

# Réunion Midterm

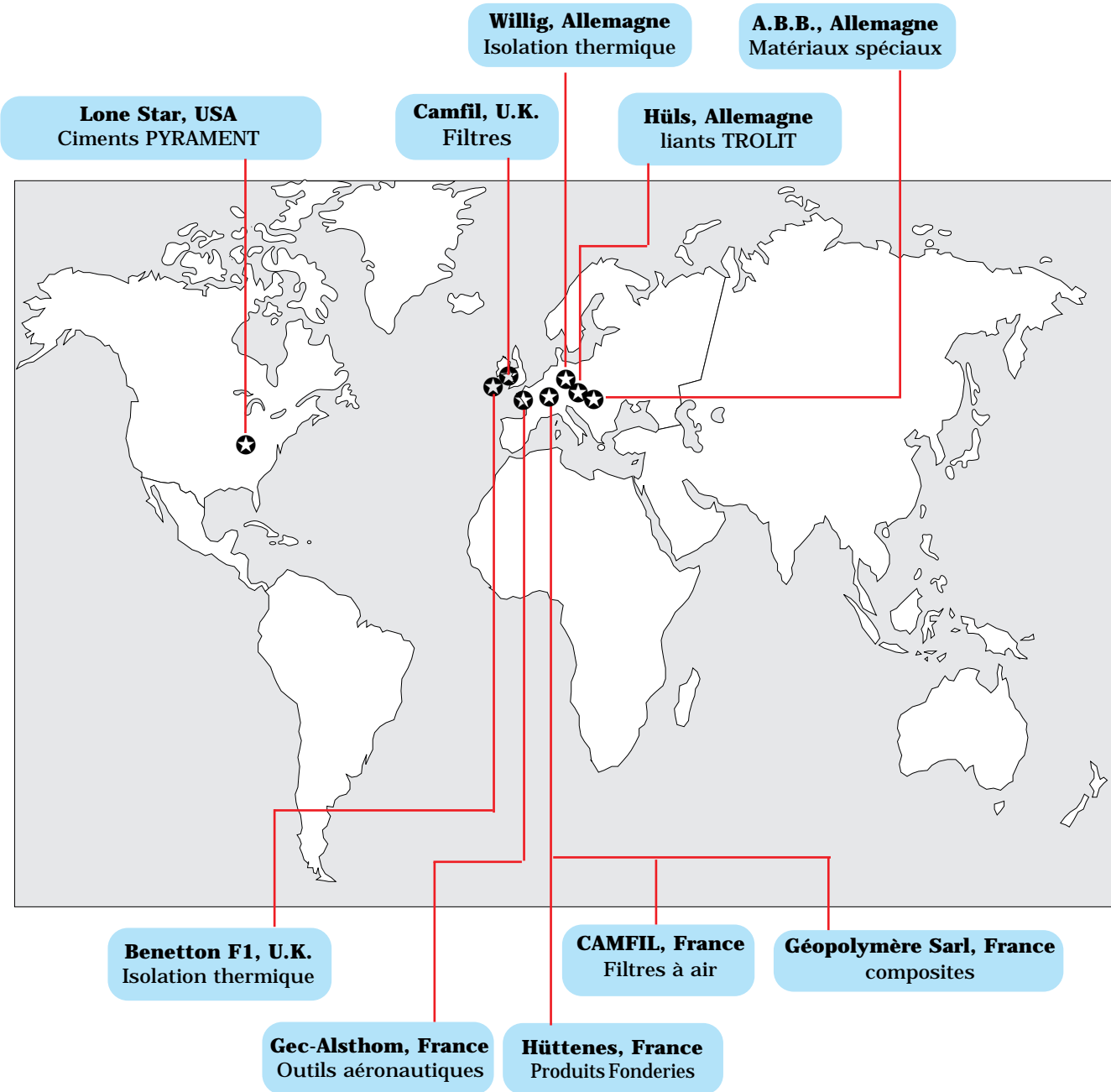
## Saint-Quentin 3 et 4 juillet 1995



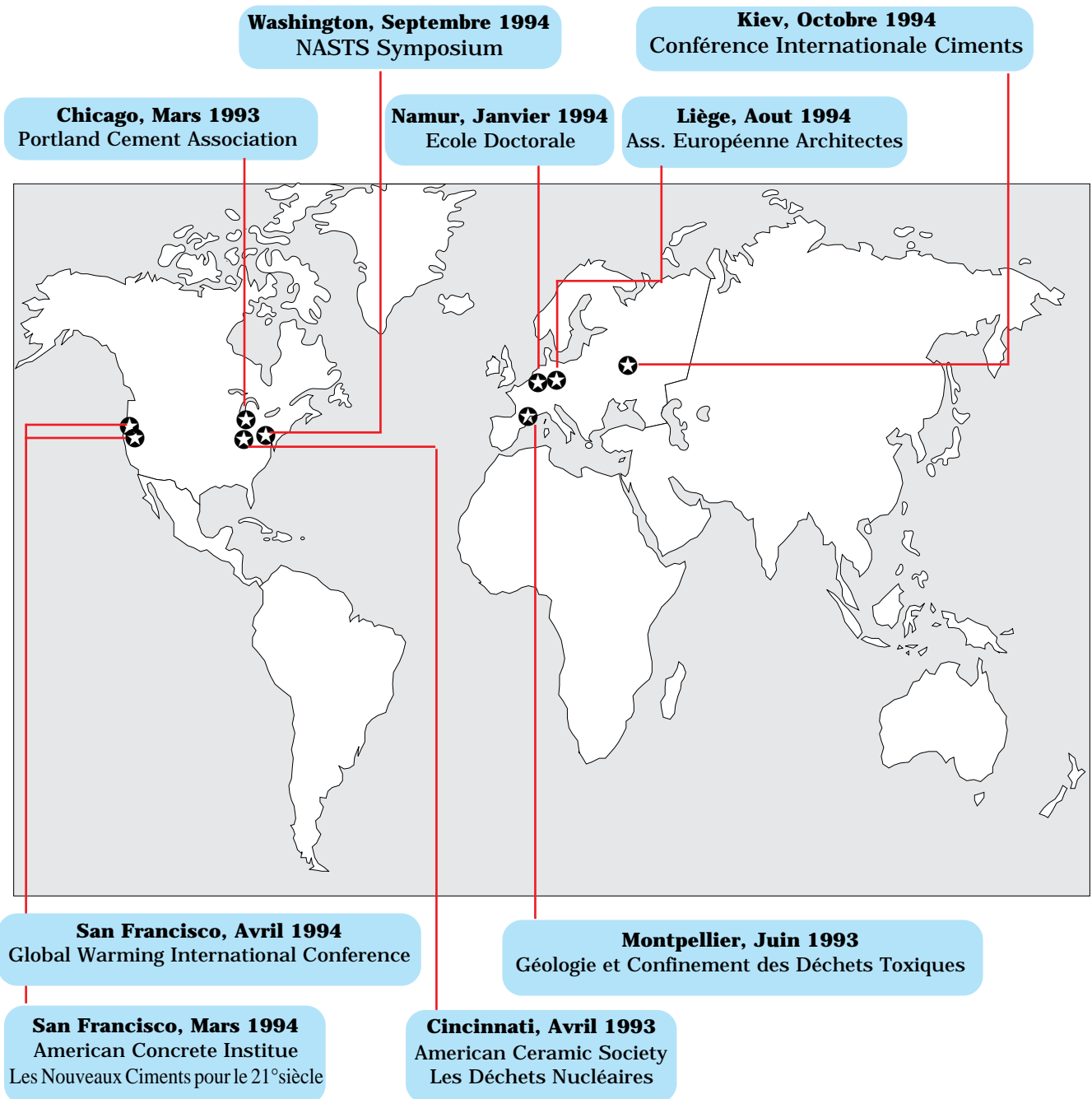
### Le point sur Les Géopolymères dans le monde

- ❑ **L'industrialisation des matériaux nouveaux issus de la science des *géopolymères* fait maintenant partie des priorités technologiques de l'Union Européenne.**
- ❑ **Hier, l'accent portait sur les performances techniques et le caractère "high-tech" des innovations.**
- ❑ **Aujourd'hui, les développements présents et futurs ont comme priorité la mise en place des moyens de production industrielle à grande échelle, adaptés à la nouvelle Économie Globale.**

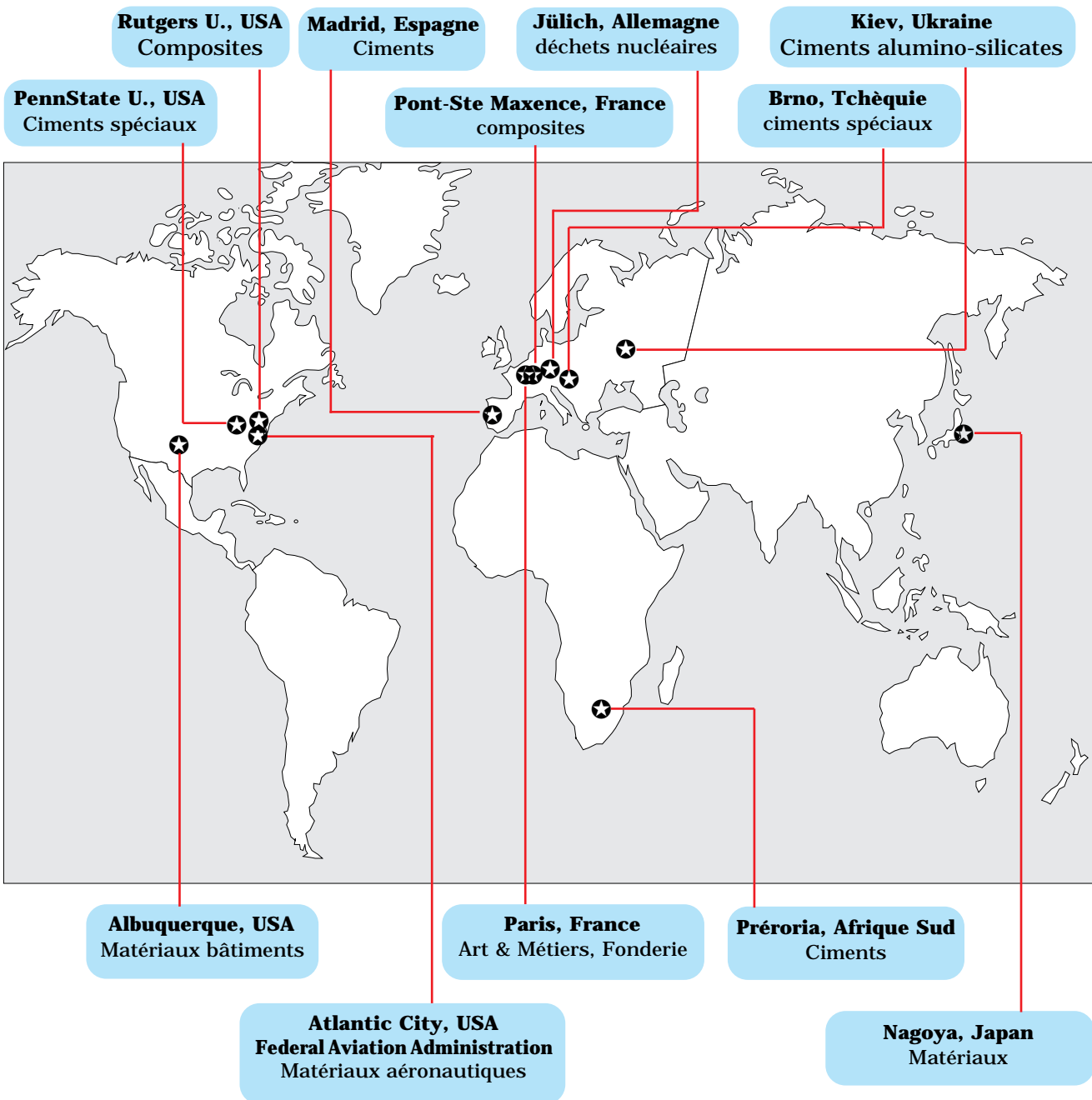
## Utilisation des matériaux géopolymériques, dans le monde



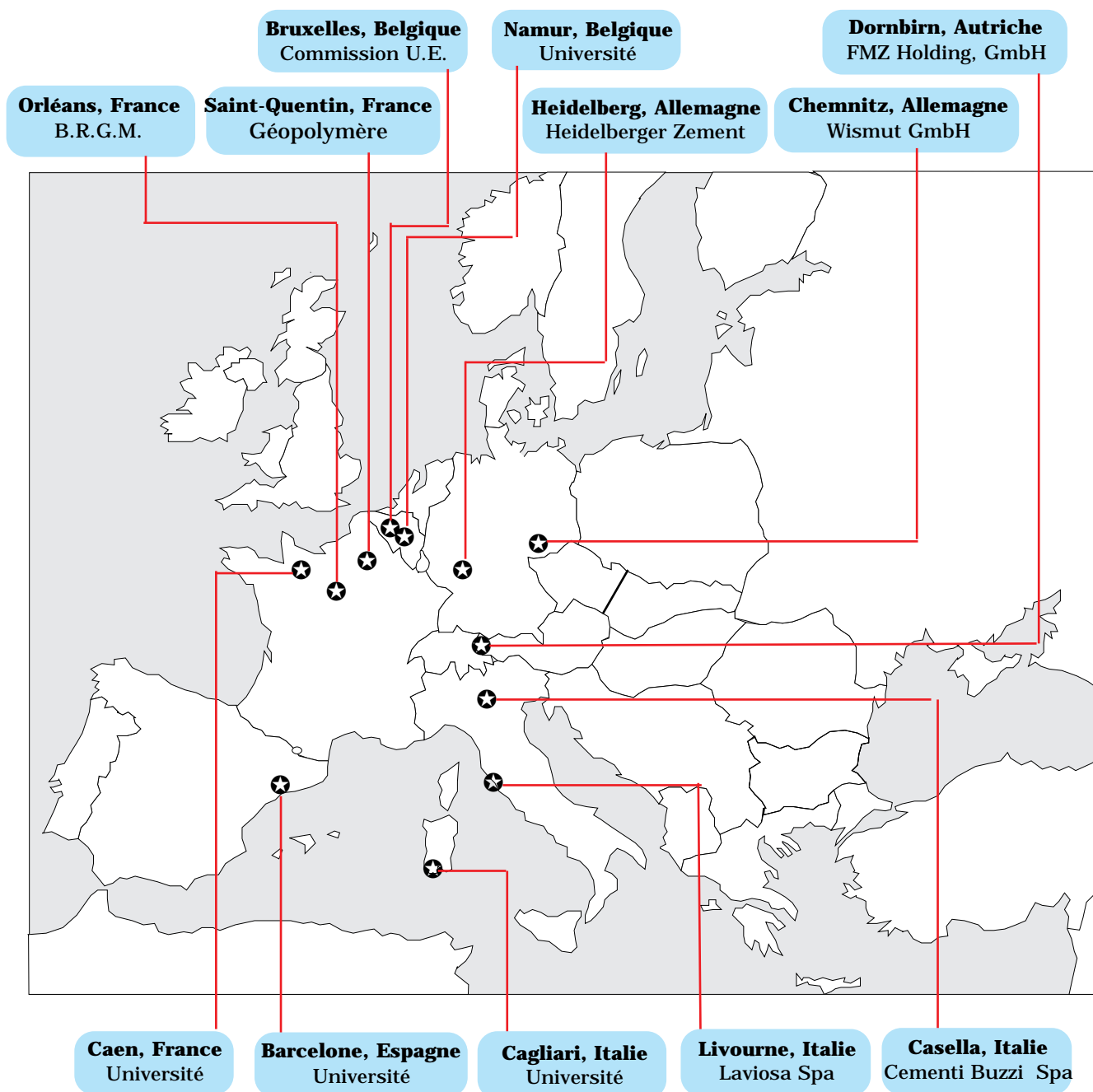
## Principales conférences sur les matériaux et ciments géopolymériques en 1993-94



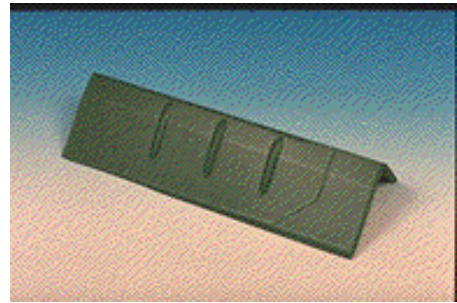
## La Recherche sur les géopolymères, dans le monde sans le GEOCISTEM



## Participants au projet européen Brite-Euram



# Les Nouvelles Céramiques High-Tech



## ★ Recherches Appliquées et Industrielles issues de la Recherche Fondamentale en Géochimie, Minéralogie, Sciences de la Terre.

Techniques d'Avant Garde, Techniques Nouvelles, Mise en Oeuvre complètement transformée, les matériaux conçus à l'aide des réactions de «géopolymérisation» bouleversent les idées reçues dans le domaine de la chimie minérale. Ces minéraux peuvent durcir, comme des polymères organiques, à des températures inférieures à 100°C, au lieu des 1200°C généralement employés pour fabriquer les céramiques traditionnelles. Les Géopolymères possèdent trois avantages primordiaux qui sont:

- la facilité de mise en oeuvre,
- les résistances à la température et aux agents chimiques,
- les hautes résistances mécaniques.

Ces trois qualités étaient jusqu'alors inconciliables.

- la première se trouvait dans les matières plastiques,
- la seconde dans les céramiques,
- la troisième dans les composites à fibre de carbone.

Les Nouvelles Céramiques Géopolymères ont été développées depuis 1983 avec la participation active et exclusive:

*en France*, la société [GEOPOLYMER S.A.R.L.](#), Pont-Ste-Maxence, Oise, (**Michel Davidovics**),  
*en Allemagne*, la société [DYNAMIT NOBEL](#), maintenant société [HÜLS AG](#),

## ★ Moules, Outils pour le formage des matériaux high-tech

- Composites carbone,
- Aluminium superplastique
- Titanium



✚ Depuis 1986, le programme du RAFALE de [DASSAULT AVIATION](#), utilise dans son programme le développement des moules et outils en Géopolymère.

✚ Déjà, plus d'une centaine d'outils ont été livrés pour les applications aéronautiques.

# Les Nouveaux Composites Résistants au feu



- Depuis 1985, les centrales nucléaires françaises, puis maintenant anglaises, et bientôt américaines et japonaises, sont équipées de filtres à air, fabriqués par la société française [SOFILTRA-CAMFIL](#), dont les joints d'étanchéité sont en Géopolymère, garantissant une sécurité jusqu'à une température de 500°C
  
- La protection thermique, jusque 1200°C, des locaux industriels et des équipements, est maintenant assurée en Allemagne par les matériaux Géopolymères mis au point par [HÜLS AG](#) (Dynamit Nobel) et ses licenciés, dont la société [WILLIG](#), leader dans ce domaine. Le matériau «WILLIT» dénommé «le Plastique minéral», se présente soit sous forme de
  - mousse expansée
  - composite
  - masse monolithique

## ❖ Composite Carbone/Géopolymère pour les matériaux de structure travaillant entre 300°C et 1000°C

Matériaux très prometteurs ils sont actuellement testés pour leurs performances exceptionnelles. Ils sont développés par [Géopolymère Sarl](#), Pont-Ste Maxence.



- La protection thermique des voitures de course [BENETTON](#) Formule 1, pour la saison Grand Prix de 1994. *Champion du monde de Formule 1 avec **Michael Schumacher** et nous sommes aussi champion du monde des constructeurs en 1994.*
  
- ✧ La [Federal Aviation Administration](#) (U.S.A.) ainsi que d'autres institutions ont commencé un programme d'évaluation de ces nouveaux composites qui pourraient servir de matériaux de base en aéronautique, dans la protection contre les incendies. Deux programmes de recherches et d'évaluation à [Rutgers State University](#) et à [Pennsylvania State University](#).

# Les Nouveaux Ciments High-Tech

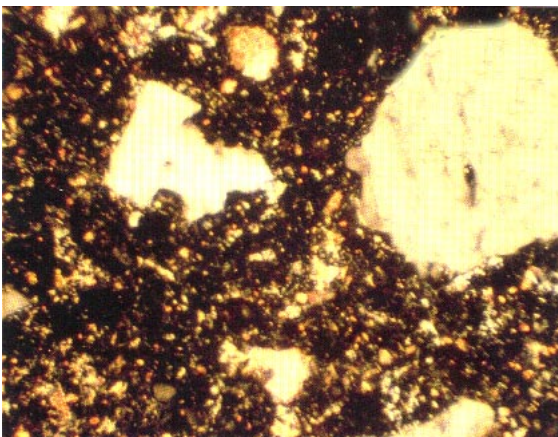


En 1991, le monde fut étonné par la vitesse avec laquelle l'US Air Force parvint à rendre opérationnels des aéroports provisoires, situés dans le désert de l'Arabie Séoudite, lors de la Guerre du Golfe. Une des raisons de cette efficacité provient de l'emploi par le Génie de l'US Air Force d'un tout nouveau ciment ultra-rapide et à haute performance, le ciment américain «**PYRAMENT**».

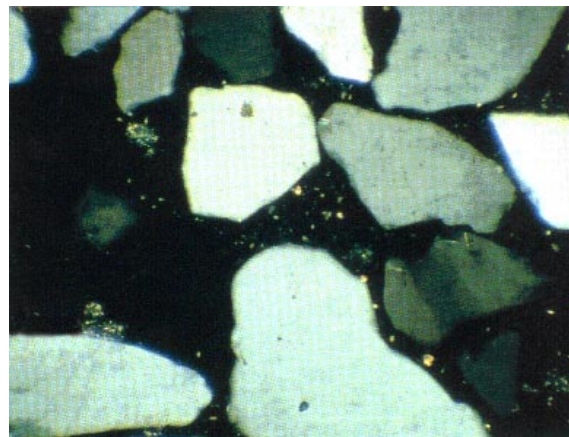
Ce ciment révolutionnaire est commercialisé aux Etats-Unis depuis 1988 par la société cimentière américaine [LONE STAR INDUSTRIES INC.](#) Il est le fruit de la collaboration scientifique commencée en 1983, avec le Centre de Recherches de Lone Star Industries portant sur l'utilisation de la chimie des Géopolymères, notamment des Poly(sialate-siloxo) pour améliorer les propriétés du ciment Portland, et des bétons en général.

Le ciment **PYRAMENT** est le matériau idéal pour la réparation et la construction des pistes d'atterrissage en bétons, des sols industriels, ainsi que des voies d'autoroutes. A peine 4 heures après avoir réalisé la piste, un Airbus ou un Boeing peuvent atterrir. Le ciment «Geopolymeric» atteint en 4 heures de durcissement une résistance à la compression de 20 MPa, alors qu'un béton normal n'atteint cette résistance qu'au bout de plusieurs jours.

Si on regarde au microscope la structure d'un béton fait avec du ciment normal et avec du ciment Géopolymère, on constate que le ciment normal est une juxtaposition de grains de matière, ce qui est la cause des fissurations dans le béton, alors que le ciment Géopolymère est uniforme et possède, de ce fait, des propriétés supérieures.



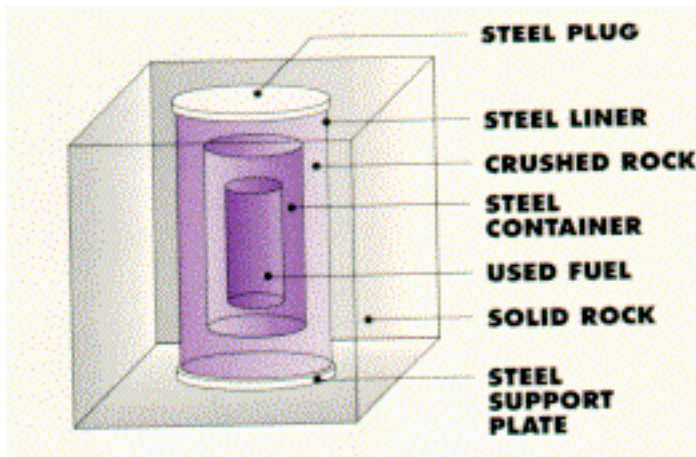
Ciment Portland classique



Ciment Géopolymère



# ***Le Traitement des Déchets Toxiques et Nucléaires***



Le principal problème lié au stockage des déchets toxiques et nucléaires est qu'ils conservent leur toxicité et leur radioactivité nuisibles pour l'homme et son environnement pendant plusieurs milliers, voire dizaines de milliers d'années. L'enjeu est de pouvoir les stocker pendant une si longue période, sans que les matériaux qui les enrobent ne s'altèrent ni ne se décomposent, au risque de voir les éléments toxiques se répandre et polluer gravement les nappes d'eau potable et rendre les terres incultivables.

Cependant, aujourd'hui, aucun des matériaux qui avaient été sélectionnés à cet effet, ne pouvaient garantir de garder ses qualités pendant plus de 300 ans maximum. La chimie des Géopolymères, issue de la Recherche Fondamentale en Géo-Chimie, Minéralogie et Sciences de la Terre, mise au point dans nos laboratoires, est en train d'élaborer les procédés, les méthodes et les matériaux, dotés des qualités proches de celles des roches naturelles. *Les Géopolymères ont le potentiel de conserver leurs qualités de résistance aux agents atmosphériques, chimiques et biologiques, pendant plusieurs dizaines de milliers d'années, comme le granit.*

Les premières recherches fondamentales sur le conditionnement des déchets toxiques ont débuté en 1987 aux USA ([Barry University](#)) en collaboration avec le Canada ([Ontario Research Foundation](#), Toronto) et le bureau fédéral canadien minier, [CANMET](#), Ottawa. Elles ont porté sur la réhabilitation des sites miniers métalliques non-ferreux, et les mines d'uranium.

Les matières premières nécessaires pour la fabrication de ces ciments Géopolymère destinés au piègeage des déchets toxiques et des déchets nucléaires, ces matières premières sont plus onéreuses que celles utilisées dans la fabrication du ciment **PYRAMENT**. Actuellement, l'application industrielle n'a pas pu être mise en place, à cause des coûts de fabrication trop élevés.

☆ Le programme européen  **GEOCISTEM**

Cependant, un programme de recherche et développement Européen, dans le cadre des procédures d'aide au développement de la Communauté Européenne [BRITE-EURAM](#), a été adopté à Bruxelles et a débuté le 1<sup>er</sup> Janvier 1994. Ce programme est destiné à réduire les coûts de fabrication des matières premières, afin de les rendre accessibles aux applications de réhabilitation des sites européens fortement contaminés.

Ce programme d'une durée de 3 années (1994-1996), appelé **GEOCISTEM**, associe le groupe **GEOPOLYMERE** et:

- Le Bureau de Recherches Géologiques et Minières, **BRGM**, Orléans, France
- Le Département de Géologie de l'**Université de Cagliari**, Sardaigne, Italie,
- Le Département de Géologie de l'**Université de Barcelone**, Espagne,
- La société **LAVIOSA**, Livourne, Italie
- La société **WISMUT**, Chemnitz, Allemagne
- La société **HEIDELBERGER ZEMENT**, Heidelberg, Allemagne

Le programme Européen **GEOCISTEM** a comme objectif la réhabilitation d'un des sites miniers européens les plus contaminés, celui des mines d'URANIUM de WISMUT, situé en Saxe et Thuringe (Allemagne, ex-RDA). Ce site de plusieurs centaines de kilomètres carrés de superficie a servi jusqu'en 1989 à l'extraction, la transformation, de l'uranium destiné, depuis 1950, à la fabrication des armes nucléaires de l'ex- Union Soviétique.

La contamination du site des mines de **WISMUT** est due, à la fois à la radioactivité (essentiellement le gaz radon), à la pollution chimique (acide sulfurique) et minérale (métaux lourds et arsenic). Le gouvernement fédéral allemand prévoit que la réhabilitation du site nécessitera 20 années, pour un coût total de près de 100 milliards de Francs. De nombreux sites semblables existent en Europe Centrale (Pologne, Rép. Tchèque), en Ukraine et en Russie.

## ★ Les déchets Nucléaires



L'un des plus grands dangers dans le stockage des déchets nucléaires est le risque d'explosion occasionné par le dégagement du gaz d'hydrogène. C'est à cause de cela que ces déchets nucléaires ne peuvent pas être stockés dans des fûts avec du ciment, mais doivent être contenus dans du verre fondu. Un procédé de confinement, éliminant le risque de dégagement de l'hydrogène et donc le risque d'explosion, a été mis au point avec le centre de recherche allemand, l'*Institut Battelle de Francfort*. Ce procédé met en œuvre le Géopolymère et les techniques de séchage ultra-rapide par Micro-Ondes. Ce procédé fut présenté par le Professeur J. Davidovits, le 19 Avril 1993, lors du *95ème Congrès de l'American Ceramic Society* à Cincinnati, USA.

## ★ La contamination Nucléaire dans les Pays de l'Europe de l'Est

Après le séjour du Prof. Davidovits à Kiev, Ukraine, en Mai et Octobre 1994, les institutions internationales suivantes ont décidé de collaborer et de proposer des solutions technologiques quant au traitement et à la réhabilitation des sites contaminés. L'accent devrait porter tout d'abord sur le site de Tschernobyl, Ukraine:



- Ministère chargé de Tschernobyl, Kiev, Ukraine,
- Ministère Energie Atomique, Moscou, Russie,
- Université d'Etat d'Ukraine, Kiev, Ukraine,
- Pennsylvania State University, USA
- Centre de Recherches Nucléaires, Oak-Ridge, USA
- Idaho State University, USA

Les Co-directeurs de ce projet sont: Prof. Krivenko (Kiev, Ukraine), Prof. Starkov (Obninsk, Russie), Prof. Roy (PennState, USA) et Prof. Davidovits.

# Une Réponse au Réchauffement de la Planète



## ➔ L'effet de Serre

Notre atmosphère, les scientifiques le savent depuis le XIX<sup>ème</sup> siècle, constitue une sorte de serre: elle laisse passer les rayons du soleil, mais retient une grande partie de la chaleur accumulée à la surface de notre planète. C'est grâce aux effets climatiques de cet effet de serre que la vie a pu apparaître sur terre. Mais de nombreux spécialistes, depuis quelques années, s'inquiètent. A cause des activités humaines, le gaz carbonique CO<sub>2</sub>, le méthane CH<sub>4</sub> et quelques autres gaz s'accumulent dangereusement dans l'atmosphère ce qui auraient pour conséquence d'augmenter de 1,5°C au moins, jusqu'à 4°C, la température moyenne de notre climat.

Les responsables des Etats et des organisations internationales ont pris conscience du danger en l'associant au dégagement de gaz carbonique CO<sub>2</sub> produit pendant la combustion du pétrole, du charbon et du gaz de ville (voitures, centrales thermiques, industries, chauffage domestique). Des mesures de création de nouveaux impôts et de taxes sur l'énergie sont prêtes à être votées pour forcer les usagers à réduire leur consommation. A l'échelle planétaire, ces mesures ne concernent que la production de gaz carbonique des pays riches.

## ➔ Une origine ignorée de gaz carbonique CO<sub>2</sub>

Or, à terme, les pays en voie de développement vont générer une production de gaz carbonique bien supérieure à celle des pays riches et qui a une autre cause, jusqu'à présent négligée dans toutes les études et statistiques. Le premier acte de développement d'un de ces pays, comme la Chine, les pays d'Asie du Sud-Est, l'Inde, l'Amérique du Sud, etc., est de construire des infrastructures, des logements, des moyens de transports et des nouvelles industries. Pour cela, ils feront appel de plus en plus au béton pour satisfaire ces besoins de développement. Comme le béton est fait de ciment et que le ciment résulte de la calcination du calcaire, il en découle que pour produire 1 tonne de ciment, il se dégage 1 tonne de gaz carbonique (CO<sub>2</sub>). En 1988, la production mondiale de ciment, donc par équivalence de gaz carbonique cimentier, s'éleva à 1 Milliard de tonnes, soit 5% du dégagement total de gaz carbonique provenant des activités humaines, ce qui correspond à l'émission en gaz carbonique CO<sub>2</sub> d'un pays comme le Japon. En l'an 2015, c'est-à-dire dans une génération, la production mondiale de gaz carbonique cimentier pourrait atteindre 3,5 Milliards de tonnes de CO<sub>2</sub>, soit 17.5% de l'émission mondiale, identique à celle de toute la Communauté Européenne. Le gaz carbonique cimentier sera donc aussi important en quantité que celui produit par les émanations des automobiles, dans le monde.

## ➔ Une solution

La chimie des Géopolymères propose, là aussi, une solution. Elle permet de réduire de 90% les émanations des CO<sub>2</sub> cimentiers, et donc de multiplier par 10 ou 20 la production de béton, donc de répondre aux besoins des pays en voie de développement sans rompre l'équilibre fragile du climat planétaire.

Pour l'instant, ce projet n'est qu'au stade du laboratoire. Son développement et son application industrielle, sont tributaires de la volonté des monopoles industriels, des Etats impliqués, de la Banque Mondiale, des organisations internationales. En 1993 et 1994, ce programme a été présenté dans le cadre de plusieurs conférences internationales aux USA (Chicago, Cincinnati, San Francisco, Washington), en Europe (Kiev).