

# *Introduction*

Cette présentation a été réalisée à la demande du Secrétariat à l'Industrie, Service du Sous-sol, des Mines, de la Métallurgie et des Matériaux de Construction (S3M), dans le cadre des activités de Service Public du BRGM.

En 1975, à la suite du premier choc pétrolier et des hausses de prix des matières premières et face au problème de plus en plus aigu posé par l'approvisionnement de la France en substances minérales, le Gouvernement français décida de lancer un **Inventaire des Ressources minières du territoire métropolitain**, visant à relancer l'activité minière et améliorer la connaissance du sous-sol français, via une reconnaissance systématique basée sur des méthodes modernes.

Cette opération de grande envergure, qui s'est achevée en 1992, fut confiée au Bureau de Recherches Géologiques et Minières (BRGM).

Les travaux réalisés dans le cadre de l'Inventaire étaient poussés jusqu'au stade de l'identification des objectifs pressentis par les premiers sondages d'exploration, afin de livrer aux opérateurs industriels des sujets suffisamment ciblés. Les résultats, publics, étaient diffusés périodiquement auprès de l'ensemble de la profession minière par l'Administration des Mines, maître d'ouvrage de cette opération.

L'Inventaire minier a abouti à la découverte ou au développement de nombreux gîtes nouveaux et amélioré de façon spectaculaire la connaissance du sous-sol national : **une centaine de sujets neufs directement issus de l'Inventaire a été présentée à la profession minière de 1975 à 1991**, après avis du Comité de l'Inventaire.

Un renouvellement profond de la métallogénie du territoire métropolitain a accompagné ce formidable effort de prospection, qui a conduit à la découverte de types gîtologiques ainsi que de véritables provinces métallogéniques tout à fait inédits.

Parallèlement au déroulement de l'Inventaire, des changements politiques, économiques et sociologiques majeurs à l'échelle mondiale, ont fondamentalement modifié les paramètres et la distribution des activités minières. Ces changements profonds se sont notamment traduits par un déclin particulièrement net des productions minières en Europe occidentale et en France métropolitaine.

Dans ce contexte profondément changeant, sauf rares exceptions, les nombreuses découvertes effectuées dans le cadre de l'Inventaire n'ont pu être développées, voire même confirmées, par faute d'investisseurs.

Plus de vingt-cinq ans après le lancement de l'Inventaire minier métropolitain et presque dix ans après sa conclusion, les contextes politique, géopolitique et économique internationaux et français ont à nouveau profondément changé.

Une nouvelle réflexion stratégique sur les ressources minérales françaises passait nécessairement par une mise à jour du bilan de l'Inventaire minier en 2000-2001, dont les résultats méritaient d'être synthétisés et réexaminés sous l'éclairage dispensé par l'économie nationale et internationale actuelle.

Les données recueillies au cours de ces dix-sept années d'effort soutenu d'exploration minière ont bien sûr conservé toute leur valeur intrinsèque, mais l'accès à celles-ci reste encore complexe en raison de l'ampleur des travaux réalisés.

Ces données devaient donc être synthétisées et présentées sous une forme moderne et accessible, avec l'appui des outils actuels de traitement de l'information géoréférencée (Systèmes d'Informations Géographiques), qui autorisent aujourd'hui la réalisation de synthèses d'accès rapide, permettant aux décideurs de visualiser rapidement et de manière simple la totalité de l'information disponible.

Le mode de présentation retenu, sous GeoKiosk d'ESRI, permet en effet de visualiser l'essentiel de l'information à partir d'un nombre restreint de scénarios. L'apport de l'Inventaire, clairement identifié dans un scénario spécifique, est replacé dans le contexte minier et géologique métropolitain, visualisé dans deux couches complémentaires montrant, d'une part les principales mines actuelles ou passées (environ 200 sites), d'autre part les nombreux sites qui furent l'objet de travaux d'importance réduite (environ 3 600 points), permettant de visualiser les grands districts ou provinces minérales.

Les travaux de l'Inventaire ont concerné plusieurs milliers de sites, incluant des indices déjà connus et des anomalies nouvellement mises en évidence. **La centaine de sujets principaux, directement issus de l'Inventaire** et présentés à la profession minière ou développés dans ce cadre, fait par ailleurs l'objet de fiches descriptives synthétiques. **Au total, ce sont près de 4 000 sites miniers qui sont représentés** et pour lesquels une information synthétique est présentée par le biais de fenêtres d'affichage.

Cette synthèse s'adressant plus spécifiquement aux **substances concessibles** couvre l'ensemble des **minerais métalliques, les combustibles solides (charbon et lignite)** et deux minéraux industriels souvent en relation étroite avec les minerais métalliques, la **fluorine** (substance concessible) **et la barytine** (non concessible).

L'approche par substance est privilégiée dans un scénario spécifique : affichages sélectifs, fiches et cartes synthétiques permettant une vision rapide et actualisée d'une trentaine de substances (domaines d'utilisation, brefs rappels historiques, économiques et géologiques, principales sources françaises, apport de l'Inventaire en terme de potentiels).

Une bibliographie synthétique est également présentée, permettant l'accès éventuel aux documents relatifs à un sujet minier ou une substance particulière.

# *1. Contenu et structure du GeoKiosk*

La présentation sous GeoKiosk permet un accès facile et une bonne lisibilité de l'ensemble des données à partir d'un nombre réduit de scénarios ; les tris par substances ou par entités administratives (régions, départements, communes) permettent par ailleurs des approches thématiques simples.

Sur l'écran d'accueil, où apparaît sur un fond cartographique la répartition des principales mines et prospects issus ou non de l'Inventaire (environ 330 points), figurent deux groupes de touches d'accès :

- à droite, un groupe donnant accès à des informations d'ordre général : présentation d'ensemble, informations, utilisation et copyrights,
- à gauche, un groupe de cinq scénarios donnant accès aux données techniques via plusieurs menus qui seront détaillés par la suite.

## *1.1 Données d'ordre général*

- **Présentation** : cette présentation d'ensemble comprend une introduction générale relative au projet, suivie par une description du contenu et de la structure du GeoKiosk. Finalités, réalisations et principaux résultats de l'Inventaire sont résumés en quelques pages avant d'aborder un rappel historique du contexte de l'activité minière en métropole. Les substances présentées dans le cadre de cette synthèse sont abordées par grands groupes (les synthèses spécifiques par substance sont accessibles sous forme de fichiers images à partir d'un scénario spécifique),
- **Information** : dans cette rubrique figurent les caractéristiques techniques requises pour l'installation du produit (configuration minimum, etc.),
- **Utilisation** : cette rubrique précise les modalités d'utilisation du produit (navigation, etc.),
- **Copyrights** : l'élaboration du GeoKiosk a fait appel à plusieurs produits couverts par des copyrights : moteur de navigation (ESRI), fichier des communes (IGN), fond topographique détaillé (IGN), réseau routier et villes (MapInfo).

## *1.2 Structure du GeoKiosk*

Les **supports cartographiques** utilisés (géologiques, topographiques, administratifs) sont simples. Le système de projection utilisé est le système de projection de l'IGN, en Lambert 2 étendu. Les différentes couches présentées comportent :

- **un fond géologique simplifié** tiré de la carte minière de la France métropolitaine (Béziat P. et al., 1995), dans lequel sont identifiés huit principaux ensembles géologiques, et notamment les marqueurs importants dans l'histoire géologique et métallogénique de la France (Paléozoïque inférieur, Permo-carbonifère). Les traits structuraux majeurs à signification métallogénique régionale sont également représentés (ex : Sillon Houiller, cisaillements armoricains),

- **des fonds topographiques** (villes, réseau hydrographique), **administratifs** (régions, départements, communes) et **cartographiques** (découpage des feuilles à 1/50 000) ; deux fonds topographiques sont utilisés en fonction du niveau de zoom utilisé (le fond le plus détaillé correspondant à 1/250 000).

Dans les divers scénarios envisagés, une fenêtre permanente située en bas à gauche de l'écran permet d'obtenir en permanence des informations géographiques relatives au point matérialisé par la position du pointeur : coordonnées X et Y en système Lambert 2 étendu, coupure à 1/50 000 concernée, région, commune.

### ***1.3 Scénario 1 : travaux de l'Inventaire***

Ce scénario permet de visualiser l'emprise des zones couvertes par les travaux de l'Inventaire **en phase stratégique**, en identifiant :

- les **types de travaux** concernés : prospection **géochimique stratégique** (découpage des feuilles à 1/50 000 concernées puis semis de points aux niveaux ultimes de zoom), prospection **alluvionnaire**, prospection **géophysique**,
- les **opérateurs** : sont distinguées les zones de couverture systématique réalisées par le BRGM et les zones couvertes par la SNEA (P) dans le cadre de ses activités de prospection minière (résultats remis au Comité de l'Inventaire en 1988).

Les fonds sur lesquels s'effectue l'affichage comprennent géologie simplifiée, réseau routier et villes principales, découpages administratifs. Les limites des communes n'apparaissent qu'aux niveaux ultimes de zoom.

On notera qu'en ce qui concerne les travaux de **prospection en phase tactique** (plusieurs milliers de zones étudiées), l'ampleur des travaux réalisés, leur complexité et l'hétérogénéité des données n'ont pas permis d'envisager une représentation exhaustive dans le cadre de ce projet.

**Les différents menus inclus dans ce scénario proposent :**

- **information** : ce menu permet d'obtenir des détails sur (i) une **feuille à 1/50 000** : n° de la feuille, nom, état d'avancement de la cartographie géologique, nature des travaux réalisés dans le cadre de l'Inventaire; (ii) sur un polygone couvert par la prospection géophysique (nom de l'étude, année, méthode),
- **localisation** : à partir de listes alphabétiques, ce menu permet de localiser automatiquement par déplacement du pointeur : (i) une entité administrative (une région, un département, une commune) ou (ii) une entité cartographique suivant le découpage IGN à 1/50 000 (recherche d'une carte géologique par nom ou par numéro),
- **contrôle de l'affichage** : cette fonction permet d'afficher ou non (i) les limites de communes (affichage possible uniquement si la barre d'échelle équivaut à moins de 10 km) ; (ii) le découpage IGN des cartes à 1/50 000,

- **légende générale** : cette fonction affiche la légende du fond géologique simplifié utilisé ainsi que la symbologie utilisée pour les éléments topographiques (réseau hydrographique, villes, réseau routier, limites administratives),
- **impression d'écran** : permet des impressions papier de l'écran en cours de visualisation,
- **retour page d'accueil** : ramène à l'écran d'accueil.

## ***1.4 Scénario 2 : présentation des sujets issus de l'Inventaire***

La centaine de sujets miniers amenés au stade le plus aval (présentés après avis du Comité de l'Inventaire aux opérateurs miniers), découverts ou valorisés dans le cadre de l'Inventaire, sont représentés seuls dans ce scénario.

La **légende substances** comporte les huit groupes (Au, Pb-Zn, Sn, W, Mo, Sb, Cha, Ba-F) correspondant aux substances principales définies pour chaque sujet, affectées des couleurs conventionnelles généralement en usage. Cette légende est un sous-ensemble de la légende générale en dix-sept groupes, présentée dans le scénario suivant.

Les sujets Inventaire sont classés en trois catégories représentées par des symboles de tailles distinctes. Ces catégories sont établies de manière plus floue que pour les mines, dans la mesure où les données chiffrées concernant les évaluations de réserves/ressources sont le plus souvent manquantes. Les critères de définition des trois catégories correspondent donc plutôt à la fois à une notion de taille et d'avancement du projet vers l'aval : en taille 1 : prospects dont les résultats d'exploration ont donné des résultats significatifs, mais à ressources non reconnues ; en taille 2 : projets à ressources identifiées par des travaux importants d'exploration et évaluation (ex : Fumade) ; en taille 3 : grands projets miniers, à réserves connues et étude économique réalisée (ex : Chessy). L'affichage des symboles seuls aux premiers niveaux de zoom s'accompagne, aux niveaux plus détaillés, de l'affichage d'étiquettes portant le nom des sites en écriture jaune sur fond noir.

**Les différents menus** de ce scénario comportent :

- **consulter un dossier** : ce menu renvoie à des fiches synthétiques décrivant les principales caractéristiques des sujets issus de l'Inventaire (fichiers .pdf, lisibles via Adobe Acrobat Reader). La vingtaine de sujets majeurs a fait l'objet de fiches plus détaillées en deux ou trois pages comportant des illustrations (cartes, coupes, etc.). Les autres sujets sont présentés via des fiches simplifiées. L'accès aux fiches se fait par appel dans une liste alphabétique,
- **affichage sélectif des substances** : ce menu permet de visualiser sélectivement les sujets caractérisés par une **substance principale prédéfinie** (toutes substances, Au, Pb-Zn, Sn, W, Mo, Be-Li, Sb, Cha (charbon), Ba-F (barytine-fluorine). A titre d'exemple, pour Chessy, amas polymétallique à Zn-Cu-Ba, le zinc a été défini comme substance principale ; ce projet apparaîtra dans une requête «zinc» mais ne pourra pas apparaître dans une sélection Cu ou Ba (cette limitation a été contournée dans les cartes synthétiques présentées par substance, où l'on a conservé la représentation des sites contenant la substance traitée même quand elle apparaît en tant que connexe). L'affichage sélectif disparaît pour redevenir global aux ultimes niveaux de zoom (barre d'échelle inférieure à 20 km),

- **information** sur un sujet issu de l'Inventaire : l'ouverture de ce menu permet d'afficher automatiquement une fenêtre d'information relative à tout site situé sous le pointeur, de structure très similaire à celle qui sera présentée pour les mines principales (voir scénario suivant). Les rubriques renseignées sont : **Nom(s)**, **District** (au sens gîtologique), **Substances** (principale et connexes), **Production(s)** (exprimée(s) en tonnage métal ou substance et teneur correspondante du minerai), **Réserves-ressources** (comme précédemment, non différenciées sauf cas particulier ; dans le cas d'anciennes mines, le chiffre représente les réserves-ressources résiduelles en terre, le total production + réserves-ressources représentant le potentiel métal ou substance global du gîte), **Statut** (état actuel du gîte : ancienne mine, prospect, etc.), **Type d'exploitation** (ST : souterrain, CO : ciel ouvert, NE : non exploité), **Période d'activité** (production), **Titulaire du titre minier** (dans la plupart des cas, société bénéficiaire du PER attribué après présentation du sujet à la profession minière), **Situation 2001** (PER en cours de validité, expiré, etc.), **Typologie** (au sens gîtologique, grande catégorie de gisement à laquelle est réputé appartenir le sujet), **Morphologie** (géométrie du corps minéralisé). Enfin, l'**indice BSS** permet d'établir le lien avec le Fichier des gîtes minéraux de la Banque de données du Sous-Sol,
- **localisation** : comme dans le scénario précédent, ce menu permet, à partir de listes alphabétiques, de localiser automatiquement : (i) un sujet issu de l'Inventaire, (ii) une entité administrative (région, département, commune) ou (iii) une entité cartographique définie selon le découpage IGN à 1/50 000 (recherche d'une carte géologique par nom ou par numéro),
- **contrôle de l'affichage** donne le choix comme dans le scénario précédent de l'affichage ou non des limites de communes et du découpage à 1/50 000 IGN,
- **légendes** : ce menu permet de visualiser comme précédemment la légende du fond géologique simplifié et la symbologie utilisée pour les éléments topographiques,
- une autre fenêtre présente la symbologie utilisée dans tous les scénarios pour les représentations cartographiques thématiques ou globales : ensemble des substances principales considérées (17 groupes), couleurs, classes de taille, représentation des objets présentés dans les différents scénarios (scénario 2 : sujets issus de l'Inventaire ; scénario 3 : principales mines et prospects hors Inventaire ; scénario 4 : présentation globale incluant les objets précédents plus une couverture de petits gîtes issus de la BSS). Les sujets issus de l'Inventaire et les autres sites minéralisés (mines, projets, petits gîtes) ont en effet fait l'objet d'une représentation homogène afin de permettre une lisibilité rapide et une vision synthétique par thème (substance, taille, etc.). Dans cette légende commune, ont été représentés :
  - tous les **minerais métalliques**, incluant l'uranium (principaux gisements issus de la carte minière de la France métropolitaine, cette substance ne faisant cependant pas partie des minerais recensés par l'Inventaire minier du territoire national),
  - les **combustibles minéraux solides** (charbons s.l, lignites, revus dans le cadre de l'Inventaire charbon),
  - **fluorine et barytine** (minéraux industriels recensés dans le cadre de l'Inventaire),
- **la couleur du symbole** définit la nature de la substance principale ou du groupe de substances caractérisant le gîte : 17 groupes ont été définis. Dans le cas d'associations à substances multiples (gisements polymétalliques), l'ambiguïté est levée lors de l'affichage des attributs propres au gîte (affichage de la substance principale et de l'ensemble des substances).

## 1.5 Scénario 3 : représentation des mines principales et principaux projets hors Inventaire

Parallèlement à la présentation des résultats principaux de l’Inventaire, il a paru utile de rappeler les caractéristiques et la répartition des principales mines françaises (anciennes ou actuelles) ainsi que des principaux projets issus de travaux hors Inventaire (exemple : gîtes stratiformes à fluorine-barytine du pourtour du Morvan).

Cette présentation est donc globalement équivalente (hors matériaux de carrière, pétrole et gaz) à la carte minière de la France de 1995, actualisée. Elle comporte environ 220 sites ponctuels qui peuvent faire l’objet de tris par substance principale et d’informations détaillées par des fenêtres spécifiques (voir menus ci-après).

Les symboles utilisés permettent de distinguer les sites productifs (mines actuelles ou passées) et les projets ou prospects (n’ayant pas été le siège de productions). Le nom des sites apparaît sous forme d’étiquette à écritures jaunes sur fond rouge à partir d’un niveau de zoom suffisant (barre d’échelle inférieure à 20 km).

Pour certaines substances (charbon, fer), dont les centres d’extraction sont très nombreux et groupés, il a paru préférable de représenter les bassins producteurs par une enveloppe (polygone) de couleur correspondant à la substance exploitée.

Le tableau ci-dessous définit pour chaque substance les limites de classes de taille retenues. Il est issu de la Carte Minière de la France Métropolitaine (1995). Le métal ou la substance correspond au tonnage cumulé contenu dans le minerai exploité et dans les ressources connues du gisement.

Substances	Unités	Taille 3	Taille 2	Taille 1
U	kt métal	> 10	10 – 2	2 – 0,5
Au	t métal	> 20	20 - 5	0,5 - 5
Zn, Pb	kt métal (Zn+Pb)	> 400	400 - 100	100 - 20
Cu	kt métal	> 200	200 - 50	50 - 2
Fe	Mt minerai	> 100	100 - 10	10 - 1
Al	Mt bauxite	> 10	10 - 2	2 – 0,5
Sn, W	kt métal	> 10	10 - 5	5 - 1
Mn	Mt minerai	> 10	10 - 1	1 - 0,1
Sb	kt métal	> 20	20 - 5	5 - 2
Pyr	Mt minerai	> 20	20 - 2	2 – 0,5
Cha, Lign	Mt minerai	> 500	500 - 50	50 - 5
F, Ba	kt CaF <sub>2</sub> / BaSO <sub>4</sub>	> 1000	1000 - 300	300 - 100

Tabl. 1 : Classement des gisements par taille économique (d’après Béziat P. et al., 1995)

### Menus figurant dans ce scénario :

- **affichage sélectif des substances** : ce menu permet de n’afficher que les sites retenus par une **substance principale** prédéfinie, de la même manière et avec les mêmes restrictions que pour les sujets issus de l’Inventaire (voir scénario 2),

- **information** : comme pour le scénario précédent, ce menu permet d'ouvrir une fenêtre de renseignements sur un objet ponctuel (mine, projet) ou un bassin minier, de structure très voisine de celle des sujets issus de l'Inventaire, avec les attributs suivants : **Nom(s)**, **District** (au sens gîtologique), **Substances** (principale et connexes), **Production(s)** (exprimée(s) en tonnage métal ou substance et teneur correspondante du minerai), **Réserves-ressources** (comme précédemment, non différenciées sauf cas particulier ; dans le cas d'anciennes mines, le chiffre représente les réserves-ressources résiduelles en terre, le total production + réserves-ressources représentant le potentiel métal ou substance global du gîte), **Statut** (état actuel du gîte : ancienne mine, prospect, etc.), **Type d'exploitation** (ST : souterrain, CO : ciel ouvert, NE : non exploité), **Période d'activité** (production), **Titulaire du titre minier** (propriétaire ou exploitant), **Typologie** (au sens gîtologique, grande catégorie de gisement à laquelle est rapporté le gisement), **Morphologie** (géométrie du corps minéralisé). Enfin, **l'indice BSS** permet d'établir le lien avec le Fichier des gîtes minéraux de la Banque de données du Sous-Sol.

Les menus suivants : **Localisation**, **Contrôle de l'affichage** et **Légendes** présentent les mêmes fonctions et caractéristiques que précédemment.

## ***1.6 Scénario 4 : présentation globale***

Dans ce scénario, les principales découvertes ou développements réalisés dans le cadre de l'Inventaire (scénario 2) sont replacés dans leur environnement gîtologique local et régional (provinces, districts). Ce contexte est matérialisé par deux couches complémentaires conduisant à près de 4 000 gisements et gîtes représentés :

- les principales mines et projets miniers connus ou mis en évidence antérieurement à l'Inventaire (bassins, districts et mines historiques, issus de la Carte Minière de la France métropolitaine, 1995, complétée et actualisée). Cette couche représente 225 points et aires, toutes substances précédemment citées confondues (scénario 3),
- les gisements, gîtes et indices de moindre importance, issus d'une extraction du fichier de la Banque des Données du Sous-Sol (gîtes apparaissant dans le champ «exploitation» de la base BSS). Cette couche représente environ 3 600 points.
- **l'importance économique** du site est définie comme précédemment par la taille du symbole. Les principales mines et projets conservent la répartition en trois classes de taille, telles que définies dans la carte minière de 1995. L'attribution à une classe est basée sur la somme des productions cumulées et des réserves-ressources. Les gîtes de moindre importance (petites mines, vieux travaux) issus du fichier BSS, manquant généralement de données chiffrées, ont été classés en taille 0 et représentés de manière unique par un symbole particulier de petite taille (losange).

Les menus **Consulter un dossier** (sujets Inventaire), **Affichage sélectif des substances**, **Contrôle de l'affichage** et **Légende** sont identiques à ceux des scénarios précédents.

Le menu **Information**, plus complet que dans les scénarios déjà décrits, permet l'ouverture de fenêtres d'information sélectives comme précédemment (sujets Inventaire : scénario 2, mine ou bassin minier : scénario 3), mais également d'accéder (option indice) à une information minimum concernant les 3600 points de gîtes issus du fichier BSS, avec les rubriques suivantes : **Nom**, **District**, **Substances**, **Statut**, **Type gîtologique**, **Morphologie**, **Indice BSS**.

L'option tous symboles, combinant les options précédentes permet par exemple de «balayer» un district tout en obtenant une information en chaque point, quelle que soit sa nature.



## ***1.7 Scénario 5 : synthèses par substance***

Ce scénario permet d'accéder à de brèves synthèses thématiques organisées par substance ou groupe de substances d'affinités voisines. Chaque chapitre, présenté sous forme de fichiers image, inclut :

- **un texte de synthèse** comportant des données d'ordre général (rappel historique sur l'activité minière concernant la substance considérée, grands domaines d'utilisation, principaux producteurs mondiaux actuels, et types de gisements majeurs) et les principaux éléments économiques et géologiques à l'échelle nationale (répartition géographique et grands types de gîtes, productions et principaux sites de production, identification des réserves-ressources avec une mention particulière ayant trait aux apports spécifiques de l'Inventaire),
- **une carte synthétique** illustrant la répartition des gisements, gîtes et prospects comportant la substance considérée, soit en tant que substance principale, soit en tant que substance connexe (extrait du fichier global d'environ 4 000 gîtes mis en oeuvre dans le scénario 4). L' image obtenue est plus complète que celle obtenue à l'écran par sélection sur la substance principale nécessairement prédéfinie (scénario 4), dans la mesure où apparaissent les gîtes comportant la substance en tant qu'accessoire. On notera que les gîtes sont toujours représentés avec la symbologie (nature du symbole, taille) définie par la substance principale (dans les chapitres cuivre et barytine par exemple, l'amas à Zn-Cu-Ba de Chessy apparaîtra sur les cartes thématiques sous la symbologie d'un gîte zincifère de taille importante, Zn ayant été défini comme substance principale);
- **un tableau** résumant les caractéristiques principales des gisements, gîtes et prospects présentant la substance considérée (district, productions, réserves-ressources, statut, période d'activité, typologie simplifiée). Les gîtes sont classés en priorité par ordre de productions décroissantes (mines actives et anciennes mines), puis en l'absence de productions (prospects) par ordre de réserves-ressources décroissant et enfin par ordre alphabétique en l'absence de données. Les sujets issus de l'Inventaire ou valorisés dans ce cadre sont représentés en caractère gras et italique.

## *2. L'activité minière française et l'apport de l'Inventaire*

### *2.1. Rappel historique sur l'activité minière métropolitaine*

Les métaux natifs et ductiles ont été les premiers utilisés par l'homme : le **cuivre** dès le VIII<sup>e</sup> millénaire avant J.C., puis l' **or** à partir du Ve millénaire. A partir de 3 500 ans avant J.C, la fonte de ces métaux puis le traitement thermique des minerais vont permettre l'usage des alliages, en particulier du bronze (Cu-Sn et Cu - As) puis du fer vers 1 500 avant J.C.

La France a une tradition minière très ancienne : des vestiges d'exploitations antiques de cassitérite (minerai d'**étain**) sont connus près des côtes, en divers points de Bretagne et des Pays de Loire (Langonnet, Abbaretz) puis plus tard, plus à l'intérieur des terres (Montebras). La métallurgie du **fer** apparaît en Europe occidentale peu après la fin du premier millénaire avant J.C. et des vestiges d'exploitation et de traitement sont connus en France dès 700 avant J.C.

Du Ve au 1<sup>er</sup> siècle avant J.C., les Celtes occidentaux acquièrent une maîtrise avancée de l'exploitation (à ciel ouvert puis souterraine) et du traitement des minerais ("aurières" et "stannières" du Limousin et de Bretagne) : on estime que 500 t d'or sont produites au cours de cette période (- 1 200 à -50 ans), soit en moyenne plus de 400 kg par an.

La période gallo-romaine marque le développement des exploitations de **plomb et d'argent**, presque toujours associés dans les minerais : la consommation du plomb par les grands bâtisseurs romains fut importante et des travaux miniers se développèrent à cette époque dans toute la France (Pierrefitte, Les Bormettes, etc.). La paix, favorisant les transports et le commerce, amena le développement et une diversification de l'activité minière : exploitations du cuivre par grillage de la pyrite à Sain-Bel, dans l'Est de la France (Sainte-Marie-aux-Mines, Saint-Avold), dans les Pyrénées (Banca, Baigory) et dans les bassins permien du Sud de la France (Brive, Saint-Affrique). Les minerais de fer furent aussi largement utilisés (Pyrénées, Montagne Noire, etc.).

Après le démantèlement de l'Empire romain et les invasions, il faut attendre la fin du 1<sup>er</sup> millénaire pour retrouver des traces de relance de l'activité dans l'Est de la France (Sainte-Marie-aux-Mines), sous l'influence des traditions minières d'Europe centrale (Harz, Bohême). Pour la fabrication de la fonte, on commence à utiliser le **charbon** dès les XIII<sup>e</sup> et XIV<sup>e</sup> siècles dans le bassin de Saint-Etienne, puis en Sarre et Lorraine.

L'époque de la Renaissance jusqu'au XVII<sup>e</sup> siècle n'apparaît pas comme une période de grande exploration minière en France (il en va tout à fait différemment dans les pays germaniques), peut-être en raison de la concurrence des métaux précieux en provenance du Nouveau Monde, récemment découvert.

Lors de la révolution industrielle des XVIII<sup>e</sup> et XIX<sup>e</sup> siècles, l'activité minière progresse de façon considérable en France comme dans le reste de l'Europe. L'exploitation du bassin charbonnier de Saint-Etienne s'accélère, le bassin du Nord est découvert en 1714. Durant ces deux siècles, le progrès des connaissances et de la technologie va se traduire par un passage de l'activité artisanale à l'activité industrielle, avec une augmentation considérable des tonnages extraits et une grande diversification des produits de l'activité minière :

- durant la première moitié du XIXe siècle, se développent les premières mines de **lignite** et de **schistes bitumineux** (Autun) et de nouveaux minerais apparaissent : **tungstène** (Monts de Blond), **manganèse** (Romanèche), **zinc**, puis un peu plus tard **pyrite**, **antimoine**, **talç**, **phosphate**,
- la découverte des procédés Bessemer (1856) pour l'acier et Thomas (1878) pour la déphosphoration de la fonte dérivée du minerai de fer lorrain permet un essor considérable de la production minière et des aciéries,
- à partir de 1880, les recherches et petites exploitations de substances diverses se multiplient en Métropole comme dans les "colonies". Beaucoup d'entre elles péricliteront au cours de la première guerre mondiale (1914 – 1918), ou pendant la "crise" de 1928 – 1933.

L'**aluminium** fut produit très tôt en France suite aux découvertes de Sainte-Claire Deville et des métallurgistes Héroult et Hall en 1886 (électro-métallurgie). Le métal pouvait alors être obtenu industriellement à partir de son minerai principal, la bauxite, exploitée dès 1885. La **fluorine**, fondant utilisé dans la métallurgie de l'aluminium fut dès lors recherchée et exploitée activement. L' aluminium restera cependant un métal onéreux jusqu'au début du XXe siècle (vers 1865, il était plus coûteux que le platine !).

L'histoire minière française du XXe siècle a été marquée par les deux guerres mondiales, l'histoire coloniale, la mondialisation progressive des échanges et les rapports évolutifs entre politique et économie. On peut souligner au cours de cette période :

- l'augmentation constante de la taille des exploitations minières, couplée à une diminution parfois très forte du nombre de mines productives et à un abaissement des teneurs, dûs aux progrès technologiques et à l'adaptation à la concurrence internationale,
- un ralentissement des activités en métropole durant la première moitié du siècle, par les influences combinées des deux guerres mondiales, de l'attention prioritaire donnée au domaine colonial – ou international pour les sociétés exploitantes - et de la crise économique de 1929,
- un nouvel essor de l'industrie extractive après la deuxième guerre mondiale, grâce à l'apparition de nouveaux produits énergétiques (combustibles liquides et gazeux, **uranium**) et à l'exploitation plus active des minerais métalliques et de nombreux minéraux industriels.

Depuis la seconde guerre mondiale, on note principalement :

- juste après la guerre, le formidable effort national entrepris pour diminuer la dépendance énergétique de la France: parallèlement à la mise en chantier de nombreux barrages hydroélectriques, il faut signaler l'augmentation rapide de la production de charbon, qui atteignit le record de 60 Mt (charbon + lignite) en 1958 ; les efforts d'exploration pétrolière, avec les découvertes du pétrole de Parentis (1954) et du gaz de "Lacq profond" (1951-57); les débuts de l'exploration et les premières exploitations d'uranium dans le Forez (1946). Ce furent les résultats d'une "volonté politique", qui a obligé à créer des procédés de recherche et d'exploitation plus modernes pour franchir une crise,
- pour les mines métalliques, la constitution d'équipes d'exploration performantes appuyées par le développement des techniques géochimiques, géophysiques et analytiques. Les découvertes et mises en exploitation de **Saint-Renan** (Sn, 1957), **Largentière** (Pb-Zn-Ag, 1958), **Saint-Salvy** (Zn-Cd-Ge, 1964), **Salau** (W, 1970), **Chaillac** (barytine), **Les Farges** (Pb, Ag, Ba) furent des succès révélateurs du dynamisme des "trente glorieuses". En 1964 fut mis en place le "plan cuivre".

En 1973, le premier choc pétrolier mit en lumière la vulnérabilité de la France dans le domaine non seulement de l'énergie mais aussi dans celui des matières premières minérales. Les pouvoirs publics décidèrent alors d'entreprendre l'**Inventaire des ressources minières du territoire métropolitain**, gros effort d'exploration systématique qui fut réalisé de 1975 à 1992.

Le second choc pétrolier en 1979 et la flambée parallèle du prix de l'or (cours record de 850 \$ l'once en janvier 1980) provoquèrent un rush d'exploration généralisé sur ce métal au début des années 1980.

Depuis les vingt dernières années, l'activité minière française a subi un déclin inexorable induit par la mondialisation croissante des échanges, la chute des cours des métaux et le poids croissant des contraintes environnementales. Ce déclin qui s'est accéléré depuis 1990 s'est marqué par :

- la diminution progressive ou la disparition des grosses productions (gaz, charbon, fer, bauxite, potasse),
- la fermeture de nombreuses mines, dûe à la chute des cours et/ou l'épuisement des réserves (Salau, Largentière, Les Malines, charbon du Nord, mines d'uranium, bauxite),
- l'arrêt progressif des productions minières métalliques métropolitaines (Pb et Al en 1992, Zn en 1994, Fe en 2000, Au et U en 2001),
- la programmation à court terme de l'arrêt de toute activité extractive (hors roches et minéraux industriels) dans les quelques années à venir (charbon, lignite, etc.).

Dans le domaine de la mine métallique, seul l'or, qui a bénéficié de cours soutenus et de la relance des efforts d'exploration des années 1980, n'a pas suivi la même évolution. Le métal a même atteint de nouveaux records de production en 1995 (5,931 t d'or produites sur le territoire métropolitain). La mine de Laurières a fermé mi 2001 et seule subsiste actuellement une activité réduite à Salsigne (11).

Hormis les matériaux de carrière, l'industrie extractive en France au début du troisième millénaire n'est plus représentée que par quelques rares exploitations en fin de vie (charbon, lignite, fluorine, barytine) et par une exception : la carrière de talc de Trimouns (09) dont les réserves sont considérables et la production très demandée sur le marché intérieur et à l'exportation (gisement détenu par une filiale du groupe britannique Rio Tinto).

Le tableau 2 ci-dessous résume les principales productions et ressources métropolitaines dans le domaine des substances concessibles.

Substances	Unité	Production cumulée (fin 1999)		Année record		Ressources	
		Production	Période	Production	Année	Réserves	Potentiel
<b>Minerais métalliques</b>							
Uranium	kg de métal	78273	1946 - 1999	3389	1987	nd	25000
Or	kg de métal	185,6	1900 - 1999	5,931	1995	nd	nd
Argent	kg de métal	5014	1800 - 1999	93,4	1977	nd	2000
Zinc	kt de métal	2350	1837 - 1993	42	1977	nd	2850
Plomb	kt de métal	1800	1800 - 1991	32,5	1978	nd	1000
Cuivre	kt de métal	70	-1988	1,6	1988	nd	300
Fer	Mt de minerai	4000	1750 - 1999	66,9	1960		2500
Aluminium	Mt de bauxite	101	1885 - 1991	3,4	1972	45	350
Etain	kg de métal	11800	1813 - 1986	453	1970	nd	50000
Manganèse	kt de minerai	875	1830 - 1949	38,9	1898	-	160
Tungstène	kg de WO3	26600	1812 - 1986	1409	1986	nd	75000
Antimoine	kg de métal	130	1860 - 1991	50	1908	nd	26
Bismuth	kg de métal	1700	1950 - 1980	100	1976	nd	3500
Arsenic	kg de métal	300	-1984	5,9	1982	nd	250
Cadmium	kg de métal	1600	-1993	139	1993	nd	nd
Germanium	kg de métal	400	1975 - 1993			nd	nd
<b>Combustibles minéraux</b>							
Charbon	Mt de charbon	4740	1714 - 1999	57,7	1958	178	1400
Lignite	Mt de lignite	166	1714 - 1999	3,17	1975	32	300
<b>Minéraux industriels</b>							
Fluorine	Mt de CaF2 contenu	10,99	1861 - 1999	0,37	1972	nd	10
Barytine	Mt de BaSO4 contenu	6,46	1896 - 1999	0,236	1980	nd	8,5

**Tabl. 2 : Productions et ressources métropolitaines  
(d'après Béziat et al., 1995), actualisées à fin 1999**

## ***2.2. L'Inventaire minier métropolitain : finalités, réalisations, principaux résultats***

L'Inventaire minier de la métropole a été lancé par le Gouvernement après le premier choc pétrolier, en un moment où les problèmes d'approvisionnement en matières premières de notre économie se présentaient sous une forme aiguë.

Un conseil interministériel restreint décidait le 21 janvier 1975 de financer un plan quinquennal d'**Inventaire des ressources minérales non énergétiques** du sous-sol français.

Cette opération visait à une relance de l'activité minière, via la meilleure connaissance possible du sous-sol français, à partir d'une double orientation :

- approfondir la connaissance des provinces minérales déjà connues pour y rechercher des gisements cachés grâce à de nouvelles méthodes de prospection indirectes,
- entreprendre une prospection systématique du territoire, surtout à base de géochimie multiéléments, de façon à mettre en évidence de nouvelles répartitions anormales indicatrices de concentrations originales.

Les travaux furent confiés au BRGM dans le cadre de sa mission de service public, sous le contrôle d'un Comité permanent donnant son avis au Ministre de l'Industrie sur les programmes, la diffusion des résultats, les règles régissant les relations de l'Inventaire et les titulaires de titres miniers, et enfin le développement aval des recherches suscitées par cet effort de l'Etat.

Un second plan quinquennal a suivi en 1980, puis à partir de 1985, l'Inventaire s'est poursuivi par reconduction annuelle jusqu'en 1992, année marquant la fin des opérations et la fermeture programmée des trois divisions minières du BRGM qui eurent lieu en 1993. Les moyens alloués à l'Inventaire, progressivement augmentés de 1975 à 1982 et maintenus à un niveau élevé jusqu'en 1985, ont été en diminution depuis cette date jusqu'en 1992, année des derniers travaux de terrain.

En octobre 1980, en outre, un arrêté ministériel a chargé le Comité de l'Inventaire et le BRGM d'un **inventaire charbonnier**, financé sur crédits spéciaux. Cet inventaire a cessé fin 1985.

A la demande de certaines collectivités locales, quelques crédits ont aussi été affectés à la recherche de matériaux non concessibles (granite breton, attapulgites et bentonites du Bassin parisien et des bassins tertiaires de Bretagne, argiles du Poitou-Charentes, marbres des Pyrénées), avec une participation des établissements publics régionaux, en principe égale à celle de l'Etat.

Hors territoire métropolitain, il faut signaler la décision prise en 1975 de lancer un inventaire des indices miniers du département de la Guyane. La Nouvelle-Calédonie a été incorporée dans l'Inventaire national en 1980.

### **2.2.1 Finalités et méthodes de l'Inventaire**

Le cursus allant de la prospection à la mise en exploitation d'un gisement comporte schématiquement quatre phases :

- collecte d'anomalies ( dite phase « stratégique »),
- dépistage et sélection, entre celles-ci, des anomalies susceptibles de correspondre à un gîte minéral (dite phase « tactique »),

- réalisation des travaux nécessaires (tranchées, sondages, travaux miniers) pour déterminer l'intérêt économique et la faisabilité ou non du gîte, dans le cadre d'un permis exclusif de recherche (PER),
- mise en exploitation, sous couvert d'un permis d'exploitation (PEX) ou d'une concession.

Dans le but de relancer la recherche minière en France, l'Inventaire devait se charger de générer des sujets nouveaux par la réalisation des deux premières phases, sur financement d'Etat : les résultats acquis à l'issue de la seconde phase étaient alors mis dans le domaine public et à la disposition des opérateurs miniers français ou étrangers intéressés, les arbitrages éventuels étant réglés par l'Etat, conformément aux règles du droit français.

Les autres finalités de l'Inventaire étaient la constitution d'un répertoire des gisements et des indices minéraux et l'évaluation, pour les substances principales, des réserves et ressources du pays.

Les massifs anciens (massifs cristallins, formations protérozoïques et paléozoïques) et leur couverture sédimentaire immédiate furent retenus comme secteurs prioritaires pour l'exploration systématique. La surface à couvrir correspondante représentait les 2/5 de la superficie du territoire métropolitain, soit environ 200 000 km<sup>2</sup>.

L'outil de base choisi fut la prospection géochimique, d'abord en sédiments de ruisseau (« stream sediment »), couplée avec la prospection alluvionnaire en phase stratégique, puis en sol et/ou roche en phase tactique. A tous les stades, l'accent fut mis sur la mise en évidence d'anomalies significatives directement liées à une minéralisation. Cartographie et prospection marteau ont été mises en œuvre parallèlement à cette méthode indirecte.

La géophysique fut parfois appelée à intervenir dès le stade stratégique (électromagnétisme hélicoptère en 1982-83), mais beaucoup plus fréquemment en phase tactique (méthodes électriques et électromagnétiques, magnétisme, gravimétrie).

A ce stade, des travaux de subsurface de plus en plus focalisés étaient mis en œuvre (décapages, tranchées, sondages à la tarière, sondages destructifs et sondages carottés, travaux miniers de reconnaissance et exploitations pilotes en stade ultime). A chaque phase de la recherche intervenait une évaluation critique des résultats et des méthodes et une sélection rigoureuse des sujets.

Des travaux de synthèse et de réflexion prospective ont été menés parallèlement aux travaux de terrain, dans le but d'optimiser les moyens mis en œuvre :

- synthèses régionales et/ou thématiques aboutissant à la sélection de zones d'intérêt, classées par ordre de priorité et à des propositions de travaux. Ces synthèses s'accompagnaient de réflexions géologiques et d'évaluations critiques des méthodes de prospection,
- réflexions pour la recherche de gîtes cachés profonds (amas sulfurés, gisements de couverture, minéralisations aurifères), alimentées en partie par les synthèses.

## 2.2.2 Statistiques - réalisations

Une image des travaux réalisés à l'échelle nationale est présentée dans le premier scénario du GeoKiosk.

### *Travaux réalisés par le BRGM*

Les résultats disponibles par feuilles à 1/50 000 couvertes en **prospection stratégique** (545 km<sup>2</sup> par feuille) s'établissaient fin 1992 à **271 feuilles** réparties sur six régions sélectionnées : Vendée-

Bretagne (52 feuilles), Vosges-Ardennes (20 feuilles), Massif central (95 feuilles), Sud Massif central et Pyrénées (70 feuilles), Alpes (27 feuilles) et Corse (7 feuilles), soit **147 700 km<sup>2</sup>**.

L'effort de prospection régionale réalisé porte sur la collecte de **321 000 prélèvements géochimiques ("stream sediments")**, **153 000 prélèvements alluvionnaires** et **105 000 prélèvements hydrogéochimiques**. Le traitement des données analytiques a généré près de **1 500 anomalies** significatives inédites, mono ou polymétalliques, abstraction faite des contaminations anthropiques ou dûes à d'anciens travaux.

En phase tactique, **283 000 échantillons complémentaires** ont été prélevés sur ces 1 500 anomalies. Ces travaux tactiques ont comporté la réalisation de **25 000 m de tranchées et terrassements**, **443 000 m de sondages percutants**, **121 000 m de sondages carottés** et **plus de 1 000 m de galeries**.

### ***Travaux SNEA (P)***

Une activité de prospection minière développée entre les années 1970 et 1986 dans le cadre de la S.N.P.A, puis du groupe Elf Aquitaine a impliqué la mise en œuvre des méthodes géochimiques classiques de prospection. Au total, plus de 140 000 échantillons ont fait l'objet d'analyses multiélémentaires (10 éléments ou plus). Une majorité d'entre eux, portant sur des régions pour lesquelles SNEA (P) n'avait plus d'intérêts miniers a été **communiquée en 1988 au Comité de l'Inventaire** (échantillons de sédiments de ruisseau de campagnes stratégiques et sols de campagnes tactiques).

Le total communiqué au Comité de l'Inventaire s'élève à environ **109 300 analyses** géoréférencées, réparties sur une centaine de feuilles à 1/50 000 couvertes intégralement ou de manière partielle (voir GeoKiosk). La répartition de ces travaux par grandes régions s'établit comme suit :

- Bretagne : 14 000 ech.,
- Basse - Normandie : 27 200 ech.,
- Centre-Ouest, Pays de-la-Loire, Vendée : 9 000 ech.,
- Massif central et bordures : 8 100 ech.,
- Beaujolais : 16 800 ech.,
- Pyrénées : 20 400 ech.,
- Nord-Est (Vosges, Alsace, Haute-Saône) : 8 700 ech.,
- Divers : 4 200 ech.

### **2.2.3 Résultats principaux**

On peut remarquer très globalement que les résultats les plus inédits ont été obtenus dans les régions à forte couverture pédologique telles le Massif armoricain, par comparaison avec les régions à sols résiduels du Sud - Ouest ou de la Corse, où de nombreux indices avaient déjà été repérés à vue. Cette observation souligne l'efficacité des méthodes géochimiques, dont le BRGM fut un des promoteurs.

Les thématiques initiales de recherche ont été nombreuses et variées, ciblées à partir des spécificités régionales déjà connues au démarrage de l'Inventaire. On peut citer :

- dans le Sud-Est : les **bauxites**, ayant fait l'objet d'un inventaire spécifique,
- en Corse : les **minéralisations polymétalliques à métaux de base** associées aux granites et à la série volcano-sédimentaire du Monte Cinto,
- en Cévennes et Montagne Noire : les grandes zones broyées tardi-hercyniennes à **minéralisations filoniennes Zn-Pb-Ag** (type Saint-Salvy), les **structures alpines à fluorine** (type Montroc), les **minéralisations stratiformes de couverture à Zn-Pb-Ba**, type Largentière ou Les Malines, les



**minéralisations W-Sn de « départ acide »**, en relation avec des coupoles granitiques (Montredon),

- dans les Pyrénées : les **minéralisations stratiformes exhalatives – sédimentaires (Sedex) Zn-Pb-Ba** liées au paléozoïque, les **skarns à tungstène** périgranitiques (Salau),
- dans le Massif central : les **minéralisations aurifères discordantes** (Saint-Yrieix), les **minéralisations filoniennes à plomb-zinc** (Corrèze, Haute-Loire, Lot), la **barytine filonienne** dans le socle **ou stratiforme** dans la couverture (Morvan, Marche), la **fluorine filonienne** (Morvan, Nord-Forez, Combrailles, Haute-Loire), les **minéralisations à étain – tungstène** associées à des granitoïdes (Châtaigneraie, Monts de Blond), les minéralisations associées à des **coupoles granitiques spécialisées** type Echassières (Sn, Li, Ta-Nb), les **amas sulfurés** liés aux ceintures volcano-sédimentaires dévono-dinantiennes (Sain-Bel),
- dans le Massif armoricain : les **minéralisations aurifères et/ou antimonifères discordantes** (Vendée), les **minéralisations filoniennes à Zn-Pb-Ag**, les métaux de base associés aux **amas sulfurés** de la province nouvellement découverte du Bassin de Châteaulin, etc.

Après les deux premiers programmes quinquennaux (1975-79 et 1980-85) qui ont vu quarante-six sujets nouveaux présentés à la profession minière, à partir de 1985, un freinage, dû aux économies budgétaires et au manque d'attrait pour les matières premières dont les cours s'étaient effondrés, a amené une décroissance brutale des crédits d'Inventaire, qui ne s'est plus poursuivi désormais que par reconduction annuelle. Plusieurs opérateurs miniers importants avaient d'autre part mis en sommeil leurs activités de recherche minière.

Les recherches se sont donc fortement réduites et peu à peu focalisées sur l'or, seul métal ayant conservé des cours attractifs.

Le Comité décidait alors pour gagner du temps de présenter aux opérateurs miniers les sujets or à un stade de maturité moindre que celui primitivement retenu : dix-neuf fiches de sujets or allant de prospects bien délimités à des regroupements d'anomalies de la dimension d'un district ont ainsi été rendues publiques. Cinquante-sept autres sujets nouveaux ont été présentés entre 1985 et 1991.

Au total, **cent trois sujets nouveaux ont été ainsi proposés à la profession minière** entre 1975 et 1991 (incluant les 19 fiches or).

Soixante et un ont fait par la suite l'objet d'attribution de permis exclusifs de recherche (PER), permis accordés à une douzaine d'opérateurs miniers.

Dans le GeoKiosk sont représentés sous le symbole « sujets Inventaire » (triangles) plusieurs autres sujets miniers non issus de découvertes de l'Inventaire (découvertes antérieures) mais valorisés dans le cadre de celui-ci par des travaux aval importants (ex : **Bodennec, La-Porte-aux-Moines**). Trois de ces points concernent l'Inventaire charbonnier : **Devay, Lucenay-les-Aix et Mézos - Onesse**.

La répartition des sujets présentés à la profession minière par grands groupes de substances est la suivante, par ordre de fréquence décroissante :

- or (+ Au-Sb et Au-As) : 53 prospects,
- polymétalliques à métaux de base Zn-Pb-Ag (Cu, Ba) : 22 prospects,
- tungstène (+/- Mo, Cu) : 9 prospects,
- antimoine (Sb, Sb +/- Au) : 5 prospects,
- barytine, fluorine : 5 prospects,
- polymétalliques à Ag dominant (Zn, Pb, As, Cu, Sb) : 4 prospects,
- étain (+/- Li, Be, Ta-Nb, Cu) : 3 prospects,
- molybdène (+/- Cu) : 2 prospects.

Au bilan de la vingtaine des principaux gîtes ou gisements découverts et/ou valorisés dans le cadre de l'Inventaire, poussés au stade de l'exploitation pilote (**Les Brouzils**), des travaux miniers (**La-Porte-aux-Moines, Bodennec, Lopérec**) ou des évaluations préliminaires, on citera par substance :

- **pour or**, le gisement de **Lopérec** (29), représentant 4 t de métal contenu à près de 8 g/t Au. A un stade plus amont, on citera la découverte d'un véritable district aurifère associé à la faille d'Argentat (**Grand Fraud, La Planchette, Les Angles**, etc.) et de plusieurs districts à minéralisations mésothermales dans le Massif armoricain,
- **pour métaux de base**, les amas sulfurés de : **La-Porte-aux Moines** (22), 1,9 Mt à 7,8 % Zn et 1,7 % Pb et **Bodennec** (29) , avec 2,1 Mt à 2,9 % Zn et 1,1 % Cu ; les gîtes exhalatifs-sédimentaires pyrénéens d' **Arrens** (65, 130 000 t Zn et 30 000 t Pb, 3 Mt BaSO<sub>4</sub>) et **Banciole** (Zn, Pb) ; les minéralisations à métaux de base et précieux de la province volcano-sédimentaire de Saint-Georges-sur-Loire (**La Haie-Claire et Le Plessis**, 44),
- **pour antimoine**, le gisement **des Brouzils** (85), qui a fait l'objet de travaux miniers et d'une exploitation pilote de 1988 à 1992 (895 t Sb produites, ressources de 9 250 t Sb à 6,7 %) ; toujours en Vendée, on peut citer les prospectes de **La Baussonnière** et de **Mesnard-la-Barotière**, où l'antimoine est accompagné d'or,
- **pour tungstène**, les skarns de **Fumade** (81), représentant un potentiel de 10 à 14 000 t de WO<sub>3</sub> à teneur de 1% et de **Coat-An-Noz** (22), avec 11 000 t WO<sub>3</sub> à 1%, ainsi que la coupole de **Neuf-Jours** (19),
- **pour étain (+/- W) et métaux rares (Li, Ta-Nb, Be)**, le gîte **Tréguennec** (29) de caractéristiques voisines du gîte d'**Echassières** (03), représentant un potentiel de 5 400 t Sn, 1 600 t Ta, 1 300 t Nb, 66 000 t Li<sub>2</sub>O et 2 800 t Be. On peut ajouter le gîte de **Lanmeur** (29), avec 5 000 à 6 000 t Sn, accompagné de cuivre,
- **pour molybdène** : le gîte porphyrique de **Beauvain** (61), avec une estimation de 60 000 t Mo à basse teneur,
- **pour fluorine et barytine**, les prospectes filoniens des **Renauds** (58) (430 000 t BaSO<sub>4</sub> et 120 000 t CaF<sub>2</sub>) et d'**Ambierle** (42) (minimum 150 000 t BaSO<sub>4</sub>).

**L'Inventaire charbonnier** a également contribué à ce renouvellement des connaissances, avec deux découvertes significatives :

- l'important gisement de charbon de **Lucenay-les-Aix** (58) : 250 Mt sous moins de 400 m de recouvrement,
- le gros gisement de lignite en subsurface de **Mézos-Onesse** (40) : 165 millions de m<sup>3</sup>.

## 2.2.4 Le devenir des sujets découverts par l'Inventaire

En même temps que se déroulaient les travaux de l'Inventaire, les années 1980 – 1990 furent marquées à l'échelle mondiale par des évolutions politiques, économiques et sociologiques majeures qui ont redistribué les cartes de l'activité minière internationale : développement des productions minières en Amérique latine et en Asie du Sud-Est, ouverture des pays à économie planifiée (Chine, ex-URSS) .

En Europe occidentale, des considérations économiques et environnementales de plus en plus affirmées ont contribué à un net déclin des productions minières.

En France métropolitaine, l'or mis à part, cette baisse de l'activité minière a été particulièrement nette et s'est accélérée dans les années 1990, du fait de la chute des cours des substances traditionnellement exploitées (U, Sb, Sn, W), la non rentabilité des gisements de charbon et de fer apparue face aux nouveaux producteurs, de l'épuisement des réserves des principaux gisements de Pb-Zn et de bauxite.

Ce déclin de l'activité minière française s'est marqué par la réduction progressive des grosses productions (charbon, fer, bauxite) et les fermetures successives de nombreuses mines (Salau, Largentière, Les Malines, Saint-Salvy, charbon du Nord, mines d'uranium et de bauxite), jusqu'à la disparition des productions métalliques métropolitaines en 2001, avec la fermeture des mines de Jouac (U), Laurières et Moulin de Chéni (Au).

Dans ce contexte profondément changeant, sauf rares exceptions, les nombreuses découvertes effectuées dans le cadre de l'Inventaire n'ont pu être développées ou exploitées, voire même confirmées, faute d'investisseurs publics ou privés.

La principale retombée indirecte de l'Inventaire est incontestablement un renouvellement profond de la connaissance et de la métallogénie du sous-sol métropolitain : l'or en est un des meilleurs exemples (nouveaux districts pyrénéens, faille d'Argentat, district de Fritot – Grosville, etc.). Pour d'autres substances moins traditionnelles, on soulignera la découverte de véritables provinces nouvelles (Saint-Georges-sur-Loire par ex.) et de présentations minérales jusqu'alors inédites sur le territoire français (ex : gîtes d'affinités porphyriques à Mo comme Beauvain et Breitenbach) ou auparavant d'intérêt purement anecdotique (minéralisations à Ta, Li, etc.).

## 3. Substances abordées dans le cadre de cette synthèse

Cette synthèse, s'adressant plus spécifiquement aux substances concessibles au sens du code minier français, couvre l'ensemble des minerais métalliques, les combustibles solides (charbon et lignite) et deux minéraux industriels souvent en relation étroite avec les minerais métalliques, la fluorine et la barytine (bien que cette dernière substance n'appartienne pas au groupe des substances concessibles).

### 3.1 Les minerais métalliques

Parmi la cinquantaine de métaux produits en quantité significative dans le monde, quelques-uns (Na, Ca, Mg, Ba, etc.) sont extraits de substances classées parmi les minéraux industriels ; les autres, dont une quinzaine a été exploitée activement en France, proviennent de minerais métalliques comme minerai principal, co-produit ou sous-produit.

A part une activité réduite à Salsigne, la France n'assure actuellement plus aucune production métallique sur le territoire métropolitain : les dernières autres mines ont fermé en juin-juillet 2001 (Le Bernardan, U ; Laurières, Au).

Le potentiel français reste cependant diversifié et la production nationale passée a été dominée, hormis l'or et l'uranium, par un certain nombre de métaux tels que le fer, l'aluminium, le plomb et le zinc, l'antimoine, le tungstène et l'étain.

Sont décrits :

- ***l'uranium*** : l'uranium était exclu des substances concernées par l'Inventaire minier. Un rappel concernant cette substance énergétique et ses principales sources minières est cependant présenté pour ne pas tronquer l'image du secteur minier français,
- ***les métaux précieux (Au, Ag, platinoïdes)*** : les éléments du groupe du platine (Pt, Pd, Ir, Os, Rh et Ru), non décelés en France métropolitaine, ne sont pas concernés par ce descriptif. L'argent, presque uniquement sous-produit des mines d'or et de plomb-zinc sera traité conjointement avec ces métaux. L'or, qui a constitué une des thématiques principales de l'Inventaire à partir des années 1980 sera plus particulièrement détaillé,
- ***les métaux de base (Pb, Zn, Cu)*** : l'expression « métaux de base », prise dans son sens usuel recouvre plomb, zinc et cuivre. De nombreux sous-produits sont dérivés de l'exploitation de ces métaux, le plus souvent associés en minerais polymétalliques : la pyrite (source importante de soufre jusque vers 1960, en forte régression depuis sous l'effet de la concurrence du soufre issu du gaz, du pétrole ou du grillage des minerais sulfurés), les métaux précieux (Au et Ag), déjà traités, et certains métaux spéciaux (« petits métaux ») qui font l'objet d'un paragraphe spécial (cadmium, germanium, indium, etc.). Le cuivre, d'abord utilisé comme bijou et monnaie est connu depuis le VIII<sup>e</sup> millénaire avant notre ère. L'utilisation du plomb s'est développée plus tardivement, à l'époque gallo-romaine. Le zinc est d'utilisation beaucoup plus récente (protection des aciers et des toitures). En France, les gisements de métaux de base sont encaissés dans des roches variées : sédimentaires, volcano-sédimentaires et plutoniques d'âge Protérozoïque supérieur, Paléozoïque

ou Mésozoïque pour la plupart des gisements. Les corps de minerai présentent des morphologies d'amas, couches ou filons. Les minerais principaux sont essentiellement des sulfures (galène, sphalérite, chalcopryrite) et plus rarement leurs produits d'altération superficielle (oxydes, carbonates, sulfates, etc.). Les principales ressources identifiées en cuivre sont associées à des minéralisations polymétalliques à Zn-Pb dominants, pour l'essentiel issues de découvertes ou de valorisations réalisées dans le cadre de l'Inventaire,

- **les autres métaux communs (Fe, Al, Sn)** : les bauxites du Sud de la France ont fait l'objet d'un inventaire spécifique dont nous résumerons les principaux éléments. L'activité minière concernant le fer sera l'objet d'un bref rappel historique,
- **les métaux d'alliages (Mn, W, Mo, Nb, Ta, Sb, Bi, Cr, Co, Ni, Ti, V)** : certains de ces métaux ont fait l'objet de productions parfois importantes (Sb, W) et/ou de mise en évidence de ressources nouvelles (Mo, Nb-Ta),
- **les petits métaux et éléments rares (Cd, Ge, In, Ga, Li, Be, Hg, As, Zr, Terres Rares)** : dans ce groupe ont été classés le cadmium, le germanium, l'indium, le gallium, le lithium, le béryllium, le mercure, l'arsenic, le zirconium et le groupe des terres rares (quinze éléments de la série des lanthanides). Ces substances sont pour la plupart des sous-produits valorisants ou pénalisants des métaux de base ou communs et sont rarement exploités seuls. La France détient des potentialités non nulles pour certains d'entre eux. D'autres éléments comme le sélénium, le tellure, le césium et le rubidium, le hafnium, le scandium et le rhénium, dont l'industrie minière et métallurgique sont inexistantes en France, ne seront pas abordés dans ce cadre.

### **3.2 Les combustibles minéraux solides (charbon, lignite)**

Les combustibles minéraux ou substances énergétiques fossiles proviennent de l'évolution géologique de la matière organique. On distingue les hydrocarbures (gaz, pétrole et asphalte – bitume) et les charbons s.l. (avec dans l'ordre de transformation croissante des matières végétales : tourbe, lignite, charbon, anthracite).

Seuls les charbons et lignites, ayant fait **l'objet d'un inventaire spécifique** seront abordés dans ce cadre.

### **3.3 Les minéraux industriels (fluorine et barytine)**

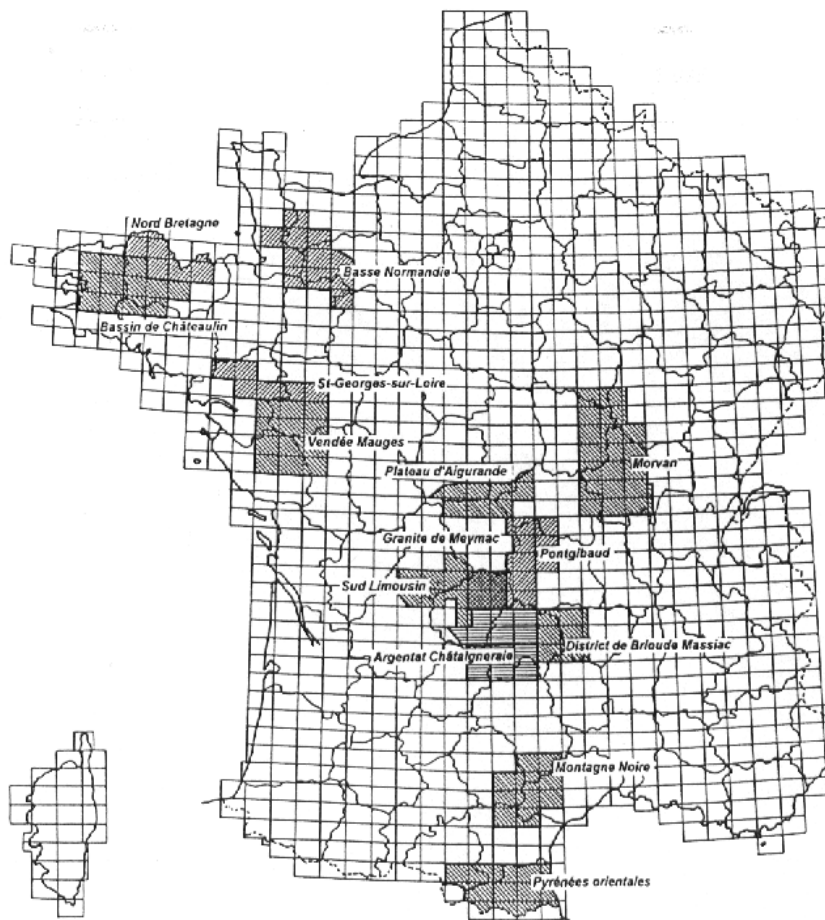
La fluorine, substance concessible, dépend du régime des mines (décret du 4 octobre 1960, art. 2, Titre 1<sup>er</sup>, Livre 1<sup>er</sup> du Code Minier), alors que la barytine est classée comme matériau de carrière. L'association fréquente entre ces deux substances, seules ou comme gangue des minerais métalliques (surtout plomb, zinc ou cuivre) ainsi que les similitudes de gisements nous ont conduits à inclure la barytine dans le cadre de cette revue. L'exploitation de ces deux substances a souvent été associée à celle des métaux de base, comme co-produit ou sous-produit.

## 4. *Documentation relative à l'Inventaire minier métropolitain*

Les activités liées à l'Inventaire minier pendant une période de dix-sept années ont généré une quantité énorme d'informations et de documentation. Une bibliographie exhaustive ne pouvant être fournie dans le cadre de cette synthèse, nous nous limiterons à citer les principaux types de documents et d'archives consultés permettant de remonter aux documents originaux.

A partir de 1987, la nécessité de synthétiser la masse énorme d'informations recueillies a amené, entre autres documents de synthèse, la publication :

- de quatorze **synthèses régionales ou thématiques** publiées entre 1987 et 1992,



- des « **plaquettes substances** » réalisées sous l'égide du Comité de l'Inventaire à partir de 1978, au nombre de quatorze (or, plomb-zinc, cuivre, tungstène, étain, antimoine, manganèse, mercure, fluorine, barytine, etc.) réactualisées jusqu'en 1992 (tungstène en 1991, plomb-zinc en 1992).

**Les rapports du BRGM** relatifs à l'Inventaire minier métropolitain sont d'accès réservé (autorisation nécessaire de la DRIRE ou du Service S3M - Service du Sous-sol, des Mines, de la Métallurgie et des Matériaux de Construction) - dépendant de la Direction Générale de l'Energie et des Matières Premières (DGEMP) au Secrétariat à l'Industrie). Les rapports sont consultables à l'Ecole Nationale Supérieure des Mines de Paris (Fontainebleau) et au BRGM à Orléans. On distingue :

- les rapports de prospection géochimique multiélémentaire sur sédiments de ruisseaux, édités feuille par feuille avec leurs cartes à 1/50 000 des prélèvements et des teneurs,
- les rapports sur prospects (tranchées, sondages, travaux miniers de reconnaissance),
- les rapports annuels,
- les fiches de présentation de sujets à la profession minière,
- les rapports de synthèses régionales.

La constitution d'un **Fichier des Gîtes Minéraux de la France** met à la disposition du public la documentation d'ordre gîtologique recueillie, rassemblée et archivée au titre de l'Inventaire minéral métropolitain :

- sous forme de dossiers normalisés (type « **Banque de données du Sous-Sol** » dite « BSS ») : le fichier comporte actuellement plus de 7 000 dossiers, d'accès public. Sur recommandation du Comité de pilotage de l'Inventaire, ces originaux ont été classés de 1975 à 2000 à Orléans, au Service Centre de Gestion des Données Géologiques et Géophysiques (CDG),
- sous forme d'un **fichier informatisé**, sous-ensemble de la Banque du Sous-Sol (logiciel Oracle), riche d'environ 15 000 dossiers.

# *Liste bibliographique*

**(Liste non exhaustive, limitée à quelques références principales  
donnant un aperçu des sources d'information)**

## *Généralités sur l'Inventaire*

- Artignan D. ( 1992) – France (territoire métropolitain). Inventaire des Ressources Minières du Territoire Métropolitain. Note de Synthèse, 8 p.
- Dommanget A. (1994) – Classement et mise à disposition du public des données de l'Inventaire minier métropolitain. Note DEP/DEX/94/001, BRGM, Direction de l'Exploration et des Procédés, Département Exploration, 30 p.
- Fischesser R. (1987) – La politique nationale d'inventaire des ressources minérales. Chron. Rech. Min., n° 488, p. 5 – 9, 2 fig.
- Guizol Ch., Napoly J., Caleix C. (1992) – Bilan et réflexion sur l'Inventaire minier. Ministère de l'Industrie et du Commerce Extérieur. Direction Générale de L'Energie et des Matières Premières, Service des Matières Premières et du Sous-Sol, Paris.

## *Rapports annuels Inventaire*

- Inventaire du Territoire métropolitain. Rapports Annuels 1975 – 1992. BRGM, Délégation géographique France – Europe.

## *Synthèses régionales et thématiques*

- Billa M., avec la collaboration de Bloin J.P., Lagny Ph., Vasquez-Lopez R., Guillou Y. (1992) – Synthèse Inventaire Vendée – Mauges. Rapp. BRGM R36216, 94 p., 15 fig., 3 pl., 5 ann.
- Bouchot V., Marroncle J.L., avec la coll. de Lagny Ph., Monthel J. (1992) – Synthèse Inventaire Argentat – Châtaigneraie. Rapp. BRGM 36063, 44 p., 10 fig., 5 ann.
- Bouchot V., Milesi J.P., Lescuyer J.L., Ledru P. (1997) – Les minéralisations aurifères de la France dans leur cadre géologique autour de 300 Ma. Chron. Rech. Min. n°528, pp. 13 – 62.
- Callier L., avec la collaboration de Beaujour A., Corpel J., Husson Y., Kozminski G., Leduc C., Scanvic J.Y., Vaillant F.X. (1992) – Synthèse Inventaire du domaine mancellien en Basse-Normandie. Rapp. BRGM R 35284, 51 p., 15 fig., 3 pl., 4 ann.
- Combes A. (1987) – Synthèse Inventaire du Morvan. Rapport BRGM 87 DAM 026 OP4, 166 p.
- Combes A., de Gramont X. (1989) – Synthèse Inventaire du Plateau d'Aigurande et de ses marges. Rapp. BRGM 88 DAM 017 DEX, 185 p., 52 fig., 3 tabl., 2 pl.



- Gramont (de) X., Braux C., avec la collaboration de Prévot J.C., Coppel J., Girault F., Lambert A., Scanvic J.Y. (1990) – Synthèse Inventaire du Sud-Limousin. Rapport BRGM R 31814 DEX-DAM-90, 65 p.
- Gramont (de) X., Feybesse J.L., Lambert A. (1990) – Synthèse Inventaire du district de Brioude – Massiac et des confins Nord de la Margeride (Massif central). Rapp. BRGM R 30695 DL/C DAM 90.
- Guillou Y. (1990) – Synthèse Inventaire du Bassin de Châteaulin. Rapp. BRGM R 30818, 99 p.
- Marot A., Leduc C., Bellivier F., Milesi J.P., Vaillant F.X. (1989) – Synthèse Inventaire Saint-Georges-sur-Loire. Rapp. BRGM 89 DAM 008 DEX, 61 p., 3 fig., 6 tabl., 10 pl., 5 ann.
- Marroncle J.L., Le Chapelain, Périchaud J.J. (1985) – Synthèse géologique et métallogénique de la région du faisceau de Pontgibaud et de ses marges, Massif central français. Rapp. BRGM DL/C n° 349.
- Marroncle J.L., Magnien A., Scanvic J.Y., Viallefond L. (1989) – Synthèse Inventaire de la région de Meymac (Corrèze). Rapp BRGM 89 DAM 014 OP4.
- Martel Jantin B. (1990) – Synthèse Inventaire Briovérien de Nord – Bretagne. Rapp. BRGM R 31079 DEX-DAM-90, 71 p., 8 fig., 6 ann.
- Michard A. (1990) – Synthèse Inventaire Montagne Noire. Rapp. BRGM R 30358 DEX-DAM-90, 235 p., 38 fig., 5 ann.
- Moyroud B., Salpeteur I. (1993) – Synthèse Inventaire des Pyrénées Orientales. Rapp. BRGM, R 37780 DMM 93, 94 p., 26 fig., 6 tabl., 2 pl.

### ***Ressources minières françaises : substances métalliques, fluorine, barytine***

Les ressources minières françaises (1978 – 1991) : 14 volumes publiés sous l'égide du Comité de l'Inventaire des Ressources minières métropolitaines, concernant Pb-Zn, W, Sn, Sb, Mn, Cu, Au, F, Ba, S, Hg, talc, amiante, andalousite ; volumes consultés :

- Bache J.J. (1978) - Ressources minières françaises, tome 5. Les gisements d'or (Situation en 1978). 73 p.
- Bache J.J., Bornuat M., Duhamel M., avec la collaboration de Lougnon J. et Aye F. (1982) - Ressources minières françaises, tome 11. Les gisements de cuivre (Situation en 1981). Rapp. BRGM 82 SGN 074 GMX, 130 p.
- Béziat P., Coulomb J.J., avec la collaboration de Gentilhomme Ph. et de Gramont X. (1991) – Les gisements de tungstène en France. Situation en 1990. Ministère de l'Industrie et de l'aménagement du Territoire. 107 p.
- Delille J.C., avec la collaboration de Carre P., Guigues J., Moussu R., Henry B., Dijoux F. (1981) - Ressources minières françaises, tome 12. Les gisements d'étain (Situation en 1981). 155 p.
- Lhégu J. (1978) – Ressources minières françaises, tome 3. Les gisements de fluorine (Situation en 1978). 201 p.

- Lhégu J., Walter J. (1980) - Ressources minières françaises, tome 7. Les gisements de barytine (Situation en 1980). 225 p.
- Lougnon J. (1981) - Ressources minières françaises, tome 10. Les gisements de manganèse (Situation en 1981). Rapp. BRGM 81 SGN 888 GMX, 130 p.
- Moyroud B., Féraud J., Bornuat M., Ziserman A. (1979) - Ressources minières françaises, tome 6. Les gisements d'antimoine (Situation en 1979). Rapp. BRGM 79 SGN 825 GMX, 120 p.
- Monthel J., avec la collaboration de Henry B., Aye F., Jebrak M., Huijbregts Ch. (1984) - Ressources minières françaises, tome 13. Les gisements de mercure (Situation en 1983), 50 p.
- Stolojan N., Viland J.C., avec la collaboration de Béziat P., Bigot M., Bornuat M., Cortial Ph., Lagny Ph. et Pouit G. (1992) – Les gisements de plomb – zinc en France (Situation en 1991). Ministère de l'Industrie et de l'aménagement du Territoire, 276 p.

### ***Bauxites, Inventaire bauxites***

- Lajoinie J.P., Laville P. (1979) – Les formations bauxitiques de la Provence et du Languedoc. Dimensions et distribution des gisements. Mémoire BRGM n° 100, 145 p.
- Lajoinie J.P., Laville P. (1980) – Inventaire des formations bauxitiques du Midi de la France. Problèmes et méthodes. Les ressources minières françaises, Annales des Mines, 186, 7-8, pp. 155 – 166.
- Laville P. (1981) – La formation bauxitique provençale (France). Séquence des faciès chimiques et paléomorphologie crétacée. Chron. Rech. Min., n° 461, p. 51 – 68.

### ***Combustibles solides (charbon, lignite), Inventaire charbonnier***

- Sustrac G. (1986) – Les travaux du BRGM dans le domaine des combustibles solides. Rapport BRGM 85 DS 009, 132 p.

### ***Cartes minières et gîtologiques***

- Béziat P., Bornuat M. (1995, avec la collaboration de Gentilhomme Ph., Huijbregts Ch. et Thibaut P.M.) – Carte minière de la France métropolitaine à 1/1 000 000. Notice explicative. Ministère de l'Industrie, BRGM, Service Minier National ; juin 1995, 102 p.
- Bouchot V., Lescuyer J.L., Milési J.P. (1996) – Carte à 1/1 000 000 des minéralisations aurifères de la France autour de 300 Ma : identification des provinces aurifères. 16 ème R.S.T., Orléans, avril 1996, p. 152.
- Carte des gîtes minéraux de la France à 1/500 000 en 8 feuilles (Marseille , Toulouse, Bordeaux, Lyon, Nantes, Strasbourg, Rouen, Lille – Bruxelles), 1972 – 1986. Ed. BRGM.

### ***Activités minières en France***

- Voir les « Panorama des activités minières en France » publiés régulièrement pour chaque année dans la Chronique des Mines et de la Recherche Minière (dernier panorama à paraître : année 1999).