisme (augmentation de la température et/ou de la pression).

Bien qu'il s'agisse d'une ressource largement répandue, ses caractéristiques sont très variables suivant son âge, son milieu de dépôt mais aussi suivant les transformations qu'elle peut avoir subies au cours de la diagenèse ou du métamorphisme.

La présence d'impuretés peut engendrer des modifications chimiques ou physiques (couleur, abrasivité, etc.).

Les dolomies peuvent être primaires par précipitation en milieu lagunaire ou plus souvent secondaires par remplacement du calcium par du magnésium. Les calcaires dolomitiques ont un contenu en MgCO_3 entre 10 et 50 %.

En Pays de la Loire, les roches carbonatées sont rencontrées dans les formations paléozoïques sous forme de calcaires, calcaires dolomitiques ou marbres. Elles sont surtout exploitées comme granulats, pour la fabrication de ciment, mais aussi pour des usages industriels et agricoles qui font l'objet du présent panorama.

Pour ces usages, les gisements les plus activement exploités sont situés en Mayenne ; il s'agit de calcaires magnésiens et de dolomies situées à la base de la série cambrienne. Ces formations sont caractérisées par une composition chimique très irrégulière. Elles sont exploitées à Neau pour la fabrication de chaux, et à Saint-Pierre-la-Cour, outre pour la fabrication de chaux (Chaux et Dolomies françaises), pour celle du ciment (Lafarge).

Les calcaires dévoniens, bien que lenticulaires, font encore l'objet d'une exploitation importante en Loire-Atlantique à Erbray (Société MEAC) et à Montjean-sur-Loire dans le Maine-et-Loire (SCC), essentiellement pour les usages agricoles.

Des formations carbonatées existent cependant dans tous les départements, citons plus particulièrement les calcaires de Laval en Mayenne, qui sont d'âge carbonifère et ont anciennement été exploités pour la fabrication de chaux ou de pierre dimensionnelle.

CALCAIRES ET DOLOMIES A USAGE INDUSTRIEL ET AGRICOLE EN PAYS DE LA LOIRE

PRINCIPALES CARACTERISTIQUES DE LA PRODUCTION DE PRODUITS TRANSFORMES

	ENTREPRISE	RESSOURCE	PRODUITS COMMERCIALISES	DOMAINE D'UTILISATION	ZONE DE COMMERCIAL	PRODUCTION (1996)
LOIRE ATLANTIQUE (44)	MEAC 44 110 Erbray (groupePlus Stauffen)	calcaires dévoniens dits d'Erbray	?	50 % agricole 50 % industrie	grand Ouest dominant	400 000 t
MAINE ET LOIRE (49)	Société des carbonates de Châteaupanne 49570 Montjean sur Loire (groupe Carmeuse)	calcaires dévoniens dits de Chalonnes	?	70 % agricole 30 % industrie	grand Ouest dominant	120 000 t
MAYENNE (53)	Chaux et dolomies françaises 53150 NEAU (groupe Baltazard et Cotte)	calcaires dolomitiques Cambrien inférieur	dolomie frittée, chaux vive, chaux magnésienne, etc.	60 - 65% agriculture 10 % industrie	90 % grand Ouest	430 000 t
	PIGEON 53410 St Pierre la Cour	calcaires dolomitiques Cambrien inférieur	chaux vive carbonate de chaux dolomie	agriculture et industrie	100 % grand Ouest	130 000 t
SARTHE (72)	/	/	/	/	/	/
VENDEE (85)	FOURS A CHAUX DE L'OUEST 85110 La Jaudronniere (groupe PIGEON)	calcaire , dolomie (appro. ext. région)	produits crus uniquement	agriculture	grand Ouest	100 000 t
TOTAL PAYS DE LOIRE						1 180 000 t

CALCAIRES ET DOLOMIES A USAGE INDUSTRIEL ET AGRICOLE

PRODUCTION NATIONALE ET CONSOMMATION APPARENTE

	PRODUCTION NATIONALE				CONSOMMATION APPARENTE	
	VOLUME 1995 (t)	Variation 95/94	VALEUR 1995 (kF)	Variation 95/94	VOLUME 1995 (t)	Variation 1995/1994
TOTAL FRANCE	13 590 900	9,90%	1 552 361	6%	13 053 649	10,70%

source: enquête auprès des producteurs et service des douanes (D.N.S.C.E.)

Tabl. 7 - Calcaires et dolomies à usage industriel et agricole en Pays de la Loire.

2.1. UTILISATIONS

Calcaires et dolomies sont utilisés dans les secteurs industriels et agricoles sous des formes diverses, plus ou moins broyées, micronisées mais aussi calcinées.

Sous forme de castine (5 à 100 mm), ils sont en général utilisés :

- dans la **verrerie** : la fabrication du verre utilise, comme matière première, outre la silice, 8 à 13 % de calcaire et 10 à 16 % de carbonate de sodium produit à partir de calcaires ;
- dans la **sidérurgie** ou les castines sont utilisées comme fondants ;
- dans l'**agriculture** :
 - . *sous forme de produit cru*, le calcaire concassé ou broyé contribue à améliorer la structure des sols lourds, corrige les pH acides et augmente l'activité des engrais phosphatés. De plus, le calcium libéré augmente l'activité biologique, sert à la minéralisation des plantes et des animaux qui les consomment,
 - . *sous forme de produit cuit*, on obtient par calcination, à une température inférieure à 1 200°C une chaux dite grasse (aérienne) dont la teneur en CaO doit être supérieure à 90 %.

La chaux vive est non seulement destinée à l'usage agricole, mais aussi à la stabilisation des sols argileux lors des travaux routiers, au traitement des eaux (neutralisation et adoucissement des eaux acides), traitement des boues résiduaires urbaines, traitement des fumées industrielles.

La chaux vive est un produit à plus forte valeur ajoutée (600 F/t rendu) que les granulats ou poudres crues (30 à 50 F/t). La production pourra donc être située parfois loin des centres d'utilisation.

Sous forme de poudre (< 800 µm) ou granulés (< 1,8 mm), ils sont utilisés :

- dans les **peintures, enduits, mastics** : l'inconvénient des charges carbonatées pour ce type d'utilisation est leur sensibilité aux attaques acides ; par contre, elles améliorent la dispersion des pigments et leur faible pouvoir d'absorption d'huile limite la viscosité des peintures et permet leur utilisation dans les mastics. Les charges carbonatées sont prédominantes pour ce type d'usage par rapport aux talc, kaolin, micas et silice ;
- dans l'**alimentation animale et humaine** : pour les animaux, la teneur moyenne en CaCO₃ des aliments élaborés, peut atteindre 6 % (pour les pondeuses !), pour l'homme les utilisations sont limitées à la confiserie, la boulangerie et comme anti-agglomérant dans le riz ;
- dans la **fabrication de pâtes dentifrice, de cosmétiques et de tablettes et comprimés pharmaceutiques** ;
- pour la **fabrication de papier** : un papier composé seulement de fibres de cellulose serait solide mais poreux, rugueux et donc difficile à imprimer. Les charges minérales

permettent d'améliorer l'imprimabilité du papier et de réduire également son coût de fabrication car les fibres végétales sont chères. Dans ce domaine, les charges carbonatées, moins chères, tendent à remplacer le kaolin. Ces charges doivent cependant présenter des blancheurs élevées.

Enfin, parmi les utilisations spécifiques, citons :

- sous forme cuite ou frittée, la dolomie qui intervient dans l'industrie céramique (réfractaires magnésiens) ;
- dans l'industrie chimique, le calcaire qui permet de fabriquer le carbonate de sodium (verre, détergents), l'hypochlorite de sodium (blanchiment), le carbure de calcium, le P.C.C. ou carbonate de calcium précipité obtenu en faisant réagir de la chaux éteinte avec du dioxyde de carbone.

2.2. CARACTERISTIQUES DE LA MATIERE PREMIERE

Pour permettre l'exploitation, les qualités requises doivent, au niveau du gisement, présenter des conditions d'homogénéité et de régularité satisfaisantes. Les volumes à envisager doivent permettre une production sur plusieurs décennies.

Ces qualités sont variables suivant les secteurs :

- **qualités chimiques** : les charges exigent plus de 95 % de CaCO_3 , les castines pouvant titrer 80 à 90 % CaCO_3 et les calcaires pour agriculture moins de 85 % CaCO_3 . La présence de certains composants mineurs tels qu'oxydes ou silice, est à exclure dans la verrerie, la papeterie, etc. ;
- **qualités physiques** : par exemple l'indice de blancheur pour les charges, la résistance à la compression ($> 400 \text{ kg/cm}^2$) pour les calcaires destinés à la calcination.

Les tests d'identification consisteront en des calcidolomimétries permettant d'en estimer les contenus respectifs en CaCO_3 et MgCO_3 . Les tests de caractérisation dépendront des spécifications industrielles des différents secteurs.

Nous donnerons ci-après les spécifications concernant les usages agricoles.

En agriculture, les calcaires sont concernés par la norme NF 7 44001, et les chaux pour sulfatage par la norme NF U 43001 :

- granulométrie des calcaires :
 - . concassé brut $> 5 \text{ mm}$,
 - . broyé 80 % $< 5 \text{ mm}$,
 - . pulvérisé 80 % $< 315 \mu\text{m}$,
 - . granulé : pulvérisé aggloméré ;
- rapidité d'action déterminée par la solubilité carbonique ;

- réactivité de solubilité carbonique en % : moins de 20 à plus de 75 % selon les amendements à action lente à rapide ;
- teneurs CaO (+ MgO) de :
 - . 25 à 45 % (marnes),
 - . 45 % à 55 % (calcaires),
 - . 45 % à 55 % (craie),
 - . 42,5 % (maërl²),
 - . 70 % (chaux vive),
 - . 50 % (chaux éteinte) ;
- la valeur neutralisante de l'acidité est liée à la teneur en CaO et MgO.

La chaux pour sulfatage doit satisfaire aux impératifs suivants :

	Chaux "en roche"	Chaux "en fleur"	Cendrée de chaux
CaO	> 90 %	Ca (OH) ₂ > 90 %	40 à 80 %
SiO ₂ + Al ₂ O ₃	< 4 %	< 3 %	
Granulométrie		100 % < 800 µm 90 % < 125 µm	

2.3. PRODUITS DE SUBSTITUTION

Compte tenu de leur prix très bas, peu d'alternatives de remplacement existent dans leurs principaux domaines d'utilisation. Par contre, la dolomie peut remplacer le calcaire dans certains usages :

- dans la sidérurgie, où elle permet de réaliser des économies d'énergie en raison de meilleures qualités fondantes ;
- dans le domaine des charges blanches ;
- pour le traitement des eaux.

Enfin, dans le domaine agricole, les amendements à la fois calciques et magnésiens sont plus performants que ceux uniquement calciques.

La dolomie est également utilisée comme abrasif doux dans les pâtes à dentifrice, voire pour le sablage à sec en substitut à la silice.

² Le maërl est un sable calcaire marin, d'origine algaire et bioclastique, récolté au large des côtes de Bretagne.

2.4. PRODUCTION ET MARCHÉ

2.4.1. Niveau national

En 1995, la production de calcaire et dolomie pour l'industrie et l'agriculture s'élevait à 13 590 900 t, en augmentation de 10 % par rapport à l'année précédente. Le chiffre d'affaires en 1995 est de 1,5 milliards de francs, en augmentation de 6 % par rapport à l'année précédente.

Plus de 50 % des calcaires industriels sont destinés à l'industrie sidérurgique. La consommation dans le secteur a été affectée depuis 1990 par la baisse générale d'activité.

Par contre, l'industrie agricole utilise de plus en plus d'amendements à base de calcaire et dolomie. De 1,6 Mt en 1985, cette consommation n'a cessé de croître pour atteindre 2,7 Mt en 1994, soit une progression de plus de 60 %.

Les amendements représentent maintenant 25 % du total des utilisations, contre 15 % en 1985.

Les flux d'échanges extérieurs sont faibles et se limitent à la CEE. En 1985, les exportations se sont élevées à 1 008 710 t pour seulement 471 459 t importées. La balance des échanges est donc excédentaire.

L'activité est le fait de sociétés puissantes, nationales ou internationales, citons les sociétés Meac et Omya du groupe suisse Plüss Stauffer, le groupe Balthazard et Cotte, premier producteur français de chaux aérienne ; A.G.S. B.M.P (groupe Imétal), Provençale S.A. et de nombreux producteurs de granulats.

Les prix sont très variables suivant les spécifications et donc les transformations subies par le matériau brut : ainsi, ils peuvent varier de 30 F/t pour les granulats destinés à la viabilité ou à l'amendement jusqu'à 1 000 ou 1 400 F/t pour les charges blanches finement micronisées (0,7 µm, blancheur 96). Les charges pour plastiques, peintures caoutchoucs bas de gamme varient entre 250 et 400 F/t.

2.4.2. Niveau régional (voir fig. 1 et tabl. 7)

Ne sont pris en compte, dans le cadre de ce panorama que les professionnels assurant une production minimum de 50 000 t/an.

D'après notre enquête, la production commercialisée dépasse 1 100 000 t, soit environ 9 % de la production nationale, pour un chiffre d'affaires supérieur à 80 MF.

Les productions des installations varient de 100 000 t à plus de 400 000 t et sont majoritairement destinées au secteur agricole du grand Ouest. Elles sont assurées par cinq sociétés réparties sur quatre départements (seule la Sarthe n'a aucune activité de production).

2.4.3. Perspectives

Les utilisations aux fins d'amendement devraient présenter une croissance soutenue dans les prochaines années. La région Pays de la Loire occupe de plus une position géographique privilégiée en bordure du Massif armoricain, pour approvisionner le grand Ouest. Compte tenu du caractère souvent lenticulaire de la ressource et de son hétérogénéité en terme de composition, une meilleure identification et caractérisation constituerait un atout pour l'activité régionale.

TOURBE A USAGE DE SUPPORT DE CULTURE EN PAYS DE LA LOIRE

PRINCIPALES CARACTERISTIQUES DE LA PRODUCTION DE PRODUITS TRANSFORMES

	ENTREPRISE	RESSOURCE	PRODUITS COMMERCIALISES	DOMAINE D'UTILISATION	ZONE DE COMMERCIAL	PRODUCTION (1996)
LOIRE ATLANTIQUE (44)	Les TOURBIERES FLORENTAISES 44 850 St Mars du desert	tourbe noire exploitée sur place; tourbe blonde importée	terreaux, supports de culture à base d'écorce	professionnels < 60 %	60 % Grand - Ouest	300 - 350 000 m ³
MAINE ET LOIRE (49)	FALIENOR 49680 Vivy	tourbe: appro. extérieur	terreaux, supports de culture à base d'écorce	professionnels < 60 %	rayon de 200 km environ.	100 - 150 000 m ³
MAYENNE (53)	/	/	/	/	/	/
SARTHE (72)	/	/	/	/	/	/
VENDEE (85)	/	/	/	/	/	/
TOTAL PAYS DE LOIRE						400 - 500 000 m³

TOURBE A USAGE DE SUPPORT DE CULTURE

PRODUCTION NATIONALE ECHANGES ET CONSOMMATION APPARENTE

	PRODUCTION NATIONALE			EXPORT	IMPORTATIONS (source C.A.S.)	CONSOMMATION APPARENTE
	VOLUME 1996 (m ³)	Variation 95/94	VALEUR 1995 (kF)	Volume 1996 (m ³)	Volume 1996 (m ³)	Volume 1996 (m ³)
TOTAL FRANCE	495 000	-4,80%	32 175	30334	1 800 000	1 770 000

source: enquête auprès des producteurs et service des douanes (D.N.S.C.E.)

Tabl. 8 - Tourbe à usage de support de culture en Pays de la Loire.

3. Tourbe à usage de support de culture

La tourbe résulte de la décomposition à l'abri de l'air de végétaux aquatiques, l'existence d'un milieu réducteur permettant la conservation de la matière organique.

Dans la génèse du charbon, la tourbe constitue le stade initial alors que le lignite représente le stade intermédiaire. Deux types de tourbe peuvent être distingués suivant leur mode de formation.

Formées dans les vallées et les plaines des régions au climat tempéré, les **tourbes noires** résultent de la transformation d'une végétation diverse : roseaux, laiches, prêles, cypéracées et mousses (hypnes).

Lorsque les eaux sont pauvres en éléments nutritifs, peu oxygénées, pauvres en matières organiques et de pH acide, les **tourbes blondes** se forment par la croissance exclusive de mousses (sphaignes). Elles se rencontrent surtout dans les régions nordiques et les basses montagnes des régions tempérées, elles constituent les tourbes où la matière organique est la moins évoluée.

L'inventaire des tourbières, réalisé en France en 1949, recensait plus de 895 tourbières de tailles variables, surtout situées en Franche Comté, Auvergne, Bourgogne et Alsace. Alors que leur surface représentait 100 000 ha, elle serait limitée maintenant à 60 000 ha. Si la disparition d'environ 3 000 ha est imputable à l'exploitation, l'essentiel des destructions est imputable aux drainages liés à l'urbanisation et au reboisement.

En France, sont surtout rencontrées des tourbes noires, encore largement exploitées alors que les tourbes blondes limitées à l'étage montagnard ne concernent que des surfaces limitées ne permettant aucune perspective d'exploitation.

L'association des Espaces Naturels de France a entrepris un inventaire de toutes les zones humides françaises, dans le cadre du programme LIFE NATURE financé par l'Union Européenne et le ministère de l'Environnement.

Dans la région Pays de la Loire, les zones humides les plus importantes se situent en Loire Atlantique :

- la Brière ;
- la vallée de l'Erdre (Saint-Mars-du-Désert) ;
- le sud-ouest du lac de Grand Lieu (Sainte-Lumine-de-Coutais).

Seuls font l'objet d'exploitation les marais de la vallée de l'Erdre où trois tourbières sont en activité. Dans tous les cas, celle-ci doit se faire dans le respect d'impératifs écologiques qui conditionnent la pérennité du fonctionnement de la tourbière.

3.1. UTILISATIONS

La tourbe présente une capacité de rétention élevée et une bonne capacité d'échange ; par contre, la matière organique étant peu évoluée, ses qualités calorifiques restent limitées.

En tant que **combustible**, elle peut être utilisée sous forme sèche ou après cokéfaction, mais ses performances restent faibles comparativement aux autres sources d'énergie solides. A l'heure actuelle, seuls les pays disposant d'importantes ressources l'utilisent dans les centrales thermiques (CEI, Irlande, Finlande, etc.).

A titre de comparaison, quelques pouvoirs calorifiques sont présentés ci-après (kcal/kg) :

- tourbe sèche	4 500 à 5 200
- bois à 20 % d'eau	3 000
- lignite	4 000 à 6 000
- houille	8 000

Les tourbes noires présentent les meilleures performances en terme de rendement calorifique.

Dans l'**industrie chimique**, le secteur des engrais utilisait des acides humiques et fulviques fabriqués à partir de tourbe noire. Présentement, ceux-ci sont plutôt fabriqués en France à partir de lixiviats d'ordures ménagères (communication orale C.A.S.).

La tourbe ou les écorces ajoutées au lisier de porc, en absorbant l'humidité, peuvent constituer un **amendement organique** dont l'utilisation devra cependant être contingentée (apport en nitrate).

Depuis 1970, le développement des cultures en conteneur a suscité une importante demande de **supports de culture**.

Sa nature homogène, sa facilité de mise en oeuvre et ses qualités spécifiques (rétention, échange) ont permis à la tourbe de constituer la matière première la plus utilisée.

Nous ne considérerons, par la suite, que les usages agricoles, et plus particulièrement celui des supports de culture qui représente l'essentiel de la consommation de tourbe en France.

3.2. CARACTERISTIQUES DE LA MATIERE PREMIERE

Les principales qualités requises pour qualifier une tourbe pour cet usage sont les suivantes :

- capacité de rétention : 1 000 à 1 500 % en poids de la matière sèche ;
- rapport carbone/azote (C/N) de 40 à 50 ;
- pH acide (3,8 à 4,5) ;
- capacité d'échange importante 100 à 150 milligrammes équivalent (Meq) ;
- absence de phyto-parasites.

La tourbe blonde constitue un support apprécié des professionnels en raison de son caractère acide, de sa stabilité dans le temps, de sa forte capacité d'échange et de sa texture. Son utilisation est en augmentation.

3.3. NORMES

La norme AFNOR NFU-44551 de 1974, complétée par la norme 44571, dont l'arrêté d'application est paru le 1er novembre 1997, concerne les supports de culture vendus en l'état ou après adjonction de fertilisants. Elle normalise les paramètres suivants pour la tourbe :

- pH ;
- résistivité qui marque la présence de constituants minéraux solubles ;
- rétention en eau ;
- taux de matière organique ;
- taux de matière sèche (qui mesure le degré de décomposition du matériau).

Les normes NFU-44051 et 44051C de 1981 concernent les amendements organiques. Elles précisent les conditions d'obtention de terreau, à partir d'une tourbe noire (adjonction d'ammoniaque et de sels appropriés).

3.4. TESTS DE CARACTERISATION

Parmi les autres tests méritant d'être réalisés sans tous être normalisés, citons :

- la perméabilité (vitesse de migration de l'eau exprimée en cm^3 pendant 5 minutes) ;
- l'étude des alternances dessiccation - réhumectation, le substrat idéal pouvant reprendre l'eau qu'il perd ;
- la teneur en éléments nutritifs, notamment calcium et magnésium qui constituent un préalable à un enrichissement par engrais.

3.5. SPECIFICATIONS PROFESSIONNELLES

Pratiquement, les professionnels essaient d'optimiser les caractéristiques du support suivant les besoins.

On désigne sous le nom de terreau une tourbe noire ou brune à laquelle sont ajoutées des matières organiques fermentées (NFU-44551). Un compost est un mélange plus hétérogène fermenté contenant des déchets d'origine végétale, animale, minérale ou inerte. Une terre dite de bruyère est un support naturel acide constitué de tourbe brune peu fermentescible et de sable siliceux.

A titre indicatif, les principales matières premières utilisées pour la fabrication de supports de culture sont les suivantes (communication C.A.S.), proportion en volume de la consommation totale :

- tourbe brune	: 10 à 15 %.
- tourbe blonde	: 45 à 55 %.
- écorce de pin	: 15 à 20 %.
- compost	: 2 à 5 %.
- sable	: < 1 %.
- argile (terre végétale s.l.)	: < 1 %.
- sous produits de l'industrie papetière	: 3 %.
- pouzzolanes, zéolites et autres	: 6%.

3.6. PRODUITS DE SUBSTITUTION

En raison de ses propriétés spécifiques qui autorisent la standardisation, la tourbe constitue un substrat difficilement remplaçable compte tenu des prix du marché.

Parmi les produits pouvant constituer une alternative, citons :

- la fibre de bois ;
- la fibre de coco, dont le prix est compétitif, mais pour laquelle peuvent se poser des problèmes de qualité et de régularité d'approvisionnement ;
- les composts provenant de déchets urbains, à condition de contrôler la nature des éléments traces et leur innocuité sanitaire.

D'une manière générale, les produits de recyclage (boues résiduaires, etc.) fourniront de grands volumes qu'il sera difficile d'homologuer en tant que matière fertilisante pour des raisons de nocivité.

3.7. PRODUCTION ET MARCHÉ

3.7.1. Niveau national

3 300 000 m³ de supports de culture ont été produits en 1995 (source C.A.S.) en France. Environ 70 entreprises productrices sont dénombrées, dont 61 sont syndiquées à la chambre des fabricants d'amendements organiques, de supports de cultures et de leurs dérivés (C.A.S.).

La consommation apparente de tourbe en France (toute nature confondue) était stable en 1996, par rapport à l'année précédente pour un volume de l'ordre de 1 800 000 m³. La France ne couvre ses besoins qu'à hauteur de 60 % pour les tourbes noires, et reste totalement dépendante des importations pour la tourbe blonde. Les échanges sont essentiellement intra-européens, la tourbe blonde provient d'Irlande, de la Finlande et des pays baltes, tandis que la tourbe brune ou noire est importée d'Allemagne et de Belgique.

Le transport sur de longues distances de la tourbe noire, plus lourde, est difficilement justifié dans les conditions actuelles de prix, les professionnels privilégieront donc un approvisionnement local.

Les prix sont les suivants (source C.A.S.) :

- matière première :
 - . tourbe blonde : 60 à 150 F/m³
 - . tourbe noire : 45 à 80 F/m³
 - . écorce : 30 F/m³
- produits transformés :
 - . supports de culture : 250 - 500 F/m³
 - . amendement organique : 1 000 à 1 500F/t

Le marché arrive à maturité, avec une faible progression de la demande de produits transformés en volume et une légère baisse des prix en raison de la concurrence. Auprès du grand public, les supports de culture prennent le pas sur les amendements organiques.

3.7.2. Niveau régional (voir tabl. 8)

Deux entreprises fabriquent des supports de culture en Pays de la Loire : La Florentaise et Faliénor. Leur production cumulée est d'environ 500 000 m³, soit 15 % de la production nationale.

L'exploitation de tourbe brune est assurée par trois sociétés dans les marais de l'Erdre : Les Tourbières de France et La Florentaise à Saint-Mars-du-Désert et les Tourbières de

Sucé à Sucé-sur-Erdre. La production totale cumulée de tourbe brune est de 80 500 m³ environ, soit 16 % de la production nationale.

Ces supports de culture sont destinés au marché régional du grand Ouest.

3.8. PERSPECTIVES

Si les besoins prévisibles de tourbe brune sont stables, des problèmes d'approvisionnement risquent de se poser à l'horizon 2005 - 2010.

En effet dans le cadre du plan Natura 2000, des restrictions de plus en plus importantes seront appliquées aux exploitations en zone humide dans la communauté européenne. De plus, le classement en ZNIEFF (zone d'intérêt écologique, faunistique et floristique) de nombreux marécages par le ministère français de l'Environnement va entraver l'exploitation. Ces contraintes concerneront également les zones d'approvisionnement traditionnelles du marché français, qui font déjà partie intégrante de la communauté ou l'intégreront à brève échéance.

Cependant, l'expérience prouve qu'exploitation et satisfaction des intérêts écologiques ne sont pas contradictoires : ainsi, à Sucé-sur-Erdre, une exploitation se situe à l'intérieur d'une tourbière bombée protégée par un arrêté de biotope prévoyant expressément la poursuite de l'exploitation pour pérenniser le fonctionnement de la tourbière.

Recensement et caractérisation physique, botanique et biologique des tourbières au niveau régional constituent donc un préalable à une gestion durable de la ressource en tourbe brune disponible, dans l'intérêt réciproque des exploitants et des écologistes, dans l'attente de la mise au point de produits de substitution économiquement viables.

De plus, les tourbières mortes ou fossiles peuvent, sous réserves d'inventaire, faire l'objet d'une exploitation et ainsi préserver les écosystèmes encore en activité.

4. Antimoine

L'antimoine est présent dans la nature essentiellement sous forme de sulfure : Sb_2S_3 , la stibine. Il se trouve de ce fait le plus souvent associé dans les gisements à d'autres sulfures, de Cu, Pb, Ag, mais aussi à l'or.

Si la France, dès 1890, occupe le premier rang mondial des producteurs, toute activité extractive a cessé en 1935, malgré quelques tentatives d'exploitations jusqu'en 1991 en Bretagne (Ty Gardien) et Pays de la Loire (les Brouzils en Vendée).

Cette évolution est due à l'épuisement des mines et aussi à la concurrence des minerais et concentrés à bas prix provenant de Thaïlande, de Bolivie et, plus récemment, de Chine et de Kirghizie.

A eux seuls, les Pays de la Loire ont fourni près de 46 % de la production cumulée totale française avec respectivement :

- La Lucette (53) : 42 000 t (arrêt de la production en 1935) ;
- Rochetréjoux, les Brouzils (85) : 18 000 t.

De modestes réserves (20 000 t) existent encore en Vendée et en Bretagne.

4.1. UTILISATIONS

La stibine sert depuis l'antiquité dans la préparation des fards (kôhl), mais le véritable essor de la métallurgie de l'antimoine ne remonte qu'au XIX^e siècle.

L'antimoine intervenait traditionnellement sous forme métallique comme durcisseur dans les alliages au plomb destinés aux caractères d'imprimerie ou aux batteries. Cependant, depuis 1980, les mutations technologiques marquées par l'apparition de la photocomposition vont le détourner de cette usage initial.

A l'heure actuelle, il reste utilisé :

- sous **forme métallique** également appelé le régule pour ses propriétés de durcisseur dans les alliages au plomb (batteries) ou comme agent de débullage dans la fabrication du verre (en concurrence avec le trioxyde d'antimoine) ;
- sous **forme de sulfure**, en poudre, dans les pièces de friction ou il joue un rôle de lubrifiant solide dans les secteurs des transports et de la construction ;

ANTIMOINE EN PAYS DE LA LOIRE

PRINCIPALES CARACTERISTIQUES DE LA PRODUCTION DE PRODUITS TRANSFORMES

	ENTREPRISE	RESSOURCE	PRODUITS COMMERCIALISES	DOMAINE D'UTILISATION	ZONE DE COMMERCIAL.	PRODUCTION (1996)
LOIRE ATLANTIQUE (44)						
MAINE ET LOIRE (49)						
MAYENNE (53)	société des Mines de la Lucette 53 940 Le Genest St Isle	stibine importée en totalité (Kirghizie, Chine).	poudres	50 % ignifugeants 30 % éléments d'alliage.	France et Export.	7 à 10 000 t
SARTHE (72)	/	/	/	/	/	/
VENDEE (85)	/	/	/	/	/	/
TOTAL PAYS DE LOIRE						7 à 10 000 t

ANTIMOINE

PRODUCTION NATIONALE DE PRODUITS DERIVES ET FLUX DE MATIERE PREMIERE.

	PRODUCTION NATIONALE	EXPORTATIONS	IMPORTATIONS	PART DU RECYCLAGE	CONSOMMATION APPARENTE	REMARQUE
	VOLUME 1996 (t)	métal (1995) (t)	métal (1995) (t)	métal (1995) (t)	métal (1995) (t)	
TOTAL FRANCE	12 - 17 000 t (estimation)	680	6 400	3500 (estimation)	9 000 10 000	seules deux entreprises opèrent dans le secteur en France

source: service des douanes (D.N.S.C.E.), OMP et enquête auprès des producteurs.

Tabl. 9 - Antimoine en Pays de la Loire.

- sous **forme d'oxyde** : comme agent de synergie des halogènes dans les réactions anti-feu appliquées aux matières plastiques, aux tissus synthétiques et aux élastomères (50 %) ; comme pigment et opacifiant (environ 20 %).

Les deux premiers usages représentent environ 30 % de la consommation et sont surtout dépendants du secteur de l'automobile.

4.2. CARACTERISTIQUES DE LA MATIERE PREMIERE

On distingue trois types de minéraux d'antimoine :

- les sulfures : stibine (70 % Sb), berthiérite ;
- les oxydes et antimonocres ;
- les sulfo-antimoniures de plomb, dont les teneurs en Sb sont faibles et ne permettent que la préparation de concentrés marchands de 2ème catégorie (35 % à 50 % Sb).

Le concentré marchand idéal serait le suivant :

- Sb > 55 %
- As \approx 0,3 %
- Pb \approx 0,3 %
- S > 20 %.

Les impuretés pénalisantes sont les suivantes :

- As < 0,25 %
- Pb < 0,75 %
- Sn gênant mais rare
- Hg gênant, mais rapidement éliminé car volatil.

Parmi les autres métaux fréquemment associés, citons l'or qui est facilement valorisable.

4.3. PRODUITS DE SUBSTITUTION

Le calcium va progressivement supplanter l'antimoine comme durcisseur dans les batteries au plomb.

L'utilisation du trioxyde d'antimoine, comme agent anti-feu en association avec des halogènes reste globalement d'un coût inférieur au principal produit concurrent le trihydrate d'aluminium ($Al(OH)_3$).

Cependant, la production de toxines liées aux halogènes en cas d'incendie risque de voir leur utilisation de plus en plus réglementée et pourrait restreindre les parts de marché de l'oxyde d'antimoine dans ce secteur.

4.4. PRODUCTION ET MARCHÉ (voir tabl. 9)

La France conserve une place importante dans l'Union européenne pour la production industrielle d'antimoine, oxyde et métal à partir de concentrés importés.

La consommation française en 1995 atteignait environ 10 000 t métal, dont près de 30 % venait du recyclage. Les importations françaises s'élevaient, la même année, à environ 6000 t en provenance de Chine et de Kirghizie.

La France ne compte que deux producteurs de produits dérivés :

- en Pays de la Loire, l'usine de Saint-Genest, près de Laval en Mayenne, appartient à la société des Mines de La Lucette et produit 5 000 t d'oxyde et 4 500 t de métal par an soit près de 60 % de la production nationale ;
- le solde de la production est assuré par la société SICA à Chauny (Aisne).

4.5. PERSPECTIVES

Les débouchés de la production, dans le domaine des "retardateurs de flamme", vont être confortés par le durcissement de la réglementation relative à la résistance au feu, ce qui permet d'espérer une croissance de l'ordre de 2 à 3 % pour le marché du trioxyde d'antimoine, malgré les menaces qui pèsent sur l'utilisation des halogènes et donc de l'antimoine.

L'approvisionnement en minerai se posera en terme de qualité et de prix, la Chine n'hésitant pas à pratiquer des prix de dumping.

Ce problème risque d'être accentué par la baisse du taux de recyclage lié aux nouvelles applications dans les ignifugeants (dispersion dans des matériaux extrêmement divers).

Il existe peu d'espoir cependant de voir se réouvrir des exploitations en France en raison, aussi bien de la faiblesse des réserves disponibles que du prix peu élevé et fluctuant des matières premières.

5. Ardoises

Les roches schisteuses, du fait de leur débit en plaques peu épaisses, conviennent à un certain nombre d'emplois particuliers en construction : couverture, dallage, pierre dimensionnelle.

Le plus connu et le plus apprécié est constitué par l'ardoise fine qui fera plus particulièrement l'objet de ce chapitre.

Pétrographiquement, ces ardoises sont des schistes résultant du métamorphisme de sédiments silico-alumineux fins et présentant un clivage schisteux mécanique d'une remarquable perfection (J. Jung).

La composition minéralogique est caractérisée par la présence de quartz, chlorite et minéraux phylliteux de type séricite ou illite, tous recristallisés ou néoformés à la suite du métamorphisme, mais conservant une granulométrie fine.

Les schistes, dits ardoisiers au sens large, ne sont plus exploités que dans le Massif armoricain et les Ardennes. En Pays de la Loire, la société Les Ardoisières d'Angers exploite, dans les formations ordoviciennes, trois gisements souterrains à des profondeurs variant entre 200 et 500 m :

- à Trélazé, près d'Angers, ce sont Les Grands Carreaux et Les Fresnais ;
- à Noyant-la-Gravoyère (8 km à l'ouest de Segré), il s'agit de l'exploitation de Misengrain.

Depuis l'arrêt de l'exploitation de La Pouèze, à 20 km au nord-ouest d'Angers, seuls deux ateliers de fabrication subsistent : Les Fresnais (Trélazé) et Noyant, l'atelier de La Pouèze ayant été regroupé en 1998 avec celui des Fresnais.

La zone d'intérêt, située dans les schistes d'Angers, s'étend sur près de 60 km entre Rénazé en Mayenne et Trélazé en Maine-et-Loire.

Trois niveaux ardoisiers sont connus : les niveaux inférieurs et intermédiaires d'âge ordovicien moyen sont exploités à Trélazé et Noyant, tandis que le niveau supérieur d'âge ordovicien supérieur était exploité à Rénazé.

La puissance des "veines" ardoisières varie de 10 à 45 m. Les réserves disponibles sont estimées à 10 ans sur le site de Trélazé. Un potentiel important subsiste au niveau du synclinal d'Angers suivant une direction WNW-ESE entre Saint-Julien-de-Vouvantes et Trélazé, distants de 60 km, et au niveau du synclinal de Poncé entre Rénazé et Noyant.

5.1. UTILISATIONS

5.1.1. Pierres dimensionnelles

A côté des ardoises proprement dites, d'autres schistes, dont la structure ne permet pas un débit assez fin, peuvent être employés en dalles pour le revêtement des sols ou le parement des murs.

5.1.2. Poudres et paillettes

Les déchets de taille d'ardoise, et plus largement d'exploitation, peuvent être transformés en granulats, après dessiccation et concassage-broyage. On distingue :

- les paillettes : elles interviennent dans la fabrication du "shingle", élément de couverture bituminé où elles constituent une couche externe protectrice ;
- les poudres : sont employées comme charge dans les matières plastiques, les caoutchoucs.

Enfin, les déchets d'ardoise sont susceptibles d'être valorisés dans la fabrication des fibres de verre comme substitut à l'asbeste, voire pour la fabrication de schistes expansés. Cette valorisation est cependant conditionnée par la situation du marché.

5.2. CARACTERISTIQUES DE LA MATIERE PREMIERE

Les qualités requises, pour permettre à des niveaux schisteux d'être exploités, portent sur les points suivants :

- un rapport quartz/minéraux phylliteux peu élevé ;
- une granulométrie fine et homogène (voisine de 30 μm) ;
- une fissilité plane et bien parallèle correspondant à une schistosité de flux typique ;
- une absence d'hétérogénéité, qu'elle soit d'origine sédimentaire, métamorphique ou tectonique ;
- l'absence de certains minéraux accessoires dont la présence peut provoquer une détérioration rapide du produit fini (carbonates, pyrite).

Au sein d'une formation productive, les passées ardoisières proprement dites, appelées "veines", ne sont pas définies par le plan de fissilité, le fil de la pierre suivi par les mineurs, mais sont le plus souvent obliques par rapport à lui. La définition précise des limites d'une couche constitue donc un préalable pour l'exploration aussi bien que pour prévoir les extensions d'un chantier en exploitation.

A cette fin, des études géologiques préalables, incluant notamment lithostratigraphie, sédimentologie et structurologie, en permettant la compréhension des conditions de formation à toutes les échelles, constitueront un outil d'optimisation de l'exploitation.

L'ardoise d'Angers, exploitée depuis le X^e siècle, présente des qualités intrinsèques qui font d'elle un des meilleurs matériaux de couverture ; ce sont notamment :

- son imputrescibilité ;
- une imperméabilité parfaite ;
- une non gélivité ;
- une stabilité absolue de la couleur bleu-noir ;
- une absence de réaction aux acides ;
- sa légèreté (27 kg/m^3) ;
- une importante résistance à la flexion.

Ces qualités sont particulièrement adaptées dans les zones présentant de fortes amplitudes thermiques ou de fréquents cycles successifs de gel et dégel.

5.3. NORMES

La norme AFNOR n° P 32301 d'août 1958, complétée en mai 1993, définit les caractéristiques générales des ardoises ; elle porte sur :

- les noeuds ($< 2 \text{ mm}$) ;
- la densité : au minimum 2,6 ;
- la porosité $< 3 \%$ en volume ;
- la gélivité ;
- la résistance à la flexion suivant les épaisseurs qui varient de 2,7 à 4,8 mm.

5.4. PRODUCTION ET MARCHE (tabl. 10)

En 1995, la consommation apparente française de produits ardoisiers s'établissait à environ 400 000 t, pour une production nationale (tous produits) de seulement 245 000 t, soit une couverture à seulement 60 % de nos besoins. Les importations françaises concernent essentiellement les ardoises de couverture qui proviennent d'Espagne. Dans ce domaine, avec une production de 30 000 t, la France ne couvre ses besoins qu'à hauteur de 15 %.

Le groupe IMETAL, à travers la société des Ardoisières d'Angers, assure 94 % de la production française d'ardoise de couverture, le reliquat (2 000 t environ) est fourni par les Ardoisières de Maël-Carhaix (22).

ARDOISES ET SCHISTES ARDOISIERS EN PAYS DE LA LOIRE

PRINCIPALES CARACTERISTIQUES DE LA PRODUCTION

	ENTREPRISE	RESSOURCE	PRODUITS COMMERCIALISES	DOMAINE D'UTILISATION	ZONE DE COMMERCIAL.	PRODUCTION (1996)
LOIRE ATLANTIQUE (44)	POIDEVIN Roger 44 170 NOZAY	schistes ardoisiers.	Pierre dimensionnelle. dalles d'ardoises	bâtiment	grand ouest	1000 t (estimé)
MAINE ET LOIRE (49)	ARDOISIERES D'ANGERS 49 010 ANGERS	ardoises, schistes ardoisiers.	ardoises de couverture, dalles d'ardoises, Pierre dimensionnelles	bâtiment, couverture	> 70 % grand Ouest (estime)	25 à 30 000 t
MAYENNE (53)	/	/	/	/	/	/
SARTHE (72)	/	/	/	/	/	/
VENDEE (85)	/	/	/	/	/	/
TOTAL PAYS DE LOIRE						25 à 30 000 t

ARDOISES ET SCHISTES ARDOISIERS

PRODUCTION NATIONALE ET ECHANGES EXTERIEURS.

	PRODUCTION NATIONALE			EXPORTATIONS (1995)	IMPORTATIONS (1995)	CONSUMMATION APPARENTE
	VOLUME 1995 (t)	valeur (kF)	variation 1995/1994	Volume valeur variations	Volume valeur variations	Volume 1995 (t)
TOTAL FRANCE	245 000 t de produits ardoisiers. dont environ 30 000 t d'ardoises de couverture.	270685	volume: 0,4 % valeur: - 6,22%	52 432 t 67709 kF + 6 % en volume + 7% en valeur	201 875 t 596 425 kF - 4% volume + 14,9 % valeur	395 000 400 000 t

source: service des douanes (D.N.S.C.E.), UNICEM et enquête auprès des producteurs.

Tabl. 10 - Ardoises et schistes ardoisiers en Pays de la Loire.

Seules, deux entreprises produisent des paillettes et poudres d'ardoises : l'entreprise HERIAU près de Vitré (35) et la SICA à Rimogne (08), pour un total d'environ 210 000 t (1995).

Le marché français de l'ardoise reste le premier marché européen. Plus de 70 % de la consommation se concentre en Bretagne et Pays de la Loire.

5.5. PERSPECTIVES

5.5.1. Ardoise de couverture

L'exploitation des ardoises en Pays de la Loire constitue encore une activité économique importante, puisqu'elle emploie encore directement 500 personnes en 1997, pour un chiffre d'affaires d'environ 150 MF.

Principal centre français de production d'ardoise de couverture, la région d'Angers est également proche des zones de consommation que sont la Bretagne et les Pays de la Loire. Elle a donc son rôle à jouer dans un marché où, malgré la crise du bâtiment, la demande restera stable grâce à l'entretien et la rénovation du bâti existant.

La concurrence des approvisionnements espagnols a tendance à tirer les prix, ainsi que la qualité vers le bas et pourrait menacer à terme la pérennité de l'activité régionale.

Une étude comparative du secteur, entre la France et l'Espagne, permettrait de rechercher des pistes pour accroître la compétitivité du secteur français.

5.5.2. Autres produits ardoisiers

La valorisation des déchets et stériles d'exploitation pourrait éventuellement constituer un relais de compétitivité en terme de prix. La viabilité économique d'une telle valorisation mériterait d'être étudiée.

Conclusion

Pour les cinq ressources inventoriées, le bref panorama réalisé a tenté de mettre en perspective les enjeux en terme de besoins prévisibles, de qualités requises suivant les utilisations et de contraintes réglementaires.

D'une manière générale, les ressources aux plus faibles coûts unitaires resteront locales. Les unités transformatrices, centrées près des lieux de consommation, devront s'approvisionner au moindre coût, tout en respectant une stricte régularité dans les qualités de matériau.

L'approvisionnement local devra notamment être résolu pour les argiles à terre cuite, les tourbes noires et éventuellement les calcaires et dolomies à usage agricole.

Pour les ressources aux coûts unitaires plus élevés, les industries de transformation régionales pourront s'approvisionner sur le marché, parfois en dehors de France, ou de la CEE ; c'est le cas pour l'antimoine et les ardoises malgré leur caractère pondéreux.

Enfin, soulignons que certaines ressources aux caractéristiques spécifiques, en raison de leur prix élevé, pourraient mériter une éventuelle identification dans la région, même en l'absence d'industrie transformatrice. D'autant plus si la balance des échanges français est déficitaire, c'est le cas des bentonites et des attapulgites.

Références bibliographiques

Mémentos roches et minéraux industriels du BRGM

Becq Giraudon J.F. (1988) - L'ardoise et les pierres ardoisières. Rap. BRGM 88 SGN 863 GEO.

Le Berre P. (1989) - Les attapulgites (palygorskites) et sépiolites. Rap. BRGM R 30001.

Marteau P. (1989) - Les calcaires, craies, marbres et produits dérivés à usage industriel et agricole. Rap. BRGM 88 SGN 355 GEO.

Odent B. (1984) - La tourbe et les tourbières. Rap. BRGM 84SGN 387 GEO

Rocher Ph. (1992) - Argiles nobles pour produits céramiques. Rap. BRGM R 35743.

Thibaut P.M. (1991) - Argiles communes pour produits de terres cuites. Rap. BRGM R 33266

Autres

Béziat P. *et al.* (1994) - Carte minière de la France. Editions du BRGM.

ANNEXE 1

Entreprises et organismes consultés

- **Fédération Française des Tuiles et Briques**
13, rue Letellier
75015 Paris
- **Confédération des Industries Céramiques de France**
44, rue Copernic
75116 Paris
- **Syndicat National des Producteurs de Matières Premières pour la Céramique et la Verrerie**
15, avenue Victor Hugo
75116 Paris
- **UNICEM** (*Union Nationale des Industries de Carrières et Matériaux de Construction*)
3, rue Alfred Roll
75849 Paris cedex 17
- **Chambre Syndicale Nationale des Fabricants de Chaux Grasses et Magnésiennes**
30, avenue de Messine
75008 Paris
- **Chambre Syndicale des Fabricants d'Amendements Organiques, de Supports de Culture et leurs Dérivés (CAS)**
59, Avenue de Saxe
75007 Paris
- **AFNOR**
Tour Europe
92049 Paris-la-Défense
- **CAS - Chambre syndical des fabricants d'amendements organiques, de supports de culture et leurs dérivés**
59, avenue de Saxe - 75007 PARIS
- **CRCI**
16, Quai Ernest Renand - BP 710
44027 Nantes cedex 04
- **INSEE**
Observatoire Economique de l'Ouest
5-6, Boulevard Louis Barthou
44037 Nantes cedex

- **DRIRE**
3, rue M. Sembat
44049 Nantes cedex 04
- **UNICEM**
Délégation Pays-de-Loire
25, rue Jules Verne
44700 Orvault
- **Etablissements Marcel Rivereau**
Route d'Ancenis
44430 Broissière-du-Dore
tél. 02 40 33 70 43
- **Terre Cuite Valletaise**
Les Roseaux
44330 Vallet
tél. 02 40 33 96 85
- **Les Boisseaux Minangoy (Groupe IMETAL)**
Avenue de Verdun
49310 Vihiers
tél. 02 41 75 06 30
- **Briqueterie Bouyer Leroux**
BP 5 - "L'Etablère"
49280 La Seguinère
tél. 02 41 63 76 16
- **Terres Cuites des Rairies**
Route de Fougère - BP 26
49430 Les Rairies
tél. 02 41 21 15 20
- **Etablissements Jean Rivereau**
49270 Saint-Laurent-des-Autels
tél. 02 40 83 33 71 01
- **Produits Rouges de Vendée**
Saint-Martin-des-Fontaines
85570 L'Hermenault
tél. 02 51 00 12 63
- **KERLANE (Groupe Saint-Gobain)**
44100 Saint-Aubin-des-Châteaux

tél. 02 40 81 26 60

Usine : Les Landelles - BP 9 - 22210 Ploemeur - tél. 02 96 25 61 01

- **MEAC**
1, route de Saint-Julien
44110 Erbray
tél. 02 40 55 01 28

- **Chaux et Dolomie Françaises**
Neau - BP 0215
53602 Evron cedex
tél. 02 43 98 23 78

- **PIGEON**
Les Ruettes
53410 Saint-Pierre-la-Cour
tél. 02 43 26 15 15

- **Fours à Chaux de l'Ouest (groupe Pigeon)**
Route de la Monnerie
85110 La Jaudronnière
tél. 02 51 34 30 15

- **Les Tourbières Florentines**
44850 Saint-Mars-du-Désert

- **Falienor**
Les Terreaux de France
Le Ciron
49580 Vivy
tél. 02 41 52 51 71

- **Société des Mines de la Lucette**
53940 Le Genest-Saint-Isle
Siège social : 30, rue Astorg - 75008 Paris

- **Poidevin Roger**
Coisbrac
44170 Nozay
tél. 02 40 79 40 01

- **Ardoisières d'Angers**
3, rue Carl-Linné
BP 08
49010 Angers Cedex 01

BRGM
SERVICE MINIER NATIONAL
Département de l'Exploration
BP 6009 - 45060 ORLEANS cedex 02 - France - Tél.: 33 (02) 38 64 34 34