

RECICLADO DE RESIDUOS CONTENIENDO ASBESTOS TRANSFORMACIÓN DE FIBRAS DE ASBESTO POR SINTERIZADO EN MATRIZ CERÁMICA

Roberto Battista⁽¹⁾ - Cristina Speltini⁽¹⁾ - Hipólito Choren⁽¹⁾ Jorge Sota⁽²⁾ - Ernesto Carrizo⁽¹⁾

(1) Facultad Regional Avellaneda – Departamento de Ingeniería Química
Avda Mitre 750 – (1870) Avellaneda

(2) Facultad Regional La Plata – LEMaC- Av. 60 y 124 – (1900) La Plata

RESUMEN

Los materiales conteniendo asbestos han sido empleados en diversos productos industriales, marítimos, químicos y en materiales de construcción. Los efectos nocivos del amianto sobre la salud han conducido, en las últimas décadas, a la prohibición de su uso y remoción. En este trabajo, se propone el estudio de factibilidad tecnológica – económica de la transformación de fibras de asbesto por sinterizado dentro de una matriz cerámica en la producción de gres porcelanizado. Se presentan los resultados de los primeros análisis sobre probetas realizadas con material cerámico.

Palabras claves: asbestos, reciclado, cerámicos

INTRODUCCIÓN

El asbesto es un mineral fibroso que ha sido utilizado frecuentemente en una gran variedad de materiales de construcción como aislante y como retardador de ignición. Diversas organizaciones en todo el mundo, entre ellas EPA, han prohibido el empleo de productos conteniendo este mineral, incluso muchos constructores, en forma voluntaria han limitado su utilización. Sin embargo, todavía se encuentran elementos conteniendo asbesto en viejas construcciones, como material aislante en tuberías y hornos, pinturas texturadas, paneles aglomerados, entre muchos otros.

Entre las propiedades excepcionales, que presentan los asbestos según la variedad considerada, y que han colaborado en su uso extensivo se hallan:

- a. resistencia al calor y el fuego
- b. baja conductividad térmica, acústica y eléctrica
- c. resistencia mecánica, a la tracción, a la flexión
- d. resistencia a las agresiones químicas
- e. elasticidad
- f. posibilidad de ser hilado y tejido
- g. bajo costo

Sin embargo debe considerarse que el manipuleo inadecuado y corte de materiales conteniendo este mineral, puede conducir a concentraciones elevadas de fibras de asbestos en el ambiente, perjudicando la salud de los seres humanos.

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS DEL ASBESTO

El término asbesto (del griego a-, "no"; sbestos, "extinguible") describe un grupo de minerales de silicato hidratado de magnesio, con características metamórficas fibrosas, muy flexibles. Presentan además, resistencia química, eléctrica y térmica. Debido a estas propiedades, su uso comercial se ha extendido mundialmente, encontrándose en una gran variedad de productos. En particular la resistencia del asbesto al fuego ha sido explotada ampliamente con una variedad de propósitos desde hace mucho tiempo, por ejemplo se lo utilizó como tela para los hábitos mortuorios del antiguo Egipto.

El asbesto puede obtenerse de distintos tipos de rocas, algunas presentan las fibras curvadas, tipos rizos (roca denominada serpentina) mientras que en otras las fibras son rectas con aspectos de agujas. Los minerales que presentan delgadas fibras rectas se denominan anfíboles y dentro de éstos, se reserva el término amianto para los asbestos con fibras muy delgadas.

En las siguientes fotos, con distintos aumentos, se muestran las fibras de dos minerales conteniendo asbestos.



Foto 1: fibras de asbestos en muscovita

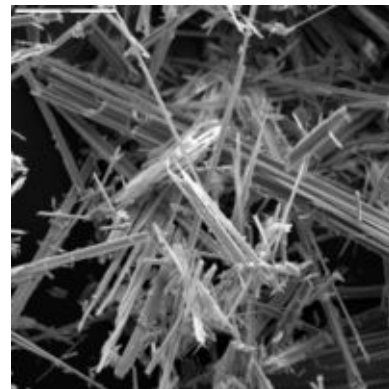


Foto 2: Detalle de la estructura de anthophyllite

Existen seis asbestos minerales, que son empleados en más de mil aplicaciones comerciales:

- Chrysotile ($4\text{SiO}_2 \cdot 6\text{Mg} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$), también conocido como asbesto blanco debido a su color, se considera el más suave de los asbestos minerales, encontrándose principalmente en minas de Canadá, África y la ex USSR. Esta fibra es el tipo de asbesto más comúnmente hallado (>95%). Se lo emplea para aislaciones y productos resistentes al fuego. Es el que menor toxicidad presenta. CAS No. 12001-29-5
- Amosite ($\text{Fe}_7\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2$), es un mineral de asbesto de color amarillomarrón, también conocido como asbesto marrón, que tiene excelentes propiedades para ser empleado como aislante térmico. Presenta una morfología de tipo agujas y se lo encuentra en minas de Sudáfrica. CAS No. 12172-73-5.
- Crocidolite ($\text{Na}_2\text{Fe}^{2+}_3\text{Fe}^{3+}_2\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2$) es un silicato de sodio y hierro conocido como asbesto azul debido a su color. Se lo encuentra en minas de

Sudáfrica y Australia. Es el más tóxico de todos los minerales con características de asbestos. CAS No. 12001-28-4.

- d. Anthophyllite, es un silicato blanco de magnesio, que contiene hierro con la siguiente composición $(Mg,Fe)_7Si_8O_{22}(OH)_2$. Estas fibras tienen una textura áspera, pero excelente resistencia química y térmica. Aunque su uso se encuentra limitado, se la ha hallado en materiales acústicos y decorativos. CAS No. 77536-67-5
- e. Tremolite, de color blanco amarillento, es un silicato de calcio y magnesio, $Ca_2Mg_5Si_8O_{22}(OH)_2$. Ha sido el principal y mayor componente del talco comercial y de la vermiculita. CAS No. 77536-68-6.
- f. Actinolite, silicato de calcio, magnesio e hierro, de color blanco grisáceo, $Ca_2(Mg,Fe)_5Si_8O_{22}(OH)_2$. Presenta pobre resistencia a los agentes químicos, con una textura áspera. Estas propiedades limitan su interés comercial. CAS No. 77536-66-4.

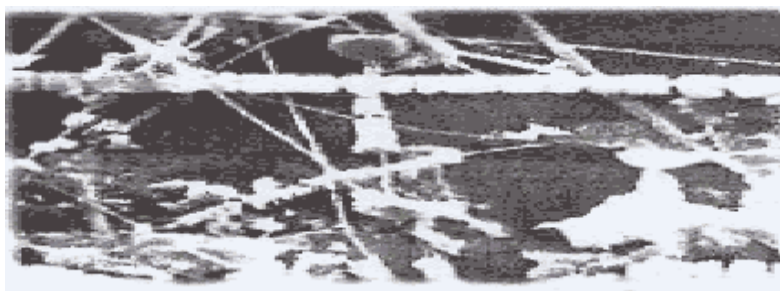


Foto 3: Estructura del amianto con morfología tipo agujas

Las características de las principales formas de asbestos se detallan en la siguiente tabla:

	Serpentinas		Anfíboles	
	Chrysotile	Amosite	Crocidolite	
Color	Blanco	Marrón	Azul	
Largo máximo de las fibras	40 mm	70 mm	70 mm	
Diámetro de las fibras	0,02 μm	0,1 μm	0,08 μm	
Elementos asociados a la estructura tetraédrica de $Si O_4$	Mg	Mg, Fe	Fe, Na	

USOS DE LOS ASBESTOS

Los objetos realizados con asbestos eran tan valorados en la antigüedad como el oro, nadie excepto los reyes y emperadores tenían artículos fabricados con estos minerales. Se han encontrado ataúdes contruidos con asbestos para cremar los reyes, de manera de preservar completamente sus cenizas y prevenir que se mezclaran con las de los leños y demás combustibles utilizados en las piras funerarias. También se lo empleó para la construcción de las mechas de las lámparas. Durante la Edad Media se lo utilizó para aislar las armaduras metálicas. Sin embargo, no fue hasta 1879 que comenzó su explotación en forma comercial. En la primer mitad del siglo XX, los asbestos fueron ampliamente utilizados en productos domésticos.

En la actualidad, el chrysotile es una de las formas de asbestos que más se ha utilizado comercialmente. Se encuentra presente en una amplia variedad de materiales entre los que se pueden mencionar: techos acústicos, estucos y yeso, tanque de agua, estructuras de fibrocemento, cintas de freno y embrague para automóviles, acueductos, indumentarias contra el fuego, masilla, remaches, juntas, empaquetaduras de bridas, techos alquitranados, cintas de embrague.

Dentro del grupo de los anfíboles, la amosita y crocidolita han sido muy usados hasta la década de 1980. Debido a sus propiedades y su bajo costo, se han empleado en la siderurgia, la reparación y construcción naval, como aislante de calderas, hornos, equipos frigoríficos, materiales ferroviarios, para falsos cielorrasos y muros interiores, puertas corta fuego, paneles de aislación de baja densidad, paneles de cemento y caños para agua y servicio eléctrico, aislación térmica y química, entre muchos otros.

El empleo de todos los tipos de asbestos del grupo de los anfíboles comenzó a ser cuestionado a mitad de 1980. La Unión Europea, en su directiva 1999/77/EC prohíbe su presencia en el mercado y el uso de productos conteniendo asbestos a partir del año 2005 y según la directiva 2003/18/EC se prohíben las actividades en las que los trabajadores se encuentren expuestos a las fibras de asbestos, ya sea por extracción, producción o manipulación de productos conteniendo asbestos, a partir del año 2006.

RIESGOS PARA LA SALUD

La dimensión particularmente reducida es el origen de las patologías provocadas por estos materiales, el tamaño y la morfología son los factores principales que determinan la penetración del amianto y su distribución en las vías respiratorias.

En la década de 1970, se encontraron evidencias de los riesgos para la salud que implicaba trabajar en lugares conteniendo polvo de amianto en la atmósfera. En 1967 el Dr. Irving Selikoff, comenzó a estudiar la salud y la mortalidad de los trabajadores de la industria de fabricación de aislantes térmicos. Esta investigación mostró tasa alarmantes de trabajadores expuestos a asbestos con cáncer de pulmón o con afecciones pulmonares diversas debida a la exposición prolongada a las partículas de asbestos.

Durante las décadas de 1980 y 1990 las investigaciones siguieron aportando evidencia de los peligros de la exposición a los asbestos y se inició un movimiento para la remoción y eliminación de los elementos contenido este material de los lugares públicos y de los elementos de uso cotidiano.

En 1989, la EPA prohibió el uso de productos conteniendo asbestos. Esta normativa fue revisada por la Corte de Apelaciones en 1991, a pesar de lo cual ciertos productos, como recubrimientos de piso y materiales corrugados fueron definitivamente prohibidos.

Las fibras de asbestos son inhaladas con el aire que ingresa a las vías respiratorias y se acumulan en los pulmones, pudiendo causar cáncer de pulmón o asbestosis.

Los síntomas de estas enfermedades no aparecen hasta varios años posteriores a la exposición.

Las fibras de asbesto no pueden observarse a ojo desnudo, su longitud oscila entre 3.0-20.0 μm con un ancho de 0.01 μm . Las fibras están conformadas por moléculas que se alinean paralelamente entre sí dando lugar a redes cristalinas. Estos cristales presentan tres planos de clivaje, pero dos de ellos son mucho más débiles que la tercer dirección. Por esta razón cuando se someten a esfuerzos, se producen roturas que conducen a la forma fibrosa. La reiteración de este proceso de ruptura conduce a la obtención de fibras extremadamente pequeñas. Una fibra larga de asbesto se puede transformar en cientos de pequeñas fibras que pasan al ambiente. A medida que se hacen más pequeñas y ligeras son más móviles y son arrastradas con más facilidad por el aire.

En los Estados Unidos, la EPA ha prohibido el empleo de amianto de todos los productos relacionados con la construcción que contengan más del 1 % de asbesto.

En el Informe N°37 sobre Balance y consecuencias de la contaminación por amianto, de la Comisión de Salud del Senado de Francia, presentado en la sesión del 20 de octubre de 2005, se establecen las previsiones realizadas por científicos, epidemiólogos y neumólogos en relación a las enfermedades relacionadas con el uso del amianto. Según dicho informe 35.000 muertos entre 1965 y 1995, pueden ser atribuidos a la presencia de amianto en la atmósfera. Se esperan entre 60.000 a 100.000 muertos en los próximos 20 a 25 próximos años, debido a que el tiempo de latencia del mesothelioma es de 30 a 40 años.

De acuerdo con el citado informe solo 40 países han prohibido el empleo del amianto, entre los que se hallan los 25 países de la Unión Europea, y se estima que se han extraído 174 millones de toneladas de amianto que han sido utilizadas en el mundo entero durante el siglo pasado. En Francia se han censado 3.000 productos conteniendo amianto y se estima que 100 millones de m^3 de construcciones poseen todavía materiales con amianto.

Si bien los efectos nocivos de los asbestos son conocidos desde hace décadas, las acciones de lobby empresarial ha dilatado mucho la prohibición de su uso. El desconocimiento de los peligros que implica el empleo de asbestos llevó, en nuestro país, a su utilización en infraestructuras tan importantes como acueductos, material de construcción en barrios modestos, escuelas, fábricas y estaciones de servicio. Las medidas adoptadas, en nuestro país, consisten en retirar del mercado los productos conteniendo asbesto y reemplazarlos por otros materiales. Estas medidas han llevado a la producción de una gran cantidad de residuos conteniendo amianto, provenientes en su gran mayoría del reemplazo de las aislaciones térmicas. Se estima que deben existir alrededor de 10.000 t de materiales conteniendo asbestos, provenientes de dicha remoción, almacenadas en diversas industrias locales. Estos residuos se disponen, en la actualidad en rellenos de seguridad. Esta disposición, de costo elevado, no destruye el contaminante, solamente lo confina.

PROPUESTA DE DISPOSICIÓN DE LOS ASBESTOS

Actualmente, los procesos de disposición final de los materiales conteniendo asbestos pueden clasificarse en:

- a. Relleno de seguridad: se disponen en doble bolsa de 200 μ m, con lavado externo antes del transporte. El transporte se realiza en contenedores cerrados de apertura lateral. Este es un sistema costoso desde el punto de vista económico.
- b. Fusión: consiste en fundir el amianto para transformarlo en vidrio. El proceso es caro y la tecnología asociada compleja.
- c. Encapsulado: se introduce el amianto en una estructura que no permita su migración al medio ambiente.
- d. Gresificación: el amianto es empleado como materia prima, transformándose a lo largo del proceso.

La propuesta presentada en este trabajo consiste en el estudio de factibilidad tecnológica – económica del proyecto industrial de la transformación de fibras de asbesto por sinterizado dentro de una matriz cerámica en la producción de gres porcelanizado.

El proceso propuesto consiste en la reacción del componente principal del asbesto con los silicatos de las materias primas presentes en la composición del gres. El silicato de magnesio, constituyente fundamental del asbesto, a temperaturas de gresificación de 1.200 °C, actúa como fundente, incorporándose dentro de la matriz del silicato.

El proceso industrial para la fabricación de gres porcelánico emplea como materias primas:

Arcillas blancas y caolines naturales de la provincia del Chubut
Feldespató sódico, en polvo, malla 200.

La secuencia de operaciones básicas que se llevan a cabo en la producción de gres porcelánico son:

1. Mezclado de las materias primas: vía húmeda en molino a bolas, que pueden ser continuos, con producción de 15 a 18 ton/h de barbotina, obteniéndose una suspensión de densidad aproximada de 1,75 g/cm³. Este proyecto propone incluir entre las materias primas asbesto en porcentajes bajos, de manera de no alterar las propiedades físicas del gres.
2. Secado por atomización de la barbotina utilizando evaporador tipo spray. El secado conduce a un material con 7% de humedad residual de manera de poder prensarlo.
3. Prensado: se realiza en prensa con matriz y punzón de acero duro, del polvo atomizado.
4. Secado en secaderos continuos, en los que las placas formadas deslizan sobre un conjunto de rodillos.

5. Cocción en hornos continuos a temperatura de 1.200 °C , en ciclos de 40 a 50 minutos.

Para llevar adelante el estudio se propone trabajar en tres etapas consecutivas, a saber:

Etapas 1- Nivel laboratorio

Se prevé realizar ensayos a nivel laboratorio para verificar experimentalmente de la inertización de las fibras de amianto en el proceso propuesto. Para ellos se realizarán los ensayos:

en una matriz cerámica de loza, a temperatura de 1050°C.

en una matriz cerámica de gres porcelánico, a temperatura de 1200°C.

Etapas 2 - Nivel piloto

Se estudiará la presencia de fibras en las emisiones gaseosas de un secadero spray, partiendo de una muestra de barbotina industrial.

Etapas 3 - Nivel industrial

Se verificará la ausencia de fibras en las distintas etapas de fabricación del gres porcelánico, en particular en las emisiones gaseosas. Se analizarán muestras de aire obtenido en el secadero spray, la prensa, el secadero de placas y el horno.

ALGUNOS RESULTADOS PRELIMINARES

En esta etapa de la investigación se han elaborado, en pequeña escala, piezas de material cerámico en colaboración con una industria del rubro, de la Provincia de Buenos Aires, que dispone de hornos de alta temperatura. Se presentan los resultados de las experiencias llevadas a cabo, a nivel laboratorio dónde se incorporaron fibras de amianto en un cuerpo de loza. El residuo de amianto empleado procedió de la remoción de los aislantes térmicos de una central de generación de energía eléctrica de la Ciudad de Buenos Aires.

Para los primeros estudios se utilizaron probetas conteniendo 2% de material de asbesto sobre una composición cerámica correspondiente a una loza, que se horneó a temperatura de 1050 °C.

Las probetas fueron analizadas con microscopio electrónico (accelerating voltaje 15kV) para verificar la presencia o ausencia de fibras de asbesto sin reaccionar dentro del cerámico. En las siguientes fotografías se muestran los resultados obtenidos en los diversos cortes efectuados en la probeta.

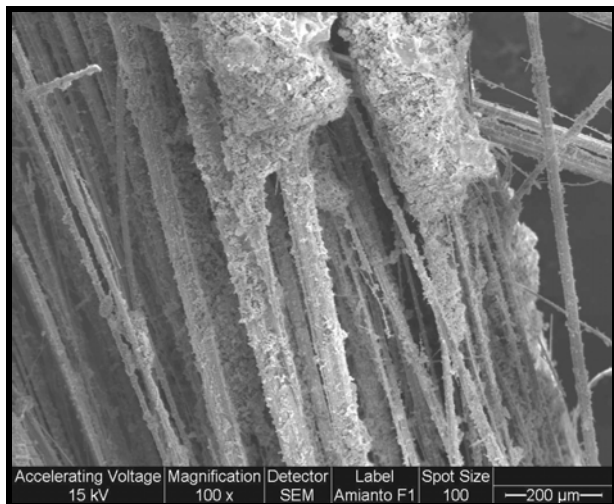


Foto 4:

Fotografía con magnificación de 100 X, en la que se observan las fibras de amianto utilizadas como referencia. Se pueden notar la morfología de las fibras alargadas con estructura de agujas.

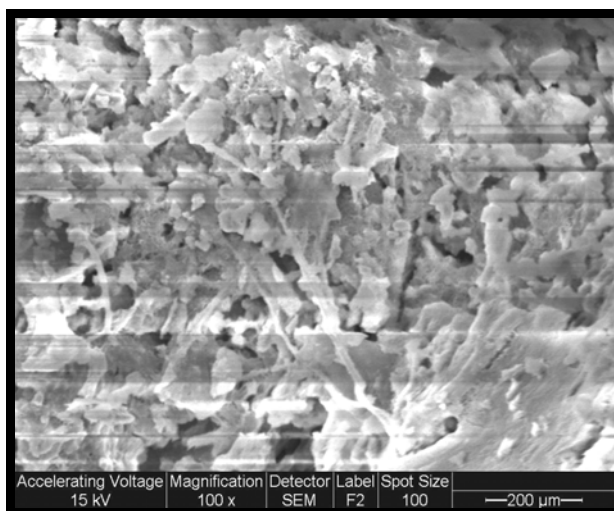


Foto 5

Fotografía con magnificación de 100 X.

Se pueden observar las fibras de amianto comprimidas, antes de su tratamiento en el proceso de formación del cerámico.

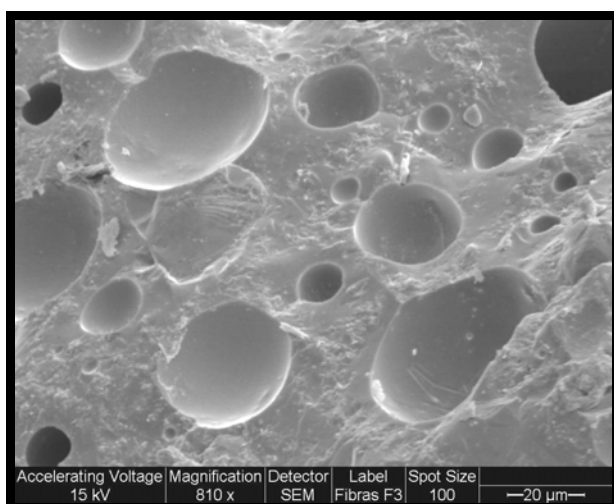


Foto 6

Fotografía con magnificación de 810X.

Muestra un corte correspondiente al cuerpo cerámico expuesto, se pueden detectar los poros propios del cerámico. No se observan estructuras en forma de fibras características del asbesto.

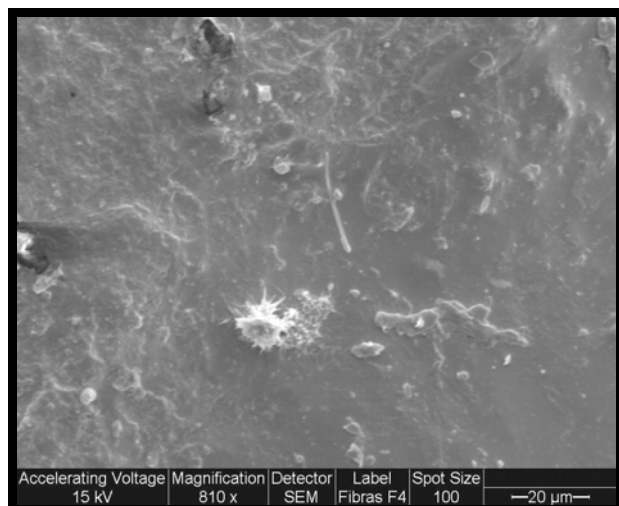


Foto 7

Fotografía con magnificación de 810X., correspondiente a la superficie del esmalte vitrificado

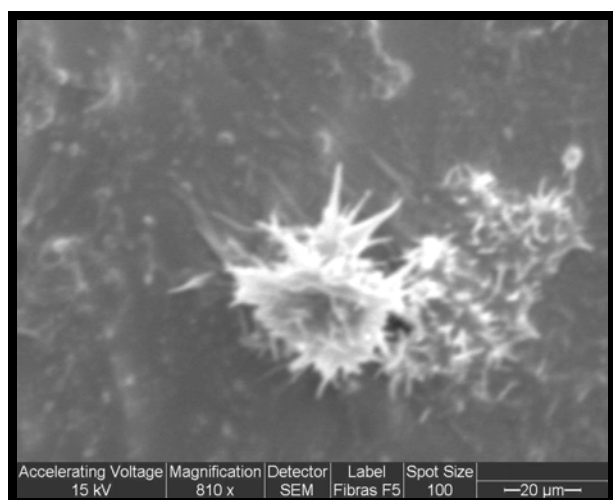


Foto 8

Detalle de la "roseta" observada en la foto 7. Esta imagen podría corresponder a una zona del material con fibras de asbesto sin reaccionar.

ACCIONES FUTURAS

Los resultados de los análisis de las probetas parecen indicar la ausencia de fibras de asbestos en la masa de la loza. A pesar de ello, quedan algunas dudas, como se puede ver en la fotografías N° 7 y 8, que serán evacuadas con nuevas experiencias, de forma de corroborar la ausencia de las fibras de asbestos en la estructura del cuerpo cerámico.

En forma simultánea, se proyecta continuar con la etapa de laboratorio tendiente a implementar los ensayos de gresificación que den lugar a las etapas piloto e industrial.

BIBLIOGRAFÍA

- Elías Castells, Xavier 2000, *Reciclaje de residuos industriales*, Ed. Díaz De Santos
- Mcculloch, Jock *Asbestos Mining in Southern Africa, 1893–2002*, Vol 9 / N° 3, Jul/Sep 2003
- Rapport d'Information du Sénat Français N° 37, Session ordinaire de 2005-2006, Annexe au procès verbal de la séance du 20 octobre 2005