

BULLETIN MENSUEL
DE LA
SOCIÉTÉ LINNÉENNE DE LYON

FONDEE EN 1822

RECONNUE D'UTILITE PUBLIQUE PAR DECRET DU 9 AOUT 1937
des SOCIETES BOTANIQUES DE LYON, D'ANTHROPOLOGIE ET DE BIOLOGIE DE LYON
REUNIES

et de son GROUPE REGIONAL DE ROANNE

Siège social et Secrétariat général : 33, rue Bossuet, 69006 Lyon

TRESORERIE :

T A R I F

	1982
Abonnement France	90 F
Membre scolaire	45 F
Abonnement Etranger	100 F
Changement d'adresse, inscription ou réintégration en sus	10 F

N.B. — Les virements à notre C.C.P. LYON 101-98 H ou les chèques bancaires, doivent être rédigés au nom de la SOCIÉTÉ LINNÉENNE DE LYON.

SOMMAIRE

BOUVET Y., CRISTAU-QUOST I., THIERO YATABARY N. — Structure et fonctionnement des écosystèmes du Haut-Rhône français. XXII: Contribution à l'étude des poissons d'un bras mort, la Lône des Pêcheurs	134
DAJOZ R. — Coléoptères Cerylonidae et Euxestidae de la faune africaine	147
CHERMETTE A. — La Fluorine en Morvan	I

LA FLUORINE EN MORVAN

La fluorine est très répandue dans le Morvan où elle existe à la fois sous forme de gîtes de nature filonienne et sous forme de gîtes de nature stratiforme. Le Morvan a du reste été le berceau de l'exploitation de la fluorine dans notre pays. Les gîtes filoniens, les seuls exploités jusqu'alors, s'épuisent rapidement. Par contre, les gîtes stratiformes du Morvan septentrional représentent 70 % des réserves françaises de fluorine, mais leur mise en exploitation se heurte à de délicats problèmes d'environnement.

HISTORIQUE.

Il ne semble pas que les Romains, pourtant si intéressés par toutes les substances de caractère ornemental, aient cherché à utiliser la fluorine du Morvan comme pierre décorative. Il faut attendre la deuxième moitié du XIX^e siècle pour voir apparaître la première tentative d'exploitation de la fluorine du Morvan à des fins industrielles. En 1855, un lyonnais, M. TIMIA, se rendit au lieu-dit le Crôt Blanc sur le territoire de la commune de Grury (Saône-et-Loire) sur les indications de quelques amis.

Frappé par la richesse du sol en fluorine, il fit ouvrir une mine comportant deux puits et plusieurs galeries pour exploiter ce cristal multicolore. La mine occupait une vingtaine d'ouvriers et le minerai extrait était conduit à Digoïn où il était utilisé par l'industrie céramique. L'affaire devait jouir pendant cinq années d'une certaine prospérité. Mais le vrai démarrage de l'industrie extractive de la fluorine dans le Morvan et même en France devait être l'œuvre de la famille DE CHAMPEAUX qui s'illustra à plus d'un titre dans l'histoire minière régionale.

Le grand ancêtre de cette dernière, l'Ingénieur en Chef des Mines Joseph-François DE CHAMPEAUX DE SAUCY (1776-1845), qui avait fait partie de la première promotion de l'École des Mines de Paris (1795) et qui avait un goût très vif pour la minéralogie, devait être l'inventeur du gisement historique d'autunite de l'Ouche d'Jau, commune de Saint-Symphorien-de-Marmagne, près du Creusot en 1800.

La vocation minière se retrouve dans la famille chez Georges DE CHAMPEAUX (1837-1895), sorti breveté en 1857 de l'École des Mines de Saint-Etienne et qui doit être considéré comme le « père » de l'exploitation de la fluorine en France.

C'est incontestablement lui en effet, qui entreprit en août 1861 l'exploitation de la fluorine à Voltennes en Petite Verrière sous les auspices de MM. SCHNEIDER et C^{ie} du Creusot et la continua personnellement à partir de 1863. Il s'occupait en même temps de l'extraction de l'huile de schiste (concession du Ruet) dans le bassin d'Autun qui fut aussi le berceau de l'industrie mondiale du pétrole.

Esprit éclairé et infatigable chercheur, Georges DE CHAMPEAUX avait pu affirmer aussi l'existence de la fluorine dans divers secteurs voisins de Voltennes. Désireux en outre d'étendre les usages de la fluorine, il avait fait installer une usine de broyage à La Folie, près d'Autun.

C'est encore lui qui fit entrer en France la fluorine dans l'art décoratif. Une cheminée de cette substance figurait à l'Exposition Universelle de 1887. Lors de

la construction du théâtre de l'Opéra de Paris, il offrit à Charles GARNIER la fluorine avec laquelle furent façonnées les balustrades qui avancent en encorbellement d'une courbe gracieuse sur la cage du grand escalier. La fluorine de Voltennes contribua de même à la décoration de l'Hôtel de la Paiva sur les Champs-Élysées, qui reste avec le théâtre de Charles GARNIER un des exemples les plus typiques du goût du Second Empire et qui a été préservé de l'épidémie de démolition par le conservatisme serein des respectables membres du Traveller's Club.

A la mort de Georges DE CHAMPEAUX (1895) l'exploitation de Voltennes devait passer à Paul DE CHAMPEAUX (1845-1934) et à la mort de ce dernier à Lucien DE CHAMPEAUX (1888-1979) qui la continua jusqu'en 1961, exemple exceptionnel d'une exploitation minière maintenue en activité pendant un siècle par la même famille.



Georges DE CHAMPEAUX (1837-1895) qui ouvrit la première carrière de fluorine en France à Voltennes (Saône-et-Loire).

En 1874-1875, MM. CHAUSSIN et LANOISELÉE de Chiddes (Nièvre) effectuèrent quelques grattages sur l'affleurement du filon fluoré situé au Nord du hameau de Las à 8 km au Nord de Luzy. Le minerai extrait allait rejoindre celui de Voltennes dans les haut-fourneaux du Creusot.

Dans les toutes premières années du siècle eut lieu une nouvelle tentative éphémère de reprise du filon du Crôt Blanc en Grury. En 1905, Hippolyte MARLOT, le prospecteur bien connu qui devait jouer un rôle de premier plan dans la découverte du gisement aurifère du Châtelet dans la Creuse, tentait mais sans succès de reprendre la reconnaissance du gîte de Las, se heurtant

appelée à un grand retentissement du fait qu'il n'est plus besoin de chercher d'éventuels donneurs compatibles avec un groupe sanguin rare, avec le Fluosol, aucun risque de rejet.

Le Mexique vient toujours très largement en tête de la production mondiale avec 900 000 t en 1980 soit 20 % du total mondial. Il est suivi par l'U.R.S.S. (550 000 t), puis par l'Afrique du Sud (500 000 t) qui se place au 3^e rang devant la Chine et la Mongolie chacune avec 400 000 t, la France étant au 6^e rang avec 325 000 t.

Les Etats-Unis sont à la fois les plus gros consommateurs et les plus gros importateurs dont ils ont consommé en 1980 1 200 000 t et produit seulement 78 000 t. Leur principal fournisseur est le Mexique, suivi par l'Afrique du Sud, l'Espagne et l'Italie.

Le Japon, complètement démuné sur son sol, redouble d'efforts pour réduire le montant de ses importations par l'emploi de substituts principalement de dolomie, ayant encore importé 500 000 t en 1980, de Chine, de Thaïlande et d'Afrique du Sud.

En Europe Occidentale, la R.F.A. grosse productrice d'acier est dotée d'une forte industrie chimique, a importé 270 000 t en 1980 pour remédier à l'épuisement rapide de ses gisements, la France (55 000 t) étant un de ses principaux fournisseurs.

Malgré l'appoint de la Mongolie (400 000 t) l'U.R.S.S. n'arrive pas encore à se suffire, important de Thaïlande et de Chine et occasionnellement d'Europe Occidentale.

La France a une position très équilibrée attendu qu'elle peut faire face à ses besoins intérieurs et se classer au premier rang des exportateurs ouest-européens. Pour l'année de référence 1980, la part de sa consommation intérieure revenant à l'industrie chimique (160 000 t) l'emporte largement sur celle livrée aux usines métallurgiques (34 000 t).

Le fait significatif des dernières années est la progression spectaculaire du continent africain. Les possibilités du Transval sont telles que l'Afrique du Sud avec une capacité installée de 750 000 t est en passe d'occuper la 2^e place derrière le Mexique.

En matière de conclusion, il convient de souligner qu'en dépit des menaces qui pèsent sur son emploi la fluorine continuera à être recherchée et exploitée avec profit dans les pays qui en sont bien pourvus.

Sur le plan régional, les plus grandes ressources françaises se trouvent concentrées dans le Morvan qui doit jouer un rôle majeur dans l'approvisionnement de notre pays en dépit des prétendus dommages que son exploitation paraît devoir faire courir à l'environnement.

Les réserves actuellement prouvées correspondent aux gisements économiquement exploitables dans la conjoncture actuelle mais il est bien évident que les réserves potentielles du Morvan le placent au rang des plus grandes concentrations actuellement connues de cette substance dans le monde.

Lyon, novembre 1981.

A. CHERMETTE.

au mécontentement des propriétaires du sol que plusieurs excavations mal comblées, disposaient mal à l'égard des promoteurs de nouvelles recherches.

En 1925, le filon du Crôt Blanc était repris par la Société « La Barytine ». Ce fut la première exploitation de fluorine vraiment industrialisée en France, comportant une laverie gravimétrique et un atelier de pulvérisation.



Grand escalier intérieur du théâtre de l'Opéra à Paris.

Les balustrades des balcons visibles au premier plan sont en fluorine de Voltennes.

Cliché CHEVOZON Frères. Paris.

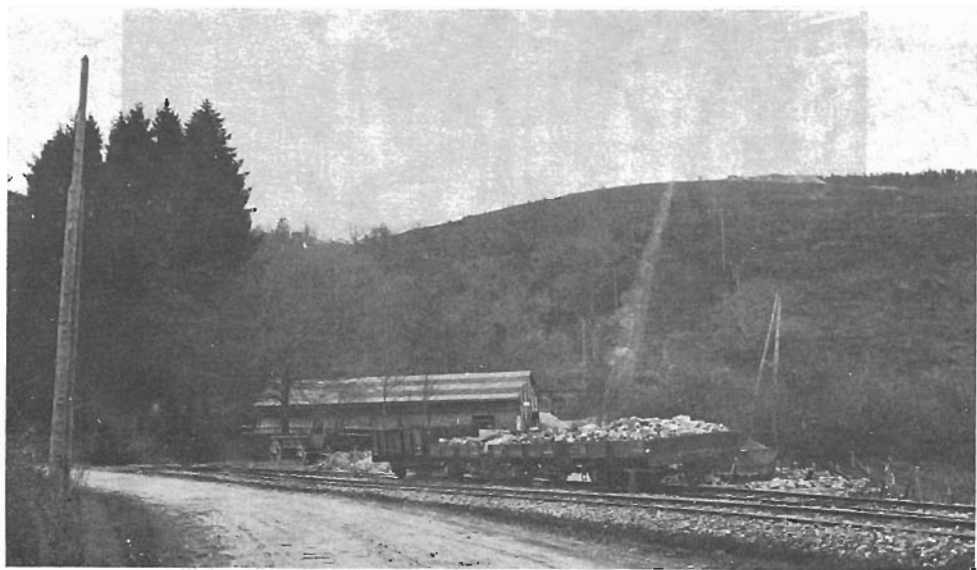
Le promoteur en était Victor LASSALE, personnalité très attachante, prospecteur passionné dès son plus jeune âge qui devait jouer un rôle prépondérant dans la mise en valeur des gisements français de fluorine, dont il fut le premier frappé par la localisation préférentielle à proximité de bassins houillers faillés.

On devait le rencontrer à Nérès dans l'Allier, au Beix et à Saint-Jacques d'Ambur dans le Puy-de-Dôme. On lui doit la première découverte de l'uranium

dans le filon du Crôt Blanc à Grury sous forme de paillettes de torbernite. Inventeur en 1925 d'un nouveau gîte fluoré à Valzergues au contact du houiller de Decazeville dans l'Aveyron. Il devait être encore, conjointement avec H. MARLOT, inventeur de la mine d'or du Chatelet.

En 1927, une partie du gisement de Voltennes allait être amodiée à un industriel, M. Robert MAHIEU, qui devait équiper de manière moderne deux anciens chantiers aux extrémités Nord et Sud du champ filonien. L'exploitation était reliée directement par un embranchement particulier au Chemin de Fer départemental d'Autun à Château-Chinon.

La grande crise économique des années 30 porte un rude coup à l'industrie minière de la fluorine en France. La production s'effondre et atteint son point le plus bas en 1934 avec le quart de ce qu'elle était en 1930. Les carrières de Voltennes demeurent en activité mais la mine du Crôt Blanc est fermée.



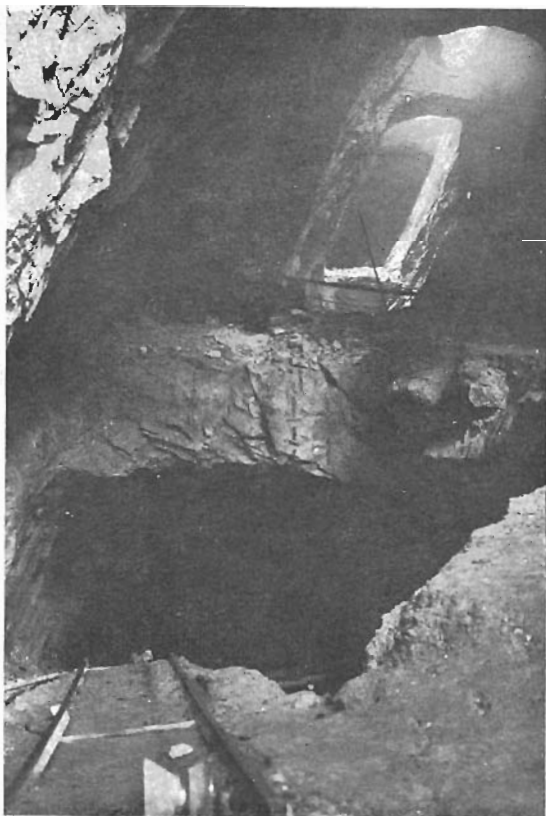
Ancien embranchement particulier du chemin de fer d'Autun à Château-Chinon pour la desserte de la mine de Voltennes (année 1930).

En 1935, M. MAHIEU reprend l'exploitation de l'extrémité Sud du champ filonien de Voltennes et cède en 1939 ses droits à la « Société des Produits Chimiques et Electrométallurgiques Alais, Frogès et Camargue (A.F.C.) » qui n'effectuera guère que des travaux de reconnaissance. C'est après la seconde guerre mondiale que l'exploitation et la recherche de la fluorine vont connaître une période de grande activité.

En 1961, le gîte de Voltennes, qui était exploité sans interruption depuis 1861 par la famille DE CHAMPEAUX, est cédé par cette dernière à la « Société Minière et Métallurgique du Chatelet », devenue ensuite « Société Minière d'Exploitation de Fluorine S.M.E.F. » qui l'équipe industriellement avec atelier de concentration en milieu dense. La partie tout à fait occidentale du faisceau filonien de Voltennes sera travaillée quelques temps par la Société « Baryfluor »

(filon du Bois Renard). A signaler aussi quelques grattages effectués en 1959 sur le filon fluoré du Villard, commune des Guerreaux, à 10 km au Nord de Digoin.

La « Compagnie Française des Minerais d'Uranium C.F.M.U. », filiale de Penaroya reconnaît et met en exploitation en 1962 le gîte filonien du Maine à 15 km au Nord d'Autun, sur le carreau duquel elle installe un atelier de concentration moderne des minerais en milieu dense. En 1970, la même société entreprend l'étude et la mise en exploitation du gisement de l'Argentolle, situé à une vingtaine de km du Sud-Ouest du précédent, à proximité du village de Saint-Prix, où la présence de la fluorine avait été signalée dès avant 1914 par le prospecteur bourguignon Hippolyte MARLOT.



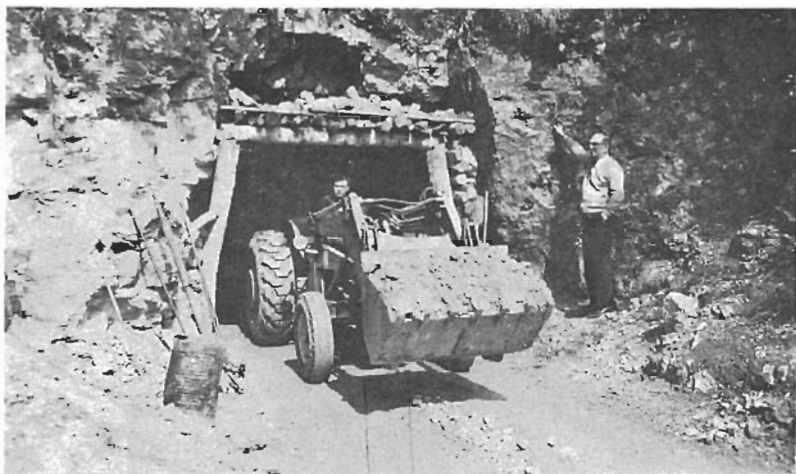
Anciens travaux dans le filon de fluorine de Voltennes (année 1938).

Plusieurs sociétés (C.F.M.U., S.O.G.E.R.E.M.) pousseront des recherches dans la partie tout à fait méridionale du Morvan autour de Luzy, où plusieurs structures filoniennes sont étudiées. En 1961, la Société Denain-Anzin effectue une nouvelle reconnaissance superficielle du filon de Las près de Luzy et conclut à la non-exploitabilité du gisement.

Une étude géochimique des eaux du secteur du Puits, à 5 km à l'Ouest d'Argentolle, conduit la « Société Minière d'Exploitation de fluorine » à exécuter une campagne de sondages qui révèle l'existence d'une formation bréchique imprégnée de fluorine sur plusieurs mètres d'épaisseur mais sans intérêt économique. Un gisement filonien est encore étudié par le B.R.G.M. à Vouchot près de Château-Chinon.

Le 1^{er} juillet 1972, toute activité cesse sur le gisement de Voltennes qui est considéré comme épuisé après cent-onze ans d'exploitation ininterrompue. Le Maine et l'Argentolle demeurent, mais leurs jours sont comptés.

Tout cet historique se rapporte essentiellement aux gites morvandiaux de nature filonienne. L'histoire des gites stratiformes du Morvan septentrional est beaucoup plus brève.



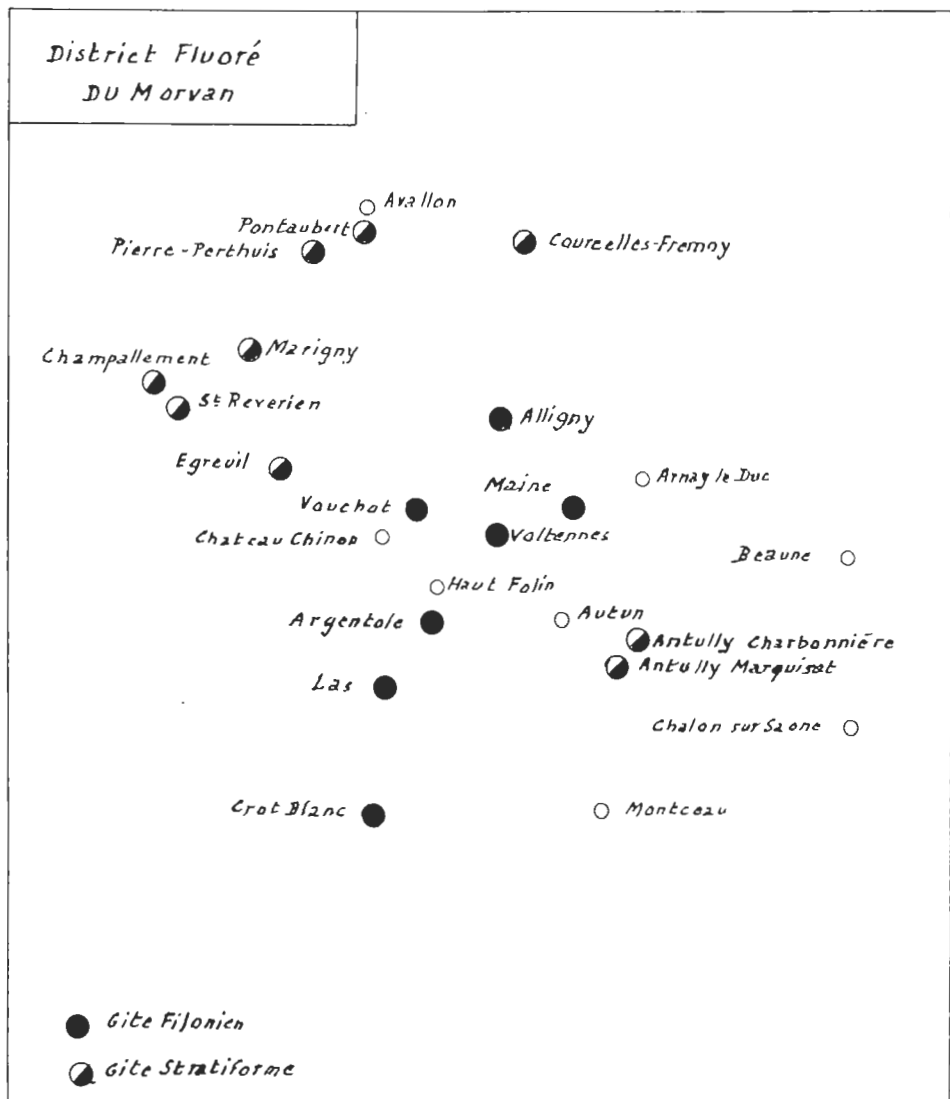
Marigny (Nièvre), première exploitation de fluorine stratiforme en Morvan (année 1961).

La présence de la fluorine associée à la galène et à la barytine était connue depuis longtemps autour du Morvan dans les séries sédimentaires de la base de la couverture mésozoïque du massif transgressives sur le socle hercynien. Ces niveaux recèlent souvent des concentrations sporadiques de galène qui ont donné lieu au XVI^e siècle à quelques exploitations dont la plus célèbre fut celle de la famille DE BÈZE, à Chitry-les-Mines à une trentaine de km au Sud-Ouest d'Avallon.

La première tentative d'exploitation de la fluorine en ce secteur devait être effectuée en 1933-1934 par M. MAHIEU à Marigny au Nord de Chitry-les-Mines (Nièvre) mais une optique trop exclusivement filonienne jointe au marasme économique de l'époque avait fait rapidement abandonner les travaux. M. MAHIEU avait tenté aussi en 1938 d'exploiter la fluorine près du pont de la Cure au Sud de Vézelay, sur le territoire de la commune de Pierre-Perthuis.

La première exploitation de fluorine stratiforme fut vraiment entreprise en 1961 sur le gîte de Marigny par un industriel, M. Marcel BRINGER, sur l'instigation de son cousin Edgar JAMMES (1899-1971). Ce dernier, prospecteur averti,

était particulièrement attaché à la recherche de la fluorine. Il avait en 1923 entrepris l'exploitation du filon de fluorine de Saint-Laurent-les-Bains dans la Haute-Ardèche puis en 1927, la mise en valeur des filons de Lantignié dans le Beaujolais et en 1955 celle de la longue structure filonienne de Trebas dans le Tarn.



Edgar JAMMES présentait l'existence de grandes ressources dans tout le secteur Nord du Morvan. Très féru des anciens auteurs, il avait été frappé par le jugement d'A. CALLAUX, ingénieur Civil des Mines, qui, avec une rare clairvoyance considérait en 1875 les anciennes mines de Chitry comme « appartenant à une formation métallifère d'une grande étendue digne d'attention ».

Le problème fut repris en 1962 avec des moyens appropriés par la Société Péchiney-Saint-Gobain qui, en liaison avec la Société Denain-Anzin, parvint à mettre en évidence l'existence de plusieurs gisements de grande étendue, exploitables économiquement. Le B.R.G.M. avait bien effectué dans les années 50 une mission d'étude dans le secteur mais avec seulement pour objectif l'étude des possibilités en métaux non ferreux (plomb, zinc) de la région.

LE CADRE GÉOLOGIQUE.

Le Morvan qui s'étend sur une longueur d'environ 90 km et sur une largeur de 50 à 60 km constitue un relief montagneux d'altitude modérée culminant à 901 m au Bois du Roi ou Haut-Folin dans la partie moyenne du massif. Sur le plan structural, le Morvan constitue un horst d'axe Nord-Nord-Ouest - Sud-Sud-Est découvrant sous quelques lambeaux de couverture mésozoïque le vieux socle hercynien sur lequel la couverture repose en position tabulaire par l'intermédiaire d'une discordance angulaire majeure.

Le socle hercynien comprend plusieurs unités orientées Nord-Est - Sud-Ouest à Est - Nord-Est - Ouest - Sud-Ouest formées de roches cristallophyliennes et de granités hercyniens séparés par des zones à remplissage de sédiments et de volcanites devoniens ou surtout dinantiens.

Au Nord, le Morvan domine l'auréole de terrains jurassiques ceinturant le bassin parisien et se trouve bordé de terrains liasiques (Basois, Avallonnais, Auxois). Il est limité vers le Sud par le bassin houiller de Montceau-les-Mines au delà duquel il se relie aux chaînons hercyniens du Charollais, du Beaujolais et du Lyonnais.

Du côté du Nord-Est le Morvan se raccorde au seuil de Bourgogne et domine au Sud-Ouest les grands fossés d'effondrement oligocène des Limagnes. Le horst morvandiau est le résultat d'un système de fractures d'orientation sud-méridienne d'âge alpin qui sont venues oblitérer l'architecture hercynienne primitive Nord-Est - Sud-Ouest en déterminant une multitude de petits compartiments décalés les uns par rapport aux autres.

La fracturation est beaucoup plus marquée à l'Ouest qu'à l'Est du massif où les fractures ne sont importantes qu'en bordure de la Bresse où elles s'infléchissent suivant une direction Nord-Est - Sud-Ouest.

Il existe dans le massif deux importants bassins stéphaniens et permien, le bassin d'Autun dans le centre Est et le bassin de Montceau-les-Mines, au Sud. Le charbon est encore exploité à Montceau-les-Mines et des formations importantes de schistes bitumineux, qui donnèrent lieu à une récupération d'huile jusqu'en 1958 existent dans le bassin permien d'Autun.

Un complexe volcanique constitué surtout de microgranites et de syénites accompagnées de tufs existent dans le socle du Morvan.

Une grande transgression marque le début du mésozoïque et les premiers dépôts en relation avec cette transgression de nature calcaro-dolomitique d'une épaisseur de 10 à 12 m (assise de Chitry-les-Mines) sont d'une grande importance économique car ils contiennent une grande partie des concentrations de fluorine actuellement connues et surtout celles situées sur la bordure occidentale du massif. L'assise de Chitry-les-Mines est accompagnée d'une importante silicification affectant les minéralisations et de multiples phénomènes de recristallisation, de bréchification et de remaniement modifiant profondément les dépôts initiaux.

Les filons de fluorine du Morvan appartiennent au type « essentiellement fluoré » défini par A. LACROIX et si bien représenté dans le Massif Central français. Ce type de filon est caractérisé par la prédominance de la fluorine sur les autres éléments du remplissage (quartz, barytine, plus rarement carbonates, calcite, dolomie) et par le rôle tout à fait subordonné que jouent les sulfures dans cette catégorie de gisement (galène, blende, pyrite, chalcoppyrite, plus rarement sulfures complexes, bournonite, cuivres gris). La silice a souvent tendance à remplacer la fluorine en profondeur. Ces filons sont souvent disposés en champs.

Bon nombre de ces gîtes représentant quelques dizaines de milliers de tonnes ont pu être exploités de manière artisanale en raison de la qualité exceptionnelle de leur minerai mais il existe aussi des gîtes plus importants de 100 000 à 1 000 000 de tonnes exploités industriellement. La puissance peut atteindre des valeurs considérables (plus de 10 m) et l'allongement plusieurs centaines de mètres. En extension verticale, on peut les trouver jusqu'à 300 m de la surface. La teneur en fluorine varie de 40 à 85 % de CaF₂.

On a depuis longtemps constaté la localisation des filons fluorés en bordure de bassins houillers faillés. C'est le cas de tout le cortège de filons de fluorine jalonnant le Grand sillon Houiller qui partage en deux le Massif Central entre Moulins et Carmaux. La même disposition se retrouve dans le Morvan où les filons sont surtout disposés en bordure du bassin permo-carbonifère d'Autun.

Le gîte filonien le plus classiquement connu dans le Morvan est celui de Voltennes en La Petite Verrière à une quinzaine de km au Nord-Ouest d'Autun. C'est sur ce gisement qu'avait été ouverte en 1861 la première carrière de fluorine par l'ingénieur Georges DE CHAMPEAUX.

Le gisement est considéré comme épuisé aujourd'hui. Il s'agissait d'un faisceau de sept filons principaux orientés en gros Nord-Nord-Ouest - Sud-Sud-Est avec un pendage moyen de 80° vers l'Est encaissés dans une série volcano-sédimentaire rapportée au Viséen en bordure du bassin bitumineux et charbonnier d'Autun.

La puissance moyenne des fractures était de 1,50 m avec pointes de 8 m dans le Grand Filon reconnu sur 400 m d'allongement et sur une hauteur verticale de 200 m. La fluorine était accompagnée de barytine avec mouches de sulfures (galène, blende, pyrite). La découverte d'un minéral potassique formé en milieu hydrothermal a permis de préciser la date de formation du filon René bis par la méthode du potassium-argon. La paragénèse primaire quartz-fluorine-feldspath potassique se serait formée au lias (185 ± 5 M.A.), la température des solutions étant voisine de 160° C. On a trouvé à Voltennes de très belles cristallisations de barytine ou de quartz diversement colorées.

Le gisement du Maine ou de Reclesnes situé à une dizaine de km à l'Ouest de Voltennes, travaillé seulement depuis 1962 mais en voie de très prochain épuisement, comporte une structure filonienne d'orientation Nord-30° Est (pendage Est) longue de 2 km. Il n'y a pas un filon unique mais plusieurs filons plus ou moins parallèles qui se relient dans leur caisse filonienne. Sur un allongement minéralisé de 1 500 m, la puissance moyenne est de 2 m 50. L'encaissement de la minéralisation dans une série volcano-sédimentaire très riche en fluor est le même qu'à Voltennes.

Sur le plan métallogénique, le gisement du Maine est particulièrement intéressant à plus d'un titre. Le remplissage du filon est constitué de blocs cassés

de fluorine, d'encaissements et même d'une brèche de houiller, le tout cimenté par des enrubannements de fluorine. L'accident filonien semble donc avoir bougé au cours de la minéralisation, broyant la roche déjà en place, les blocs ainsi formés ayant été recimentés ensuite par le processus minéralisateur, le phénomène semble s'être reproduit plusieurs fois au cours de la métallogénèse.

La fracture filonienne est encore partiellement ouverte, les parois des roches encaissantes étant alors recouvertes de fluorine rubannée sur laquelle la barytine est venue cristalliser en gros cristaux. Il en est résulté d'énormes géodes tapissées sur des dizaines de mètres carrés de magnifiques cristallisations de barytine jaune qui ont fait la notoriété de ce gîte.

Une source thermo-minérale d'un débit de 40 m³/heure a été rencontrée à 90 m de la surface et suivie en descendant plus bas. L'eau très limpide sort à la température de 35° C avec une légère odeur sulfureuse, elle est riche en chlore, sodium et fluor (4,93 mmg/l). Un âge liasique a été attribué à la minéralisation du Maine à partir de l'étude d'un feldspath adulaire syncristallisé avec la fluorine. Le gîte du Maine a été reconnu sur une hauteur de 180 m.

Le gisement d'Argentolle (Saône-et-Loire) situé à une vingtaine de km à l'Ouest d'Autun, au pied du Mont Beuvray, déjà signalé dès 1904 par le prospecteur Hippolyte MARLOT n'est travaillé que depuis peu de temps. C'est un gîte à la fois filonien et stratiforme attendu qu'il comporte deux filons et une lentille de calcaire minéralisée.

Les deux filons (Filon Vert et Filon Blanc) forment l'extrémité d'une longue anomalie géophysique passant par le gîte de manganèse de La Boula, accumulation anarchique de terres manganésifères, de quartz, de roches volcaniques altérées et d'argiles sableuses de teinte ocre avec importants indices de fluorine. L'encaissant est encore de nature volcano-sédimentaire.

Le gîte stratiforme est de nature très complexe, il est inséré dans un ruban d'andésite inclus dans un environnement de nature schisteuse. La minéralisation est à la fois de caractère karstique et de caractère filonien avec des structures orientées Nord-160° Est dans le calcaire. La fluorine est accompagnée de silice, de calcite de barytine, localement de galène. On y a trouvé de véritables grottes plus ou moins remplies de produits manganésifères pulvérulents qui ont dû être utilisés par les potiers gaulois de l'oppidum de Bibracte très proche.

A une quinzaine de km au Sud-Ouest d'Argentolle un filon de fluorine a fait l'objet de recherches à plusieurs reprises près du hameau de Las (Nièvre). Il s'agit d'un filon métrique Nord-Sud encaissé dans une formation de tufs du Viséen supérieur et semblant appartenir à une longue structure hachée par la tectonique.

A une vingtaine de km plus au Sud, il existe une variante uranifère des filons essentiellement fluorés dans laquelle la fluorine est associée aux minerais d'uranium qui ont été activement exploités dans le secteur de Grury (Saône-et-Loire).

Les filons apparaissent dans le grand batholite de granite de Luzy recoupé par des venues doléritiques. Le filon du Crôt Blanc en Grury est le plus représentatif du secteur. Longue cassure Nord-Sud dans le granite ayant pu atteindre 8 m de puissance. La minéralisation comprenait une fluorine zonée de différents tons. C'est dans le fluorine du Crôt Blanc, activement exploitée dans les années 20-30, que Victor LASSALLE devait identifier en 1930 la présence de paillettes de torbernite à une époque où aucun travail n'avait encore été effectué pour la recherche de l'uranium.

D'autres filons fluorés existent dans le gisement uranifère des Bauzots près d'Issy-l'Evêque, un peu au Nord de Grury (Filon des Combes) mais ils ne présentent pas d'intérêt économique pour la fluorine. La fluorine sombre de variété antozonaire à fluor libre est fréquente dans ce genre de gisement. Un filon fluoré existe encore à Vouchot près de Château-Chinon.

Les indices de fluorine filonienne sont encore nombreux dans le Morvan. Dans le filon de La Place à Alligny en Morvan, au Nord-Ouest du Maine, la fluorine accompagne la barytine et la galène. Il en est de même à La Collancelle, au Sud de Corbigny, où un filon de barytine, visible dans une tranchée du canal du Nivernais, contient encore de la fluorine. Dans la région d'Autun, la fluorine est encore abondante dans le remplissage du filon de galène des Moléras en Saint-Prix.

LES GITES STRATIFORMES.

Bien que la présence de la fluorine ait été connue depuis longtemps à la base des séries sédimentaires surmontant le socle du Morvan, il fallut attendre les années 60 pour que le problème de la fluorine stratiforme du Morvan soit vraiment posé. Auparavant, seule la galène qui accompagne la fluorine dans ce genre de gisement avait été recherchée. Quelques timides essais d'exploitation de la fluorine n'avaient pas réussi à définir la véritable nature de ces gisements.

Les travaux effectués pendant une quinzaine d'années par les sociétés Péchiney-Saint-Gobain et Denain-Anzin ont pu mettre en évidence dans le Morvan une nouvelle province métallogénique et l'individualisation d'un type original de gisement, le type de gîte de fluorine stratiforme morvandiau qui n'a pas encore été vraiment découvert ailleurs dans le monde.

Les concentrations de fluorine stratiforme qui ont été inventoriées à la périphérie du Morvan sont étroitement associées aux phénomènes de silicification dont ont été l'objet du Trias au Sinémurien les différents biseaux sédimentaires transgressifs sur le socle granitique du Morvan.

Les séries sédimentaires minéralisées sont d'âges divers et de nature pétrographique variée. Dans l'Yonne, à Pierre-Perthuis et à Pontaubert l'horizon magasin est l'assise de base calcaro-dolomitique d'âge hettangien supposé. En Saône-et-Loire, à Antully au Sud-Est d'Autun, les grès arkosiques du Trias moyen transgressifs sur le socle forment le magasin du gîte. En Côte-d'Or, le gîte de Courcelles-Fremoy, à l'Est d'Avallon, comporte une roche magasin calcaire surmontée par le calcaire à gryphées, lui-même silicifié et parfois minéralisé.

Malgré les différences liées à la nature lithologique des minéraux porteurs (grès ou roches carbonatées) les gisements stratiformes morvandiaux sont caractérisés par les principaux traits suivants :

- localisation à la limite paléogéographique bassin-continent ;
- minéralisation comportant outre la fluorine, de la barytine assez abondante et des traces de galène, blende et pyrite accompagnées d'une silicification importante des niveaux porteurs ;
- minéralisation limitée à une tranche peu épaisse de la série stratigraphique (Trias à Sinémurien) incluse entre deux niveaux imperméables (le socle hercynien de nature granitique à la base et les formations argilo-marneuses de la couverture mésozoïque au sommet) ;
- localisation au voisinage de fractures dont certaines ont joué au cours de la sédimentation des niveaux porteurs.

Les minerais qui dérivent de la transformation par dissolution des roches magasin sont essentiellement hétérogènes. Des veinules microscopiques et centimétriques recoupent le minerai de façon désordonnée, prouvant l'existence de phénomènes de dissolution, de tassement et de remise en mouvement des minéralisations. Les géodes sont très nombreuses. Les minerais sont essentiellement constitués de fluorine, de barytine, de quartz, de dolomie et de calcite. La galène et la blende sont les sulfures les plus communs (1 % au plus de plomb et de zinc dans le minerai).

Les cubes des cavités géodiques constituent la minéralisation la plus spectaculaire, ils sont de couleur jaune, caractéristiquement tronqués sur les arêtes et sur les sommets. Leur dimension ne dépasse pas deux cm d'arête. La fluorine est souvent difficile à reconnaître se confondant avec la silice ou les plages carbonatées résiduelles.

La barytine est assez abondante dans tous ces gisements, s'individualisant dans les géodes en cristaux tabulaires d'une teinte jaune identique à celle de la fluorine. Le minerai titre entre 5 et 25 % de barytine pour 32 à 40 % de fluorine.

Le type métallogénique de cette nouvelle province est caractérisé par l'importance des réserves et la fréquence des panneaux sub-affleurants de plusieurs mètres d'épaisseur sous un recouvrement stérile de moins de 10 m donc exploitable à ciel ouvert. La teneur relativement faible des minerais comparée à celle des minerais filoniens implique une concentration par flottation rendue difficile par la finesse des constituants et l'hétérogénéité des minéralisations.

Sept gisements sont actuellement connus, aucun n'est encore exploité, cinq d'entre eux (Pierre Perthuis, Pontaubert, Marigny, Courcelles-Fremoy, Antully Marquisat) sont démontrés, deux autres, Antully Charbonnière et Egreuil sont en cours de reconnaissance.

L'importance des réserves cumulées (13 M/t de minerai certain à 32-40 % de CaF₂ et 3 M/t de minerai hautement probable à même teneur) place le Morvan au niveau des grands districts fluorés mondiaux. Les gîtes stratiformes du Morvan représentent 70 % des réserves françaises de fluorine.

Le gisement de Pierre Perthuis, le mieux connu, situé dans le coin Nord-Ouest du horst morvandiau, à 6 km de Vézelay (Yonne) couvre une superficie d'une cinquantaine d'hectares et comprend 3,8 M/t de minerai à 35-38 % de CaF₂ et 9 à 15 % de BaSO₄. L'épaisseur moyenne de la couche minéralisée est de 4 m, le taux de recouvrement varie de 0,9 à 1,35. Le gisement est entaillé par la vallée de la Cure. Le site de la Pierre Percée au bord de la Cure est constitué par un pont naturel dont la voûte est coiffée par la formation fluorée silicifère.

Le gisement de Marigny (Nièvre) est le seul qui ait donné lieu à l'extraction de quelques milliers de tonnes dans les années 60. L'exploitation de caractère semi-industriel a porté essentiellement sur quelques lentilles riches en fluorine paraissant correspondre à des remplissages karstiques.

Sur la bordure occidentale du Morvan, existent encore les gisements de Champollement, de Saint-Reverien et d'Egeuil avec une puissance moyenne de 4 m dont l'exploration n'est pas terminée.

Indépendamment des gisements précédents, il existe, principalement sur la bordure Ouest du Morvan, de nombreux indices de minéralisation reconnus par sondages. Les réserves potentielles représentées par ces indices sont probablement importantes, il s'y ajoute de grosses réserves de minerai à plus basse teneur (10 à 11 % de CaF₂).

La genèse de ces gîtes ne peut être encore précisée du fait de leur découverte relativement récente et de l'absence de toute exploitation. Leur liaison

avec les gîtes filoniens de même composition minéralogique inclus dans le socle hercynien et géographiquement éloignés (Voltennes, Maine) n'a pu être mise en évidence. L'origine de ces minéralisations de caractère épigénétique qui se développe sur 200 km autour du Morvan semble devoir être recherchée dans des circulations d'eau ayant lessivé les formations sédimentaires riches en fluor accumulées dans le bassin. Une origine hydrothermale n'est peut-être pas à écarter du fait de la localisation de plusieurs gisements à proximité de grandes fractures.

La mise en évidence de cette nouvelle province métallogénique a permis avec de nouveaux concepts de transformer en gisements économiques des occurrences considérées seulement auparavant comme de simples curiosités minéralogiques. On peut même dire que sur le plan du fluor français la mise en évidence de ces ressources représente la grande découverte du siècle.

L'AVENIR DE LA FLUORINE DU MORVAN.

Le Morvan a produit à ce jour avec le seul appoint des gisements fluorés filoniens de l'ordre de 2 M/t de produits bruts soit de l'ordre de 1 M/t de produits marchands, ce qui représente 13 % de la totalité de la fluorine (8 M/t) produite depuis le début en France. Il convient de remarquer que la totalité de cette production du Morvan concerne un produit de qualité métallurgique.

Comment se présente en cette année 1982 l'avenir de la fluorine française ? Les gisements filoniens, les seuls exploités jusqu'alors, s'épuisent rapidement. Déjà plusieurs mines françaises parmi les plus traditionnelles (Voltennes, Le Beix, Langeac) ont fermé leurs portes, la fin du Maine et de l'Argentolle est prévue dans le plus proche avenir. Seuls les gîtes du Tarn (Montroc, Le Burg) du Limousin (Le Rossignol), des Pyrénées (Escaro) et du Var (Font Sante) présentent encore des réserves pour une dizaine d'années au rythme actuel de la production (325 000 t de minerai marchand en 1980).

Sauf nouvelle découverte filonienne importante, assez peu prévisible dans l'état actuel de nos connaissances, tous les gîtes filoniens français seront donc épuisés à l'horizon 90. Or, les réserves françaises sûres et très probables sont estimées à 18 M/t de minerai à une teneur moyenne de 40 % de CaF₂ correspondant à 7 M/t de fluorine pure soit 6,6 % des réserves mondiales (105 M/t de fluorine pure). Les gîtes stratiformes morvandiaux représentent à eux seuls plus de 70 % de ces réserves.

Il est bien évident que si la France veut conserver une position forte en matière de fluor, la mise en exploitation de ses réserves stratiformes présente un caractère de première urgence en vue de prendre la relève des gîtes filoniens en voie de rapide extinction.

Ces gisements morvandiaux se trouvent malencontreusement situés pour la plupart à l'intérieur du parc régional du Morvan et la perspective de la mise en exploitation de celui de Pierre-Perthus, le mieux connu d'entre eux, à 6 km de Vézelay, haut-lieu de la culture française, a fait couler beaucoup d'encre.

Qu'en est-il exactement ? Face à toutes les polémiques soulevées à ce sujet, une information objective dénuée de tout caractère passionnel doit pouvoir replacer le problème dans son véritable contexte.

La fluorine est souvent mal connue et surtout méconnue. On découvre pourtant avec étonnement que si elle venait à manquer la fabrication de multiples objets de la vie courante deviendrait difficile. Il est peu d'objets en effet dans la fabrication desquels la fluorine n'intervient pas à un stade ou à un autre.

La fluorine demeure indispensable à titre de fondant dans la fabrication de l'acier, métal omniprésent dans notre environnement quotidien. Des fluorures d'aluminium, dérivés de la fluorine, interviennent dans la métallurgie de l'aluminium, métal que l'on retrouve dans bon nombre de secteurs (bâtiment, aéronautique, automobile, équipement ménager, décoration). D'autres dérivés fluorés sont employés dans les circuits de refroidissement des réfrigérateurs et du conditionnement de l'air, dans les aérosols, insecticides, dans le recouvrement des poêles Tefal. La préparation des mousses, souples ou rigides, employées dans l'ameublement et l'automobile a encore recours à des produits fluorés. Un produit fluorocarboné liquide va même pouvoir remplacer le sang dans les transfusions sanguines.

Le problème de l'environnement est évidemment au centre des débats. Pour certains, l'extraction de la fluorine de Pierre-Perthuis entraînerait la destruction irrémédiable du site de Vézelay et polluerait dangereusement la région environnante. Beaucoup se sont référés aux vallées alpines où les vapeurs dégagées par les usines d'aluminium peuvent être polluantes. On a d'ailleurs réduit considérablement les nuisances par de très coûteuses installations de recyclage et de dépoussiérage des fumées, mais en ce qui concerne Pierre-Perthuis, il y a une équivoque à lever.

À l'état naturel, la fluorine est un minerai parfaitement inoffensif. Or, le traitement qu'elle devra subir sur le site de Pierre-Perthuis pour la rendre marchande ne fera intervenir que des procédés exclusivement physiques n'entraînant aucun dégagement de vapeurs nocives. L'eau ne sera pas non plus polluée.

Les eaux sont, du reste, nettement polluées à l'état naturel dans le secteur de Pierre-Perthuis où elles circulent depuis longtemps dans des terrains où la fluorine est omniprésente. Les eaux peuvent donc se charger notablement en ions fluor, ce qui était le cas des eaux filtrant aux Fontaines Salées sur un site thermal recherché par les Romains. On reconnaît de nos jours aux eaux légèrement fluorées des avantages, notamment celui de préserver l'émail des dents. La vogue des pâtes dentifrices au fluor en témoigne. Ce n'est qu'à partir de doses supérieures à 2 mmg/l d'ions fluor que l'eau a des effets néfastes (fluoroses, osteochloroses).

Dans le cas d'une laverie telle que celle dont la construction est envisagée à Pierre-Perthuis, les eaux de traitement pourront arriver à contenir une teneur excédentaire en ions fluor, mais la laverie fonctionnera en circuit fermé et aucun rejet ne sera effectué ; dans l'hypothèse même où les eaux seraient intégralement rejetées dans la Cure, la dilution ramènerait leur teneur à un taux du même ordre que celui des eaux naturelles.

Un cahier rigoureux des charges a d'ailleurs prévu qu'en cas d'exploitation du gisement à ciel ouvert le concessionnaire serait tenu de prendre toutes les dispositions nécessaires à la protection du site. L'Administration dispose de pouvoirs de contrôle importants sur les modalités d'exploitation de la carrière et la qualité des eaux. Tout doit pouvoir être mis en œuvre pour réduire au minimum les nuisances au moment de l'exploitation (tirs, transports des minerais, arrêt de l'extraction pendant les périodes de vacances). En particulier au fur et à mesure de l'exploitation, les sols seront reconstitués en liaison avec l'Office National des Forêts.

Le devenir de la fluorine française se trouve ainsi confronté à un délicat problème, la France ne pouvant espérer conserver un potentiel élevé en matière de fluor qu'avec l'appoint des gîtes stratiformes du Morvan dont les réserves

actuellement évaluées (13 M/t) doivent lui assurer une autonomie de 30 ans au taux actuel de la consommation intérieure (200 000 t). Les gîtes morvandiaux sont ainsi appelés à jouer un rôle essentiel dans l'approvisionnement en fluorine de l'industrie française.

Il y a toutefois lieu d'attirer l'attention sur le danger que font courir à la sauvegarde de nos réserves les exportations massives de spath-fluor effectuées par la France chaque année. Sur les 8 M/t produites depuis le début par la France, en équivalent de 80 % de CaF_2 , il a été exporté 2 M/t soit 25 % du total. En 1980, la France a encore exporté 105 000 t soit 32 % de sa production. Il convient du reste de remarquer que les exportations françaises ne concernent que du spath de qualité métallurgique, tiré en majeure partie du meilleur de nos ressources.

La France ne risque-t-elle pas, à l'instar de la République Fédérale allemande de se trouver un jour dans l'obligation d'importer du spath-fluor. L'Allemagne, grosse exportatrice de spath pendant la première moitié du siècle, importe aujourd'hui 70 % de ses besoins du fait de l'épuisement de ses gisements auxquels il a été pendant longtemps beaucoup trop demandé.

Quel peut être l'avenir de la fluorine dans le monde. Il est toujours très hasardeux de faire des prévisions et plus encore dans la période d'incertitude économique que traverse à présent le monde occidental.

L'emploi du spath-fluor est directement subordonné aux industries de l'acier, de l'aluminium et des fluorocarbones. Or une des situations les plus désastreuses est celle de l'acier. On connaît le drame de la sidérurgie française. L'aluminium a perdu depuis 1970 son taux de croissance de 6 à 7 % l'an. La fabrication des fluorocarbones est directement menacée par le prétendu impact de ces produits sur la couche d'ozone protectrice de l'atmosphère.

La production mondiale de fluorine qui doublait tous les dix ans stagne, la consommation ayant été tout juste de 4 M/t en 1978 pour une production (4,8 M/t) qui demeure largement excédentaire avec pour corollaire une accumulation des stocks sur le carreau des mines.

Quelques menaces pèsent sur le devenir du spath-fluor. Un contrôle très serré des opérations d'affinage de l'acier a permis de réduire la consommation spécifique de spath par tonne d'acier. Les mesures antipollution ont eu pour effet de développer les opérations de recyclage des produits fluorés employés dans l'industrie chimique et plus particulièrement dans la fabrication de l'aluminium. Les nouveaux procédés d'obtention de l'aluminium par électrolyse chlorée de l'alumine sans emploi de fluor sont en cours d'expérimentation. L'interdiction aux Etats-Unis de l'emploi des produits fluorocarbonés propulseurs d'aérosols est venue dangereusement perturber une industrie en plein essor.

Pourtant sur le plan métallurgique, le spath conserve une position forte car il n'a pu être remplacé de manière satisfaisante par d'autres matières commercialisées sous des noms divers et qui n'ont pas la même efficacité comme fondant. Une évolution se produit toutefois dans son emploi de plus en plus généralisé sous forme d'agglomérés (pellets) obtenus à partir de concentrés de flottation.

Le spath-fluor demeure aussi le produit de base pour l'obtention du fluor élémentaire dont les possibilités de combinaison extrêmement étendues sont susceptibles de promouvoir de nouveaux développements industriels.

Déjà un nouveau produit fluorocarboné, le Fluosol D.A. est appelé à remplacer le sang dans les transfusions sanguines. Il s'agit d'une sorte d'hémoglobine artificielle permettant de transporter l'oxygène aux tissus. Découverte

appelée à un grand retentissement du fait qu'il n'est plus besoin de chercher d'éventuels donneurs compatibles avec un groupe sanguin rare, avec le Fluosol, aucun risque de rejet.

Le Mexique vient toujours très largement en tête de la production mondiale avec 900 000 t en 1980 soit 20 % du total mondial. Il est suivi par l'U.R.S.S. (550 000 t), puis par l'Afrique du Sud (500 000 t) qui se place au 3^e rang devant la Chine et la Mongolie chacune avec 400 000 t, la France étant au 6^e rang avec 325 000 t.

Les Etats-Unis sont à la fois les plus gros consommateurs et les plus gros importateurs dont ils ont consommé en 1980 1 200 000 t et produit seulement 78 000 t. Leur principal fournisseur est le Mexique, suivi par l'Afrique du Sud, l'Espagne et l'Italie.

Le Japon, complètement démuné sur son sol, redouble d'efforts pour réduire le montant de ses importations par l'emploi de substituts principalement de dolomie, ayant encore importé 500 000 t en 1980, de Chine, de Thaïlande et d'Afrique du Sud.

En Europe Occidentale, la R.F.A. grosse productrice d'acier est dotée d'une forte industrie chimique, a importé 270 000 t en 1980 pour remédier à l'épuisement rapide de ses gisements, la France (55 000 t) étant un de ses principaux fournisseurs.

Malgré l'appoint de la Mongolie (400 000 t) l'U.R.S.S. n'arrive pas encore à se suffire, important de Thaïlande et de Chine et occasionnellement d'Europe Occidentale.

La France a une position très équilibrée attendu qu'elle peut faire face à ses besoins intérieurs et se classer au premier rang des exportateurs ouest-européens. Pour l'année de référence 1980, la part de sa consommation intérieure revenant à l'industrie chimique (160 000 t) l'emporte largement sur celle livrée aux usines métallurgiques (34 000 t).

Le fait significatif des dernières années est la progression spectaculaire du continent africain. Les possibilités du Transval sont telles que l'Afrique du Sud avec une capacité installée de 750 000 t est en passe d'occuper la 2^e place derrière le Mexique.

En matière de conclusion, il convient de souligner qu'en dépit des menaces qui pèsent sur son emploi la fluorine continuera à être recherchée et exploitée avec profit dans les pays qui en sont bien pourvus.

Sur le plan régional, les plus grandes ressources françaises se trouvent concentrées dans le Morvan qui doit jouer un rôle majeur dans l'approvisionnement de notre pays en dépit des prétendus dommages que son exploitation paraît devoir faire courir à l'environnement.

Les réserves actuellement prouvées correspondent aux gisements économiquement exploitables dans la conjoncture actuelle mais il est bien évident que les réserves potentielles du Morvan le placent au rang des plus grandes concentrations actuellement connues de cette substance dans le monde.

Lyon, novembre 1981.

A. CHERMETTE.