

## Perspectives de la géologie minière européenne

Michel Rabinovitch

Trois facteurs majeurs peuvent inciter au développement des mines. Le premier, qui a été étudié dans un article du numéro 152, est la variation des cours mondiaux des métaux dans un sens positif. Le second, dont on a eu un aperçu dans un autre article du n° 152, est une législation favorable à l'entreprise minière. Le troisième, enfin, est le prix de revient du minerai ou du concentré transporté en bord de mer (ou à la plus proche usine de traitement). Sur ce dernier facteur pèsent de nombreuses contingences, telles que le coût du personnel, le type de travaux à réaliser pour extraire le minerai, les taxes et royalties, et enfin, la dernière qui n'est pas la moindre, le transport. Il serait intéressant d'analyser le poids de ces différents facteurs lorsqu'un projet de mine est en jeu, mais cela nous mènerait trop loin de notre sujet. Disons simplement pour le

moment que l'un ou l'autre de ces facteurs, s'il est par trop défavorable, suffirait à décourager les investisseurs.

Selon toute logique, on devrait assister à un nouveau départ de la mine en Europe : les cours des métaux sont favorables, quel que soit le métal extrait. En trois ans, celui de l'aluminium a été multiplié par 2, celui de l'étain par 2,3, celui du plomb par 3, celui du cuivre par 3,5, celui du nickel par 3,6, et enfin celui du zinc par un facteur 5 ! Tous les calculs de rentabilité des gisements ont évidemment été effectués en prenant en compte des cours bien inférieurs à ceux de 2006, ce qui a pour conséquences :

- d'augmenter considérablement les marges des producteurs et par conséquent les dividendes des actionnaires, soutenant ainsi leur intérêt pour l'exploitation minière ;

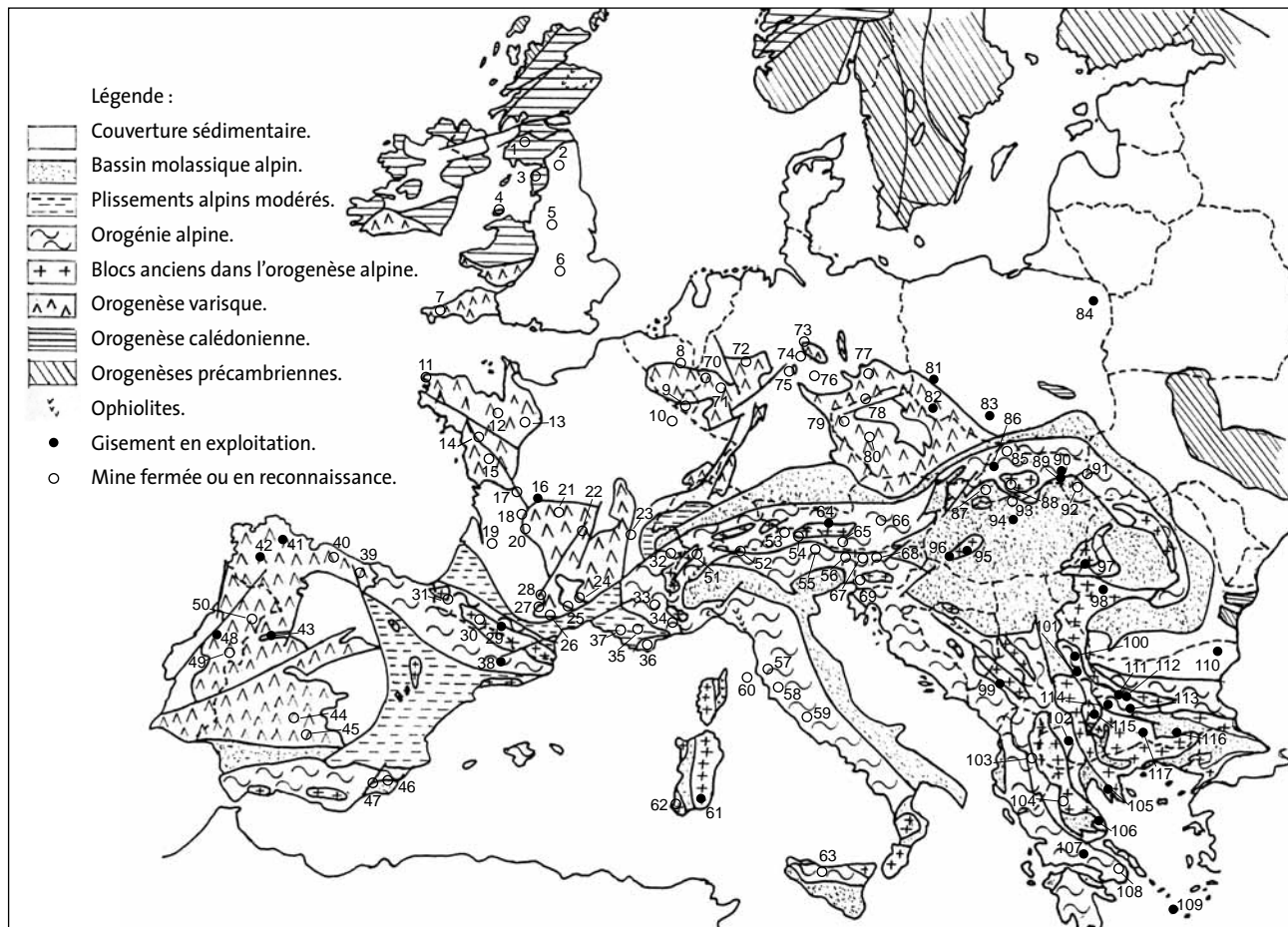


Figure 1. Les gîtes métallifères en Europe. Le détail pour la Scandinavie, l'Irlande et la Ceinture pyriteuse sud-ibérique est donné dans les figures 2, 3 et 4. Les numéros des gisements renvoient au tableau des pages 5 et 6.

- de donner la possibilité d'entamer de nouvelles campagnes d'exploration et d'améliorer les techniques d'exploitation ;
  - de rendre une mine, inexploitable en 2003, très rentable en 2007, rendant ainsi possible sa réouverture ;
  - de dépoussiérer les projets depuis longtemps enterrés, pour effectuer de nouveaux calculs de rentabilité qui aboutiront peut-être à l'ouverture d'une nouvelle mine.
- Or il n'en est rien, tout au moins pour trois des pays majeurs d'Europe.

Légende de la figure 1.

N°	Pays	Gîtes	Substances	N°	Pays	Gîtes	Substances
1	<b>Royaume-Uni</b>	Leadhill	Pb-Zn	64	<b>Autriche</b>	Mittersill	W
2		Alston	F	65		Bleiberg	Pb-Zn
3		W-Cumberland	Fe	66		Erzberg	Fe
4		Parys Mountain	Cu-Zn	67	<b>Slovénie</b>	Zirovski Vrh	U
5		Derbyshire	F-Pb	68		Mežica	Pb-Zn
6		Northampton	Fe	69		Idrija	Hg
7		Cornwall Distr.	Sn-Cu, Sn-W	70	<b>Allemagne</b>	Mechernich	Pb-Zn
8	<b>Belgique</b>	Bleyberg	Pb-Zn	71		Maubach	Pb-Zn-Ba
9	<b>Luxembourg</b>	Région Sud	Fe	72		Meggen	Pb-Zn
10	<b>France</b>	Lorraine	Fe	73		Rammelsberg	Cu-Zn-Pb
11		St Renan	Sn-W	74		St Andreasberg	Zn-Pb
12		La Lucette	Au	75		Bad Grund	Zn-Pb
13		Rouez	Au-Pyr.-Cu	76		Dist. Mansfeld	Cu
14		Abbaretz	Sn	77		Freiberg	Pb-Zn-Ag
15		La Bellière	Au	78	<b>Tchéquie</b>	Zinnwald-Cinovac	Sn-W-Li
16		Chaillac	Ba-F	79		Jachimov	U-Zn-Pb-Ag
17		Jouac	U	80		Zlate Hory	Cu-Au
18		La Crouzille	U	81	<b>Pologne</b>	Région Lubin	Cu
19		Coutras	U	82		Zloti Stok	Au
20		Le Bourneix	Au	83		Région Bytom	Pb-Zn
21		Le Châtelet	Au	84		Krzemlianka	Fe-Ti
22		Echassières	Sn-Li	85	<b>Slovaquie</b>	Smolnik	Cu
23		Chessy	Cu-Zn	86		Dubrava	Sb-Au
24		Largentière	Pb-Zn	87		Banska Štiavnica	Pb-Zn
25		Les Malines	Zn-Pb-Ba	88		Rudňan	Cu-Fe
26		Salsigne	Au	89		Nižna Slaná	Fe-Cu-Au
27		St Salvy	Zn-Pb-Ge	90		Pezinok	Sb-Au
28		Montredon	W	91	<b>Ukraine</b>	Beregovo	Zn-Pb
29		Luzenac	Talc	92		Vychkovo	Au-Hg
30		Salau-Costabonne	W	93	<b>Hongrie</b>	Jelsava	Mn
31		Pierrefitte	Pb-Zn	94		Recsk	Cu
32		La Plagne	Pb-Zn	95		Gant	Bauxite
33		St Véran	Cu	96		Nyirad	Bauxite
34		Vallauria	Zn-Pb	97	<b>Roumanie</b>	Distr. Apuseni	Au-Cu
35		Brignolles	Bauxite	98		Valea Lui Stan	Au
36		Région des Maures	F-Pb-Zn	99	<b>Serbie</b>	Trepča	Zn-Pb
37		Région Toulon Puget-Théniers	Cu	100		Majdanpek	Cu-Au
38	<b>Espagne</b>	Cardona	K	101		Bor	Cu-Au
39		La Troya	Zn-Pb	102	<b>Macédoine</b>	Bucim	Cu
40		Reocin	Zn-Pb	103	<b>Albanie</b>	Distr. Mirdita	Ni latérites
41		Carlès-El Valle	Au-Cu	104	<b>Grèce</b>	Distr. Nord	Cr
42		Santa Barbara	Zn-Pb	105		Kassandra	Cu

N°	Pays	Gîtes	Substances	N°	Pays	Gîtes	Substances
43		Los Santos	W	106		Attali	Ni latérites
44		Almaden	Hg	107		Parnasse	Bauxite
45		Linarès-La Carolina	Pb-Zn	108		Laurion	Pb-Zn-Ag
46		Cartagena	Pb-Zn	109		Naxos	Bauxite
47		Mazzaron	Pb-Zn	110	<b>Bulgarie</b>	Obrotchichte	Mn
48	<b>Portugal</b>	Panasqueira	Sn-W	111		Chelopez	Au
49		NE du Portugal	U	112		Elatzite	Cu
50		E du Portugal	U	113		Asarel-Medet	Cu
51	<b>Italie</b>	Traversella	Fe-W	114		Osagovo	Pb-Zn
52		Gorno	Pb-Zn	115		Kremikovtzi	Fe-Mn
53		Tregiovo	Zn-(Pb)	116		Madjarovo	Pb-Zn-Au
54		Bedovina	Cu-W	117		Madan	Pb-Zn
55		Salafossa	Zn-Pb				
56		Raibl	Zn-Pb				
57		Région Gavorrano	Pyrite, Cu, Fe				
58		Monte Amiata	Hg				
59		Région Latium	F				
60		Isola d'Elba	Fe				
61		Silius	F				
62		Buggerru, Monteponi	Pb-Zn				
63		Sicile	S				

## France, Royaume-Uni, Allemagne : les pays de la mine morte

Il est intéressant de constater (voir tableau 1 ci-après) à quel point la désertification minière de la France et de l'Allemagne a été bien menée. La France a d'ailleurs été encore plus sévère dans son éradication puisqu'il ne lui reste rien, alors que l'Allemagne jouit – pour combien de temps ? – d'une production de charbon notable. Chacun est libre de calculer la perte annuelle que coûte aujourd'hui la fermeture des mines de plomb, zinc et bauxite. On commence déjà à se demander « en haut lieu » si celle des mines de fer et de charbon n'a pas été une grosse bêtise.

Ces trois pays ont-ils donc définitivement perdu tous leurs atouts dans le domaine des ressources minérales ? Certainement pas.

### La France

Premier atout : les géologues miniers français, qui, sans être à la pointe comme il y a une trentaine d'années, sont encore très appréciés à l'étranger. Un géologue minier de Nancy ou d'Orléans n'a guère de difficultés pour son premier contrat – mais il devra s'exiler au Canada, en Afrique, ou ailleurs. Ce n'est pas un problème : c'est ce qu'a toujours fait l'explorateur qu'il est « et puis est retourné plein d'usage et raison vivre entre ses parents le reste de son âge ».

Le seul ennui est que l'on en manque cruellement.

Second atout : en France même il y a encore deux groupes miniers importants en ce qui concerne les mines métalliques. Les intérêts miniers du premier, ERAMET, se trouvent essentiellement en Nouvelle-Calédonie (nickel) et au Gabon (manganèse). Un désir de diversification pointe, avec l'achat d'un gisement de nickel en Indonésie et le projet d'exploitation d'un gîte de niobium au Gabon. Le second, AREVA, apparenté au premier dont il détient 26% du capital, exploite un vaste domaine minier à l'étranger, après avoir fermé toutes ses exploitations en France. Dans le domaine des minéraux industriels et des matériaux de construction, il existe plusieurs sociétés dont IMERYS est la plus importante. Elle s'étend sur les cinq continents et exploite une grande variété de produits pour la construction, les céramiques, le graphite, etc. On citera pour mémoire le BRGM, qui fut un grand acteur d'exploration minière, mais qui ne se consacre plus guère, actuellement, qu'à la recherche technologique et à la prestation de services.

### Un possible avenir à la mine en France ?

La France a exploité toutes sortes de minerais, du charbon jusqu'à l'or, depuis le temps des Gaulois jusqu'en 1990. Peut-on croire un instant que les possibilités qui s'offraient à Jules César, à Richelieu, au Baron de

Production	Royaume-Uni 1990	Royaume-Uni 2003	France 1990	France 2003	Allemagne 1990	Allemagne 2003
Aluminium (bauxite)	0	0	490 000 t	0	0	0
Fer	12 000 t	0	2 793 000 t	0	11 686 t	0
Antimoine	0	0	0	0	0	0
Or	0	0	4,236 t	1,47 t	0	0
Plomb	1380 t	1000 t	1141 t	0	8600 t	0
Zinc	6673 t	0	23 921 t	0	58 100 t	0
Cuivre	955 t	0	483 t	0	0	0
Argent	2,69 t	0	22,19 t	1 t	8 t	0
Tungstène	0	0	0	0	0	0
Uranium	0	0	3276 t	0	2981 t	114 t
Charbon	94,4 Mt	28,2 Mt	12,744 Mt	1,73 Mt	426,758 Mt	25,783 Mt
Lignite		0		9000 t		179,085 Mt

Tableau 1. Productions minières du Royaume-Uni, de la France et de l'Allemagne en 1990 et en 2003.

Type de gisement	Substance	Exemples	Observations
Karstique et stratoïde dans calcaires ou dolomies.	Zn-Pb-Ba	Les Malines (Gard).	Minéralisations du socle du Cambrien au Bajocien. Mine fermée mais non épuisée.
Karstique dans socle sous couverture crétacée.	Pb-Zn	Le Bleyberg (Belgique).	Cible à rechercher : Minéralisations dans le Tournaisien.
Stratiforme dans grès triasiques.	Pb-Zn	Largentièrre (Ardèche).	Gisement fermé mais non épuisé. Reconcentrations dans failles.
Stratiforme dans les grès triasiques en transgression.	F ; Ba	Bordure N du Morvan ; Chaillac.	Indices et exploitations ; à rechercher zones de sulfures.
Minéralisations oxydées proches d'intrusions acides.	Sn	Abbaretz (Bretagne).	Recherche d'autres possibilités en Bretagne.
Minéralisations oxydées proches d'intrusions acides.	Sn-W	St Renan (Bretagne).	Recherche d'autres possibilités en Bretagne.
Skarns à scheelite au contact d'intrusifs acides.	W	Salau, Costabonne (Pyrénées).	Salau serait épuisé. Recherche de cibles comparables.
Minéralisations volcano-sédimentaires.	Cu-Zn	Chessy (Rhône).	Chessy en attente d'exploitation. Autres cibles à découvrir dans la région.
Minéralisations filoniennes dans socle cristallin.	Au	Le Bourneix (Haute-Vienne).	Région à prospector sur indices, anciens travaux et guides structuraux.
Minéralisations filoniennes et stratoïdes dans un contexte volcano-sédimentaire.	Au	Salsigne (Aude).	L'exploitation a été arrêtée pour des raisons écologiques.
Gisements filoniens et stratiformes.	U	Répartition très large dans et autour du Massif Central.	Toutes les exploitations fermées à cause de faibles teneurs et de préoccupations écologiques.

Tableau 2. Quelques types de minéralisations en France et en Belgique.

Rothschild ont disparu d'un coup de la baguette magique du Ministère de l'Industrie ? Nous n'avons pas l'ambition ni le loisir de développer ici un traité de géologie de la France. Rappelons seulement quelques types de gisement qui ont été ou pourront être exploités sur notre sol (Tabl. 2). La liste n'est absolument pas exhaustive.

Parmi les exemples choisis, beaucoup sont des gisements fermés mais non épuisés. Ils ne sont que quelques uns parmi les plus connus et n'ont été choisis que pour

montrer qu'il y a encore à faire, et beaucoup, sur le territoire français.

### Le Royaume-Uni

Le Royaume-Uni, où pourtant, on l'a vu, l'activité minière est pratiquement nulle, est de loin le pays d'Europe le plus actif dans la mine et l'exploration minière mondiale. C'est que sa longue pratique de l'industrie minérale, aussi bien en métropole que dans l'Empire,

fait qu'il abrite non seulement le *London Metal Exchange* (LME), une excellente École des Mines et de Géologie, la *London School of Mines*, et des groupes miniers parmi les plus puissants de la planète, comme on va pouvoir en juger.

L'énorme groupe Rio Tinto est basé à Londres et à Melbourne. Il s'étend sur une bonne partie de la Terre et produit cuivre, fer, charbon, bauxite, or, titane, plomb-zinc, cobalt et nickel, uranium, diamants... Ses activités minières en Europe, après sa sortie d'Espagne et du Portugal, sont actuellement réduites à l'exploitation des Talcs de Luzenac.

Le plus grand groupe minier du monde, BHP-Billiton, n'a qu'un siège secondaire à Londres : la société britannique ne possède que 40% du capital et son siège principal est à Melbourne. Il exploite des gisements de fer, charbon, pétrole, bauxite, cuivre, argent, nickel, uranium, diamant, dans 25 pays, dont l'Australie, le Brésil, le Canada, le Chili, la Colombie, l'Indonésie, l'Iraq (pétrole), le Mozambique, le Pakistan, la Papouasie-Nouvelle Guinée, le Pérou, l'Afrique du Sud, les États-Unis...

L'Anglo-American est établie à Londres et à Johannesburg. Ses exploitations se trouvent essentiellement en Afrique du Sud, mais aussi au Brésil. Ce sont des gisements d'or, platine, diamant (le groupe possède 45% de De Beers), charbon, métaux de base, fer, etc.

Les sociétés restantes sont de moindre envergure. Lonrho (Lonmin depuis 1999) est basé à Londres, et exploite des PGM en Zimbabwe. European Minerals a ses activités minières au Kazakhstan (Au-Cu). Titanium Resources, basé à Londres et à Freetown, exploite un gisement de bauxite et un gisement de sables titanifères au Sierra-Leone. Enfin, la jeune société Peter Hambro Mining prospecte et exploite des gisements d'or, de fer et de titane dans la région de l'Amour (Russie orientale).

On comprend donc comment les sociétés minières du Royaume-Uni, pratiquement sans activité sur le territoire métropolitain, contrôlent cependant une bonne par-

tie des ressources minérales de la planète, leur marché et leurs cours.

### L'avenir de la mine sur le territoire du Royaume-Uni

Bien que la base de l'actuelle prospérité industrielle et financière du Royaume-Uni provienne historiquement de l'exploitation de ses mines métropolitaines (charbon et fer essentiellement), les possibilités offertes sur son territoire ne peuvent être comparées à celles du Commonwealth. On voit mal ce qui pourrait inciter les sociétés minières du Royaume-Uni à y investir. On en dira cependant quelques mots dans le tableau 3.

Malgré l'abondance d'indices et de mines anciennes, on ne peut être optimiste sur la reprise de l'exploitation minière au Royaume-Uni, sauf peut-être en ce qui concerne le charbon et le fer. Les investissements iront à coup sûr plutôt en Australie ou au Canada, ou encore dans des pays à charges et salaires minimaux.

### L'Allemagne

Deux sociétés charbonnières, RAG Coal International et RWE Rheinbraun ont des intérêts, l'une au Venezuela et en Australie, l'autre en Hongrie et en Bulgarie ; la société ESCO (K+S et Solvay) exploite du sel en Belgique, Allemagne, France, Hollande, Portugal et Espagne. Gebrüder Knauf Westdeutsche Gipswerke a des filiales en Europe occidentale, centrale et orientale, au Kazakhstan, au Maroc, en Amérique du Nord et du Sud pour l'exploitation du gypse. Mais tout cela est encore bien loin en importance des sociétés britanniques.

Les trois provinces métallifères traditionnellement exploitées ont été le Erzgebirge, partagé entre Allemagne et République Tchèque, le Mansfeld, et le Harz. Elles sont situées, la première sur la frontière entre la République Tchèque et la Saxe, la seconde au nord de la première, à l'extrême Sud de la Basse-Saxe et du Magdebourg, et la troisième au Sud du Harz. Toutes trois ont été les berceaux de

Type de gisement	Substance	Exemples	Observations
Stratiformes et lenticulaires d'extension pluri-kilométrique.	Fe	Lincolnshire, Northhampton, Derbyshire.	Minéralisations à plusieurs niveaux du Lias et du Dogger. Exploitations fermées mais non épuisées.
Filoniens associés à intrusions acides, pegmatites, skarns, etc.	Sn-Cu	Cornwall, Sud du Devon.	Exploités depuis l'âge du Bronze ; dernière mine fermée depuis 10 ans.
Tous types (karst, stratiformes, mais surtout filoniens).	Pb-Zn	District de Leadhill (Lowlands).	Les gisements s'échelonnent de l'Ordovicien au Jurassique ; préférences : Tournaisien-Viséen et Permien.
Volcano-sédimentaires.	Cu-Zn	Parys Mountain (île d'Anglesey).	Dans série volcanique acide ordovicienne à silurienne. Prêt à l'exploitation.

Tableau 3. Quelques types de minéralisations dans le Royaume-Uni



la mine européenne depuis le Moyen-Age, ont fourni des mineurs à tout l'Occident, et leurs ingénieurs ont écrit les premiers traités des mines.

### **Erzgebirge (Saxe et République tchèque)**

La région de Freiberg a longtemps été source de richesse, avec son millier de filons orthogonaux à sulfures et sulfosels de métaux de base et Ag natif dans une auréole métamorphique péri-batholitique acide. La dernière mine a fermé en 1968 et la région sert de musée à ciel ouvert.

À Jáchymov (Joachimsthal), environ 180 filons, également orthogonaux, se trouvent autour d'un massif granitique, dans des schistes et micaschistes, et contiennent de l'uranium, des sulfo-arséniures et Ag natif. Ces mines, qui ont donné leur nom à une célèbre pièce d'argent d'Europe centrale, le Thaler, puis le Dollar, ont été exploitées jusque dans les années 90.

Příbram, à 80 km au SW de Prague, se trouve dans des grès et grauwaques du Cambrien, injecté de dykes de diabase. Les filons, à Zn-Pb-Sb-Cu-Ag et U, qui accompagnent fréquemment ces dykes, sont le plus souvent encaissés dans les grauwaques, parfois dans une intrusion de diorite quartzique et aussi dans un Précambrien (Algonkien) ardoisier.

Enfin, les mines de Cínovec (Zinnwald, Bohême) à Sn-W-Li comportent un système filonien dans les zones greisenisées d'un granite. Dans le gisement d'Altenberg (Saxe), c'est le granite greisenisé dans sa masse qui est minéralisé en Sn-W.

Toutes ces mines sont fermées.

### **Harz**

Les montagnes du Harz se trouvent beaucoup plus au Nord-Ouest. Elles font partie de la ceinture Rhénohercynienne de l'orogénèse varisque et sont formées en majeure partie de dépôts d'âge dévonien et carbonifère inférieur. Le gisement le plus important (il a été exploité pendant 1000 ans et a été fermé il y a une vingtaine d'années) est Rammelsberg, près de la ville de Goslar. Les minéralisations (Cu-Zn-Pb-Ag) sont concordantes dans des shales du Dévonien moyen à horizons tuffacés, et se trouvent dans un synclinal en position renversée. Une zone de stockwerks minéralisés paraissent avoir été la source des sulfures. Il s'agirait donc d'un type Sedex.

La région d'Andreasberg (Basse-Saxe) comporte des filons à quartz-calcite avec Pb-Cu-Ag-As, associés à des diabases dans des schistes dévoniens. La dernière mine a fermé en 1910.

Le gisement de Bad Grund présente des filons calcitiques à Zn-Pb dans des ardoises carbonifères. Mine fermée en 1992.

### **Mansfeld**

Il faut enfin parler d'une zone minière qui fut très importante : les *Kupferschiefer* du Mansfeld. Il s'agit d'une formation de siltites et grès, d'âge permien, que l'on retrouve depuis l'est de la Pologne jusqu'à la Grande-Bretagne. Un niveau cuprifère plus ou moins minéralisé dans une marne argileuse de puissance réduite (0,3-0,4 m) s'étend sur tout le Mansfeld et a été exploité jusqu'à tout récemment. On retrouvera ces *Kupferschiefer* en Pologne, avec un développement considérable de leur puissance.

### **L'avenir de la mine en Allemagne**

Que des districts comportant autant de minéralisations de types variés ne présentent pas d'autres possibilités que celles qui ont été exploitées, semble difficile à croire. Tous les gisements connus depuis le Moyen-Age ayant été découverts à l'affleurement ; on peut être certain que la région a été ratissée au peigne fin. Après avoir compilé les travaux de recherches avant fermeture et recensé les zones non ou peu explorées, une nouvelle prospection impliquerait donc la recherche de gisements cachés (autour d'intrusions non affleurantes, de formations volcano-sédimentaires, etc.), à l'aide de méthodes indirectes et de nouveaux concepts.

### **L'arc alpin**

L'arc alpin – et non l'orogénèse alpine, beaucoup plus étendue – s'étend de la Méditerranée à la frontière austro-hongroise. Il est divisé en nombre de pays : la France, l'Italie, l'Autriche, la Slovénie. Il se poursuit à l'est par les Carpathes, qui ne seront pas étudiées dans cet article. Ce sont tous des pays de la mine morte ou à l'agonie. Le prospecteur se heurte à des difficultés dues à la géologie, à la topographie, et, s'il veut ouvrir une exploitation, aux intérêts divergents des populations et surtout aux écologistes. Il n'empêche que cet arc a été autrefois le lieu d'une activité minière intense et diversifiée. *In memoriam*, on citera les régions présentant un intérêt qui pourrait redevenir d'actualité.

### **L'avenir de la mine dans l'Arc Alpin**

La mort de la mine dans l'Arc Alpin n'était pas inéluctable. Les plus gros gisements ont été fermés, soit parce qu'épuisés (Salafossa), soit pour des raisons de rentabilité (Raibl, Bleiberg), soit sous la pression des écologistes (Erzberg). Mais tant de possibilités subsistent, surtout après la montée des cours des métaux ! Faisons un tour rapide (Tabl. 4 et 5) :

- la bauxite de Provence est loin d'être épuisée ;
- les intrusions péritholitiques à W des Alpes occidentales n'ont jamais été étudiées pour exploitation commerciale ;

Type de gisement	Substance	Exemples	Observations
Poches karstiques sur surface de transgression.	Al (bauxite)	Brignoles (Provence) et sa région.	Entre calcaires bathoniens et grès et marnes campaniens, sur surface karstifiée. Exploitation interrompue.
Red-beds au contact Permien-Trias détritique.	Cu-(Pb-Ag)	Région Toulon – Puget-Théniers	Peu exploré. Enrichissements dans les failles.
Lentilles stratoïdes dans quartzites tectonisées au contact Trias-Permien.	Pb-Ag	Région de La Plagne (Briançonnais)	Mine fermée mais non épuisée.
Filons péribatholithiques acides	Zn-Pb-Cu ; Sb-Zn ; F-Zn	Les Bormettes, Cogolin, etc. (Massif des Maures)	Filons dans socle métamorphique. Pas d'avenir vu la situation dans zones touristiques.
Minéralisations dans contact socle-schistes verts	Pb-Zn	Vallauria (Var)	Exploré mais non exploité.
Minéralisations liées à des ophiolites	Cu	St Véran (Briançonnais)	Minéralisations dans quartzites à riebeckite, près de serpentinites.
Minéralisations péribatholitiques à scheelite	W-Fe	Traversella (Ivrea)	Magnétite et scheelite dans et autour d'un batholite granitique.

Tableau 4. Quelques types de minéralisations en Provence et dans les Alpes occidentales.

Type de gisement	Substance	Exemples	Observations
Minéralisations stratiformes dans schistes permien en transgression sur intrusion acide.	Zn-Pb-F	Scisti di Tregiovo (Bolzano)	Les teneurs sont de 4% Zn et 0,6% Pb. La montée des cours permettra peut-être d'envisager une exploitation.
Red-beds dans grès permien (formation de Val Gardena)	U-Cu	Val Gardena (Trento) ; ŽirovskiVrh, Škofje (Slovénie)	Minerai uranifère vers la base de la formation de Val Gardena ; Cu vers le sommet avec débris végétaux. Teneurs de 1% Cu+250g/t Ag à Škofje.
Stratiforme dans calcaires et ardoises	Fe	Erzberg (Styrie, Autriche)	Carrière fermée par souci écologique et utilisée comme piste de moto-cross !
Lentilles et poches karstiques dans dolomies triasiques.	Pb-Zn	Gorno, Auronzo, Salafossa, Raibl, (Dolomites), Bleiberg (Autriche) ; Topla, Mežica (Slovénie)	Dans l'Anisien et le Ladinien. Au Bleiberg, couverture de schistes noirs d'âge carnien minéralisés. Tous ces gisements sont fermés.
Minéralisations à W et Cu péribatholitiques acides	W-Cu	Bedovina (Trento) ; Cinque Valli (Trento)	Intrusion monzonitique (Bedovina), et granitique (Cinque Valli).
Skarns à scheelite	W	Zone austro-alpine médiane	Indices stratoïdes le plus souvent dans calcaires métamorphisés.
Volcanites acido-basiques	W	Mittersill (Salzburg)	Dans volcanites basiques à intercalations acides métamorphisées. En exploitation.
Volcano-sédimentaire basique	Pb-Zn-Ba	Région de Graz (Autriche)	Volcanites à intercalations de marbres et schistes carbonatés dévonien inférieur. Tectonique très complexe.
Stratiformes et filons	Hg	Idrija (Slovénie)	Dans formations du Permien sup. et de l'Anisien. Mine fermée.

Tableau 5. Quelques types de minéralisations dans les Alpes orientales (Italie, Autriche, Slovénie).

- les niveaux stratiformes à W dans la zone austro-alpine ;
  - le Trias des Alpes orientales, difficile de prospection (relief, poches karstiques difficiles à localiser si elles ne sont pas affleurantes) offre encore de sérieuses possibilités en Zn-Pb ;
  - le stratiforme Zn-Pb-F des schistes permien de Tregiovo est à prendre en considération vu les nouveaux cours des métaux ;
  - le complexe volcano-sédimentaire de Graz minéralisé en Pb-Zn-Ba est à étudier ;
  - de même, le Permien de faciès Val Gardena, à Cu-Ag stratiforme, lui aussi à prospecter en Italie et en Slovénie.
- Tous ces sujets, sauf celui du Pb-Zn dans le Trias dolomitique, n'ont été étudiés qu'avec très peu de moyens,

et plutôt de manière universitaire qu'économique. Évidemment, si le gisement est en concurrence avec une station de sports d'hiver, comme à La Plagne, il y a peu de chances que ce soit l'exploitation minière qui gagne !

### L'Europe de la mine active

En dépit des pressions exercées, l'Europe a encore nombre d'exploitations en activité, et la plupart des nations d'Europe en tirent des minerais métalliques ou des minéraux industriels. Il aurait été intéressant de faire un examen complet à la fois des industries minières existantes et des possibilités géologiques non encore développées. Dans le cadre étroit de cet article, ce n'est pas possible. Il a fallu faire un choix, qui a porté sur les provinces métallogéniques les plus connues, sinon toujours les plus actives. C'est ainsi que ne seront pas examinés les gisements Pb-Zn-Ag karstiques, ni les latérites nickélicifères, ni la chromite de Grèce, ni la province longtemps active à Pb-Zn de Sardaigne, ni la fluorine du Latium, ni l'or de Roumanie, ni les porphyres cuprifères de Serbie et de Bulgarie, ni même les gisements de cuivre de Chypre, les plus anciennement exploités au monde...

### Le bouclier fenno-scandinave

Ce bouclier précambrien peut être divisé en quatre provinces métallogéniques, qui seront rapidement passées en revue (Fig. 2).

Légende de la figure 2.

N°	Pays	Gîtes	Substances	N°	Pays	Gîtes	Substances
1	<b>Russie</b>	Pechenga	Ni-Cu	19	<b>Suède</b>	Kiruna	Fe
2		Montchegorsk	Ni-Cu	20		Malmberget	Fe
3		Sokli	Terres Rares	21		Aitik	Cu-Au
4		Pitkjaranda	Sn	22		Laisvall	Pb-Zn
5		Krasnosielskoïe	P	23		Storliden	Cu-Zn
6	<b>Estonie</b>	Azeri	P	24		Maurliden	Cu-Zn
7	<b>Finlande</b>	Saatopora	Cu-Au	25		Petiknäs	Cu-Zn
8		Pahtavaara	Au	26		Renström	Cu-Zn
9		Kemi	Cr	27		Björkdal	Pb-Zn
10		Lahnaslampi	Talc	28		Boliden	Cu-Zn
11		Siilinjarvi	P	29		Kristineberg	Cu-Zn
12		Pyhasalmi	Cu-Zn	30		Svattliden	Au
13		Hitura	Au	31		Garpenberg	Pb-Zn
14		Outokumpu	Cu-Zn	32		Kringel	Graphite
15		Horsmanaho	Talc	33		Zinkgruvan	Zn-Pb
16		Kotalahti	Cu-Zn	34	<b>Norvège</b>	Nussir	Cu
17		Orivesi	Au	35		Ørtfjell	Fe
18		Lappeenranta	Wollastonite	36		Skjoskerdalen	Ni
				37		Espedalen	Ni
				38		Nordli	Cu
				39		Tellnes	Fe-Ti

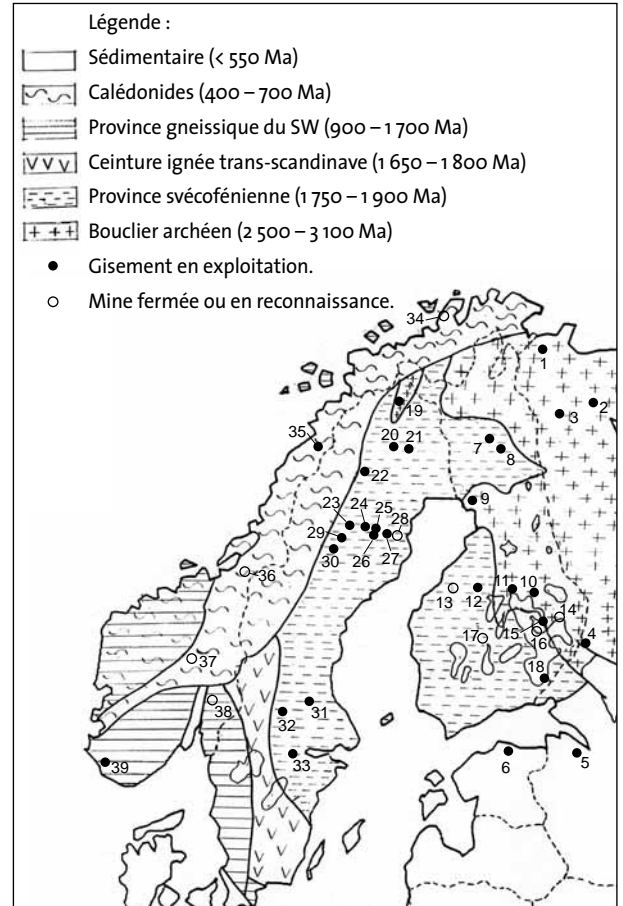


Figure 2. Les gîtes métallifères en Scandinavie.



La *province archéenne* (2500-3100 Ma), essentiellement en Finlande et au nord de la Russie comporte des gneiss avec des ceintures de roches vertes. Elle est surtout connue pour ses gisements de fer, dans des volcanites mafiques en Finlande, en Norvège (Finnmark), dans des métaquartzites rubanés, en Suède, dans des quartzites rubanés et des skarns. Des gîtes de molybdénite sont connus dans la Finlande centrale, et des carbonatites à apatite à Siilinjärvi, en Finlande. Hors Russie, la seule mine exploitée est le gisement de chromite de Kemi, au Nord de la Finlande, dans un complexe ultrabasique rubané.

La *province svecofennienne* (1750-1900 Ma), au sud de la Finlande et dans le nord et le centre de la Suède, est plus variée, formée de roches métamorphiques d'origine volcano-sédimentaire, avec des granitoïdes d'âges divers et des granites rapakivi plus jeunes. On y trouve la plupart des gisements de sulfures métalliques dans une ceinture de 40 à 150 km de large et de 400 km de long au moins à partir du lac Ladoga, selon une direction SE-NW à travers la Finlande. Elle traverse les districts bien connus d'Outokumpu (Cu-Zn-Co-(Ni)), Vihanti (Zn-Cu-Pb), Pyhäsalmi (Cu-Zn) et Kotalahti (Ni-Cu) et semble se prolonger en Suède par la ceinture de Skellefte, qui a une direction ESE- WNW, une longueur de 160 km et une largeur de 70 km. Cette ceinture comporte les districts miniers très importants de Boliden (Cu-Ag-Pb-Zn-(As-Au), Lainijaur (Ni, Cu-Zn-Au), Laisvall (Pb).

Un district de moindre importance existe au SW de la Finlande, avec deux sous-districts : l'un au nord avec des gîtes de Ni-Cu, Cu-Au et Cu-W, l'autre plus au sud, en bord de côte, avec des gîtes de Cu, Zn et Pb.

Dans la région à l'ouest de Stockholm, le district de Bergslagen, est essentiellement à métaux de base. On y rencontre aussi quelques gisements de fer du type quartzites rubanés (BIF).

Au nord de la Suède le district de Norrbotten comporte, entre autres, d'importantes mines de fer, les unes de type skarn et quartzites rubanés (MalMBERGET), les autres de type magnétite-apatite, dans un complexe volcano-sédimentaire traversé par des granodiorites (Kiruna). La mine de cuivre d'Aitik est associée à une intrusion monzodioritique à quartz métamorphisée.

La *province gneissique du sud-ouest* (900-1700 Ma) ne contient que de petits gîtes de sulfures métalliques en Norvège, et aussi l'important district d'Egersund, à Fe-Ti-(V), au sud-ouest de la Norvège, avec la mine en activité de Tellnes.

Il est intéressant de signaler le complexe intrusif alcalin à carbonatites et terres rares (Nb, Ce, Th), d'âge infracambrien à paléozoïque inférieur de Fen, dans le Sud

de la Norvège. Un complexe intrusif similaire existe à Sokli au NE de la Finlande, et un autre à Dalarna, au centre de la Suède, tous deux plus récents.

La *province calédonienne scandinave* (400-700 Ma), s'étend du nord au sud de la Norvège et forme une ceinture métallogénique qui pourrait se prolonger jusqu'à la ceinture appalachienne en Amérique du Nord, en passant par l'Écosse, le pays de Galles et le sud-ouest de l'Irlande. L'âge des gisements de cette ceinture varie du Précambrien supérieur au Paléozoïque inférieur en Norvège.

Dans la partie centrale de la Norvège, sur une bande de serpentinites, on trouve de la chromite associée à des ultrabasites et, dans un cadre comparable, des indices de Ni : Espedalen (dont le contexte serait voisin de celui de Volsey's Bay au Labrador), Rana, etc.

À l'activité magmatique acide tardi ou post-orogénique sont liés des gîtes à Au-W-As et Pb-Zn-Au-Ag. Dans le géosynclinal calédonien ou l'avant-pays, des indices stratiformes ou stratoïdes plus ou moins importants de sulfures métalliques ont été découverts dans un contexte volcanique à volcano-sédimentaire de la Norvège et de la Suède. Des gîtes d'uranium et de phosphate ont été signalés dans les calcaires gréseux de l'Ordovicien inférieur de la partie centrale et sud des Calédonides suédoises. Enfin, un gisement de fer stratiforme dans des mica-schistes intensément plissés est en exploitation à Ørtfjell, dans le centre-nord de la Norvège.

### L'avenir de la mine en Finlande

Depuis 1995, un développement continu de l'exploration est en train d'aboutir à de sérieuses découvertes. La législation minière favorise la prise de claims non seulement par des sociétés, mais par de simples particuliers : leur nombre a doublé entre 2003 et 2004 (Tabl. 6).

C'est que la géologie est particulièrement favorable, avec un Archéen assez peu reconnu, et une province svecofennienne à formations volcano-sédimentaires basiques et acides, BIF ferrifères qui peuvent aussi être aurifères, intrusions, etc., le tout présentant une forte ressemblance avec le bouclier canadien. Les sociétés qui prospectent en Finlande, répertoriées dans le tableau 7, sont d'ailleurs souvent canadiennes. Ce tableau ne tient pas compte des prospections individuelles, nombreuses et d'ailleurs fortement encouragées.

Ces prospections ont déjà abouti à des résultats très positifs. Une mine d'or est en développement par Rid-darhyttan Resources dans le grand Nord à Suurikuusikko, dans une série volcanique basique, sur une zone de fractures. La ressource serait de 11,5 Mt à 5,4 g/t (coupure à 2 g/t). Dragon Mining a repris un certain nombre de

Substance	Mine	Société	Base	Capacité	Exploitation
Chromite	Kemi	Outokumpu Oy	Finlande (Gnetat)	1,2 Mt/an conc. 80%	Carrière/souterrain
Cuivre	Pyhasalmi Saatopora Hitura.	Inmet Mining Corp	Canada	2800t métal/an	Souterrain
Or	Orivesi	Outokumpu	Finlande		Fermé
Or	Pahtavaara	Scanmining	Suède	3t/an	Carrière/Souterrain
Nickel	Hitura	Outokumpu	Finlande		Fermé
Apatite	Siilinjarvi	Kemira Oy	Finlande	700 000 t/an	Carrière
Talc	Lahnaslampi Lipsavaara Horsmanaho	WM 50% Plüss-Staufer 50%	Allemagne Allemagne	566 000 t	Carrière
Wollastonite	Lappeenranta	Partek Minerals	Finlande	17 000 t (2004)	Carrière
Zinc	Pyhasalmi	Inmet Mining	Canada	11 600 t métal en 2004	Souterrain

Tableau 6. Les sociétés minières d'exploitation en Finlande.

Société	Base	Substance prospectée
Björdalsgruvan AB	Suède	Au
Endomines Oy	Finlande	Au
Ezybond Ltd (UK)	Royaume-Uni	Au
North American Gold	Canada	Au
Northern Lion Gold Corp.	Canada	Au
Polar Mining Oy (Dragon)	Australie	Au
Riddarhyttan Res.	Agnico-Eagle (Canada)	Au
ScanMining AB	Suède	Au
Taranis Res.	États-Unis	Au
Trans-International Mineral Expl.	Conroy (Irlande)	Au
Troy Res.	Australie	Au
Tertiary Minerals	Royaume-Uni	Au, Diamant, Ta
Belvedere Res.	Canada	Au, Zn
Gold Fields Arctic Platinum	Afrique du Sud	PGM
TOM Exploration	Canada	PGM
Gondwana Investments	Brésil	Diamant
Ilmari Exploration Oy (European Diamonds)	Royaume-Uni	Diamant
Karelian Diamond Res.	Irlande	Diamant
Karhu Mining C° (European Diamonds)	Royaume-Uni	Diamant
Nordic Diamonds	Karelian (Irlande)	Diamant
Conroy Diamonds and Gold	Irlande	Diamant, Au
BHP Billiton World Expl. (UK)	Royaume-Uni	Métaux de base
Vulcan Res.	Australie	Cu, Co, Ni
Anglo-American Expl. (UK)	Royaume-Uni	Ni
Finn Nickel	Finlande/Canada	Ni
Inco (Canada)	Canada	Ni
Talvivaara project	Finlande	Ni, Cu, Zn
Scandinavian Gold	Canada	Ni, PGM, Au
Pyhäsalmi Mine Oy	Belvedere (Canada)	Zn, Cu
Outokumpu Oy	Finlande	Cr
Kemira Oy	Finlande/États-Unis	Apatite
Mondo Minerals Oy	Finlande	Talc, calcite
Talc de Luzenac	France (filiale Rio Tinto)	Talc
Kalvinit Oy	Finlande	Ilménite
SP Minerals Oy	Finlande	Quartz, feldspath
Nordkalk Corp.	Finlande	Wollastonite, roches carbonatées
Paroc Oy	Finlande	Matériaux industriels

Tableau 7. Les sociétés minières d'exploration en Finlande.  
Légende : UK = United Kingdom (Royaume-Uni).

projets d'Outokumpu, qui se retire de la mine. Celui de Pampalo est le plus avancé : les réserves actuelles sont de 1 Mt à 7 g/t Au, mais on a bon espoir de les doubler. L'exploration pour les PGM est en cours dans des complexes ultrabasiques rubanés. Les projets les plus avancés sont ceux de Suhanko (Gold Fields Arctic Platinum), avec une ressource de 86 Mt à 2,06 g/t PGM+Au et Portimo, avec 168 Mt à 2,33 PGM+Au. L'exploration pour le diamant s'est avérée très positive en Carélie, avec la découverte de plusieurs cheminées kimberlitiques diamantifères. Leur estimation est en cours.

Un projet de biolixiviation de schistes noirs nické-

lifères est étudié par Talvivaara. La ressource est de 318 Mt à 0,27% Ni, 0,56% Zn, 0,15% Cu et 0,02% Co. Cela semble assez futuriste, mais si les cours se maintiennent, tout est possible...

On remarquera au passage que les deux mines de fer sont exploitées à plus de 1000 m de profondeur !

### L'avenir de la mine en Suède

Il ne semble pas que cet avenir doive causer plus d'inquiétude qu'en Finlande. Au contraire : les projets sont nombreux sur ce bouclier sveco-fennien qui offre un terrain de choix à l'explorateur, avec ses formations

Substance	Mine	Société	Base	Capacité/an (minerai)	Exploitation
Cu-Zn	Kristineberg	Boliden Mineral AB	Suède	560 000 t	Carrière
	Renström			224 000 t	
	Mauriliden			237 000 t	Carrière Souterrain
	Petiknäs			272 000 t	
Cu-Au-Ag	Aitik			16,6 Mt	Carrière
Pb-Zn-Ag	Garpenberg-Norra Laisvall	Boliden Mineral AB	Suède	1,1 Mt Fermé	Souterrain
Cu-Zn-Au-Ag	Storliden	Lundin Mining	Suède/Canada	319 000 t/an	Souterrain
Zn-Pb	Zinkgruvan	Lundin Mining	Suède/Canada	850 000 t	Souterrain
Au	Svartliden	Dragon Mining	Australie	2,1 t Au	Carrière
Au	Björkdal	International Gold Exploration	Suède	1,19 Mt	Carrière, <i>tailings</i>
Fe	Kiruna Malmberget	LKAB	Suède (État)	26 Mt 12 Mt	Souterrain Souterrain
Graphite	Kringel	Tricorona Mineral AB	Suède		

Tableau 8. Les sociétés minières d'exploitation en Suède.

Société	Base	Substance prospectée
Agnico-Eagle	Canada	Zn-Cu (Sorrvatnet) ; Fe-Cu-Pb-Zn (Riddarhuttan) ; Pb-Zn-Ag (Gåsta)
Agricola Resources	Royaume-Uni	PGM (Klappsjo)
Alcaston Mining	Australie	Cu-Au (Lautakoski) ; Cu-Zn-Ag (Nimtak) ; Diamant (Alcasten)
Beowulf/Phelps Dodge	Royaume-Uni/États-Unis	Au (Jokkmokk)
Equinox Resources	Australie	PGM (Kukkola)
Far West Mining	Canada	Pb-Zn (Pitea)
International Gold Expl.	Suède	Au (Barsele, Klippen, Fäboliden) ; Cu-Zn (Norrliden)
Lundin Mining	Canada	Fe-Cu (Rakkurijarvi)
Mawson Resources	Canada	Au (Vargbäcken, Angesdal, Middagsberget)
Nordic Diamonds	Canada	Cu-Zn-Au-Ag (Nyberg)
Lappland Goldminers AB	Suède	Au (14 projets) ; Au-Ag-Zn-Cu (Bujebjaumtj)
North American Gold	Canada	Cu-Au (Vasterbotten distr. : 6 projets)
North Atlantic Natural Resources	Suède	Cu-Zn (Norrliden) ; Cu (Svartliden) ; Cu-Ni (Koillismaa) Middagsberget (Au)
Northland Resources	Canada	Fe-Cu (Sahuvaara)
Poplar Resources	Canada	PGM-Au-Ag-Cu (Bottenbacken) ; Diamant (Sundsvall, Kiruna)
Ovoca Resources	Irlande	Cu-Au (Nottjarn)
Tertiary Minerals	Canada	Fe-Cu-Au (Ahmavuoma) ; Zn-Ag (Djuragruvan)

Tableau 9. Les sociétés minières d'exploration en Suède.

volcano-sédimentaires, ses intrusions acides et basiques, et ses complexes ultrabasiques. Aussi les sociétés minières, internationales et autochtones, prospectent-elles activement cette province géologique, ainsi que, au nord, le bouclier archéen.

Les poids lourds de l'exploitation minière en Suède (Tabl. 8), Boliden et LKAB, ne se consacrent apparemment pas à l'exploration (Tabl. 9). Les sociétés canadiennes forment le gros du bataillon. En effet, la similitude de la géologie, avec ses formations précambriennes métamorphosées et sa couverture glaciaire, du climat, et de la législation minière leur offrent une adaptation facile.

### Les sociétés minières d'exploitation en Norvège

L'industrie minière ne présente plus du tout la même activité qu'en Suède et en Finlande. En effet, le pétrole est la grande source de richesse, et les Norvégiens ont su en faire profiter leur pays, qui est devenu un pays riche peuplé de gens aisés. Si bien que l'intérêt pour la mine est faible, du moins en ce qui concerne la mine métallique, car les entreprises pour matériaux de construction et minéraux industriels sont nombreuses.

La géologie n'est pas *a priori* défavorable, surtout dans les Calédonides, avec ses formations volcano-sédimentaires, ses ultrabasites, et ses intrusions acides. Mais, en ce qui concerne les métaux, on ne peut citer que deux mines en activité : la mine de fer d'Ørtfjell, exploitée par Rana Gruber AS, une société d'État, qui a beaucoup diminué son activité, et la mine de Tellnes/Storgangen, exploitée par Titania AS, en carrière. Il s'agit de l'une des plus importantes exploitations d'ilménite : 2 Mt/an de tout-venant donnant 580 000 t de concentré.

### L'avenir de la mine en Norvège

Plus de vingt points d'intérêt connus sont signalés pour différentes substances, et ailleurs, dans les Appalaches canadiennes, de très gros gisements de métaux de base ont été exploités dans le même contexte. Mais le pétrole semble avoir capté toutes les disponibilités. En ce qui concerne la mine métallique, parmi les 20 sites signalés, il y a plusieurs anciennes mines. Certains de ces sites sont en cours de prospection. L'un d'eux semble même exploitable : Nussir, à l'extrême nord de la Norvège, qui appartient à Terra Control AS, un groupe d'investisseurs, et présente un tonnage de 52 Mt à 1,57% Cu, 0,16 g/t Au et 24 g/t Ag. Trois autres gîtes sont en voie de prospection avancée : Skjaekerdalen, un complexe gabbroïque à indices de nickel, dans le centre sud de la Norvège, exploré par Blackstone Ventures (Canada) et Xstrata (Suisse) ; Espedalen, une ancienne mine de nickel, explorée par

Blackstone et Falconbridge, et Nordli, un porphyre à molybdène exploré par Crew Gold (Canada).

L'avenir de la mine en Norvège n'est donc pas aussi brillant qu'en Suède et en Finlande, malgré les efforts d'un excellent Service Géologique (NGU), et les possibilités, qui restent importantes.

### La province irlandaise

Cette province, petite en superficie (84 000 km<sup>2</sup>), a une géologie très variée. Du nord vers le sud, on distingue quatre districts qui seront passés en revue (Fig. 3).

*Le district métamorphique*, à schistes, gneiss, quartzites, et marbres, d'âge précambrien à cambrien, présente des indices filoniens à Au dans des métasédiments dalradiens. Ce sont des filons ou des faisceaux filoniens d'une certaine importance, d'après les dernières prospections. Le gisement d'Omagh, en Irlande du Nord, est de ce type. Il sera prochainement mis en exploitation.

*Le graben de Middland Valley* avec des formations volcano-sédimentaires ordoviciennes et siluriennes, des grès dévoniens, et une couverture en grande partie calcaire d'âge carbonifère.

Dans le Silurien, on trouve un certain nombre d'indices d'or, souvent associés à une zone de dislocation, en filons dans des quartzites. Beaucoup ont été récemment prospectés. Vers l'est, l'ensemble filonien de Clontibret recoupe des grès et grauwackes ordoviciens. À l'origine exploité pour antimoine et arsenic, il a été récemment prospecté pour or. Vers le sud, on cite un indice de Cu situé autour d'un complexe dacitique, dans le Paléozoïque inférieur.

Dans les lambeaux de couverture du Carbonifère inférieur, se trouvent des indices de Zn-Pb et Ba du même type que ceux qui seront décrits plus loin dans le district central. La lentille stratoïde d'Abbeytown, dans les calcaires viséens, et le gîte filonien de Benbulbin (Ba) ont été exploités.

*Un district central*, où réapparaît la chaîne calédonienne, prolongement vers le sud du faisceau norvégien, avec des formations variées du volcano-sédimentaire ordovicien et silurien du nord-est. Elle est recouverte en discordance par les grès dévoniens, et surtout par une importante couverture calcaire d'âge carbonifère inférieur à supérieur.

Il s'agit, et de loin, de la région la plus minéralisée d'Irlande (Zn-Pb-Ba et Cu). Les gisements et indices sont régulièrement dans les calcaires du Carbonifère inférieur, formations qui recouvrent d'ailleurs 40% de la surface du pays, et généralement dans le compartiment nord abais-

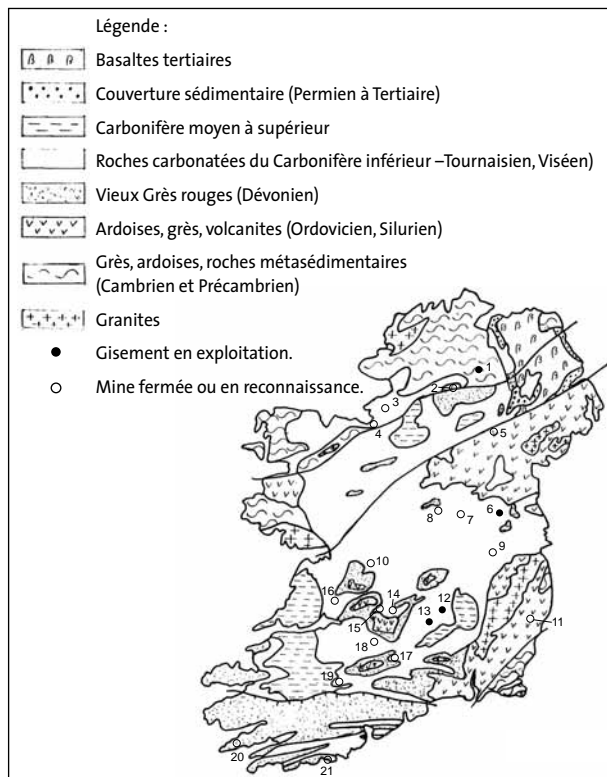


Figure 3. Les gîtes métallifères en Irlande.

sé par des failles normales orientées E à NE. La série, qui peut atteindre 1000 m de puissance, repose en concordance sur les grès dévoniens, qui passent vers le haut à une série clastique marine, puis à des calcaires à alternances de shales. Les gisements principaux se trouvent vers la base de la série carbonatée. Ce sont des amas lenticulaires qui peuvent être stratiformes, stratoïdes, ou même tout à fait discordants. Pour les gisements comportant Cu-Ag, une zonalité verticale et horizontale est remarquée, Pb-Zn étant situé stratigraphiquement vers le haut et vers le nord, Cu-Ag vers le bas et de préférence vers le sud-est de la zone centrale.

Au nord-est de la zone se trouve l'important gisement en exploitation de Navan (Zn-Pb), formé de lentilles stratoïdes et stratiformes parallèles à une faille majeure, dans les calcaires de la base du Carbonifère. Tous les indices de la même région ont sensiblement la même position géologique. Les deux gîtes de Keel et Harberton Bridge sont un peu particuliers ; le premier est formé de disséminations et stockwerks dans le Dévonien supérieur et la base clastique du Carbonifère ; le second est une cheminée de brèches karstiques traversant sur 500 m les carbonates du Carbonifère inférieur.

Le sud du district central présente une concentration de gisements importants rare sur une si petite super-

N°	Province géologique	Gîtes	Substances
1	<b>District métamorphique du Nord</b>	Omagh	Au
2		Cavanacaw	Au
3		Benbulbin	Ba
4		Abbeytown	Zn-Pb
5	<b>District central</b>	Clontibret	Au
6		Navan	Zn-Pb
7		Ballinalack	Zn-Pb
8		Keel	Zn-Pb-Ba
9		Harberton Bridge	Zn-Pb
10		Tynagh	Pb-Zn-Cu
11		Avoca	Au
12		Galmoy	Zn-Pb
13		Lisheen	Zn-Pb
14		Ballynoe	Ba
15		Silvermines	Zn-Pb
16		Ballyvergin	Cu
17		Aherlow	Cu
18		Gortdrum	Cu
19	Mallow	Cu	
20	<b>Province varisque</b>	Allihies	Cu
21		Clonakilty	Ba

ficie, avec 2 mines en activité, Galmoy et Lisheen (Zn-Pb). Galmoy se trouve dans une brèche de type karstique à la base du Carbonifère inférieur (Waulsortien, équivalent du Tournaisien). Lisheen est stratiforme dans une micro-brèche située à la base du Waulsortien dolomitisé. La minéralisation est contrôlée par deux failles NE au sud du gisement.

D'autres mines sont fermées, dont Tynagh (Pb-Zn-Cu-Ag), dont la minéralisation est stratiforme dans le Waulsortien, et guidée par une faille normale majeure ; Silvermines (Zn-Pb) qui comporte deux amas minéralisés, l'un, stratiforme, classiquement à la base du Waulsortien, l'autre dans des dolomies de base, des clastites dévoniennes, des ardoises du Paléozoïque inférieur, le tout étant guidé par une faille majeure E-W. Des indices, dont celui de Shinrone (Zn), en cours de prospection, se trouvent tous dans le Waulsortien de base.

À l'extrême sud du district central, Gortdrum (Cu-Ag-Hg), mine fermée, est elle aussi encaissée dans les calcaires carbonifères de base, en relation avec un système de failles normales ENE et des intrusions basiques. Un indice proche, Aherlow (Cu-Ag), se trouve dans la même position géologique, mais la minéralisation, une série de lentilles discordantes, pénètre le Dévonien. Au sud de Limerick, l'indice de Mallow (Cu-Ag), filonien, puis



stratoïde à la base, est situé dans une série d'alternances grès-shales d'âge dévonien à carbonifère.

Sur la bordure est du district central, au Sud de Dublin, se trouve un sous-district dévonien à cœur de granite dont la métallogénie n'a plus rien à voir avec celle de la couverture carbonifère. Avoca (Cu-Au-Ag, Pb-Zn) est un gisement stratiforme dans une séquence volcano-sédimentaire calédonienne, anciennement exploité. Des indices d'or, également dans des formations volcano-sédimentaires ordoviciennes, sont connus dans les environs.

*La province varisque*, au sud, est formée essentiellement de matériel détritique dévonien (Old Red Sandstone). Elle est peu intéressante : l'indice le plus important, qui a été exploité, est celui de Clonakilty (Ba), un filon recoupant les grès et ardoises du Dévonien et de la base du Carbonifère. Un faisceau de filons de Cu dans des grès et ardoises du Dévonien, un indice de Cu encaissé dans une série volcano-sédimentaire ordovicienne, et enfin un indice Zn-Pb dans les carbonates et brèches d'un lambeau de couverture du Carbonifère inférieur forment le reste des indices.

Les trois mines actives de métaux de base sont exploitées par des groupes internationaux. Seul l'or est irlandais. Trois mines, et une en devenir, ce n'est guère, mais vu le territoire exigu du pays, c'est beaucoup. D'autant que ces trois mines ont succédé à deux autres exploitations d'importance comparable, mais épuisées selon les critères économiques de l'époque.

### L'avenir de la mine en Irlande

Bien que ce territoire limité ait été prospecté intensivement, vu les facilités offertes par l'île : pénétration,

communication, documentation, taxation, etc., il semble que bien des possibilités subsistent :

- pour l'or dans les formations dalradiennes du nord, et volcano-sédimentaires du Paléozoïque inférieur, qui peuvent également être porteuses de Cu ;
- pour le Zn-Pb, dans la base du Carbonifère, les minéralisations étant guidées par des failles normales majeures (à détecter). Il reste en effet de la place : tout l'ouest du district central au nord de Galway, et en général le contact Dévonien – Waulsortien en profondeur. Tout cela se fera évidemment par des méthodes indirectes ;
- pour le Cu-Ag également à la base du Carbonifère, vers le sud du district central.

Bien entendu, tout cela a une limite : l'Irlande n'est pas le Canada. Mais cette limite est encore loin d'être atteinte. Ci-dessous les principales sociétés d'exploration actives en Irlande (Tabl. 10 et 11).

### La province ibérique

Ce territoire, relativement vaste, peut être divisé, de manière assez grossière, en quatre provinces (voir figure 1) :

- la province pyrénéenne au nord, qui est répartie entre l'Espagne et la France et se prolonge à l'ouest par la Cordillère cantabrique ;
- la Cordillère celtibérique à l'est et le massif ibérique à l'ouest, d'âge varisque, très complexe, que l'on divise en quatre zones : Cantabrique, Asturo-léonnaise, Centre-ibérique, et Ossa Morena ;
- le sillon volcano-sédimentaire de la Ceinture pyriteuse ibérique, d'âge fin Dévonien – début Carbonifère ;

Substance	Mine	Société	Base	Capacité/an (minerai)	Exploitation
Au	Omagh	Galántas Gold Corp.	Irlande	Projet avancé	Carrière
Zn-Pb	Galmoy	Lundin Mining	Suède/Canada	644 000 t	Souterrain
Zn-Pb	Navan (Tara Mines)	New Boliden AB	Suède	2,55 Mt	Souterrain
Zn-Pb	Lisheen	Anglo-American/Ivornia	USA/UK/Canada	1,46 Mt	Souterrain

Tableau 10. Les sociétés minières d'exploitation en Irlande.

Société	Base	Substance prospectée
Conroy Diamond & Gold	Irlande	Au (Armagh, Monaghan, Tullybuck, Lisglassan, Gargalisgoran)
Hereward Ventures	Royaume-Uni	Zn-Pb (Tullamore)
Minco Mining & Metals Corp.	Canada	Zn-Pb (Pallas Green, Monte)
Minco plc	Irlande	Zn (Holy Cross, Shinrone)
Strongbow Resources	Canada	Au (Glenlark)
Tournigan Ltd	Canada	Au (Curraghinalt)
Galántas Ltd	Irlande	Au (Cavanacaw, Omagh)
Bayswater Ltd	Canada	Cu (Avoca)

Tableau 11. Les sociétés minières d'exploration en Irlande.

■ les *cuencas*, qui sont des bassins sédimentaires parsemés dans toute l'Espagne et présentant des plissements peu intenses d'âge alpin. On les divise en *cuencas* tertiaires et *cuencas* du système du Rift.

L'Espagne et le Portugal étant extrêmement riches en indices et mines anciennes bien que le nombre de mines actives ne soit pas actuellement élevé, il nous sera impossible, dans le cadre de cet article, d'examiner toutes les possibilités. On a choisi les provinces où des exploitations notables existent ou ont existé : les Pyrénées franco-espagnoles, une partie du massif ibérique hispanoportugais, et la Cordillère bétique. Et c'est avec regret que l'on doit négliger des minéralisations aussi importantes que le W-Sn et l'or de Galice et du Tras-os-Montes, les nombreux indices de tous ordres des Asturies, la potasse de Catalogne, etc. Mais que le lecteur sache qu'elles existent et offrent, elles aussi, des possibilités au prospecteur.

**La province pyrénéenne en France et en Espagne**

C'est une structure très complexe coupées par la faille NE de Pampelune. À l'ouest de cette faille, les structures sont majoritairement déversées vers le nord, et à l'est, vers le sud. Les Pyrénées présentent un ensemble d'indices et anciennes exploitations de types variés qui sont résumés dans le tableau 12.

*La Cordillère Cantabrique*, qui est dans le prolongement des Pyrénées vers l'ouest, est un bassin mésozoïque rempli de sédiments qui s'échelonnent du Trias au Tertiaire inférieur, plissés par la tectonique alpine à partir de la fin du Crétacé. On y trouve plusieurs districts minéralisés. La région de Santander, avec l'ancienne mine de Reocín, et la zone ouest de la Biscaye, présentent

des minéralisations Zn-Pb-Ag généralement de type karstique, encaissées dans des calcaires dolomités urgoniens. La mine de la Troya, fermée, se trouve dans la zone de Guipúzcoa, mais est du type Reocin. Cette zone présente de nombreux indices Zn-Pb localisés autour de diapirs salifères et encaissés dans le Crétacé supérieur. La région de Bilbao est essentiellement caractérisée par des carbonates de fer.

**La Cordillère celtibérique et le Massif ibérique**

Là encore, les types d'indices sont nombreux, et le tableau 13 est très loin d'être exhaustif.

**Le sillon volcano-sédimentaire de la Ceinture pyriteuse ibérique**

Cette ceinture, d'une longueur de 250 km (Fig. 4), est caractérisée par un complexe volcano-sédimentaire d'âge fin Dévonien – début Carbonifère, reposant sur un ensemble phylliteux et quartzitique du Dévonien inférieur, et surmonté par un flysch de faciès Culm. Le complexe volcano-sédimentaire a une puissance de 100 à 600 m et date du Famennien au Viséen. Le volcanisme est bimodal, le pôle basique allant des laves tholéïtiques aux dolérites, et le pôle acide des dacites à la rhyolite. Les sédiments intercalaires sont des shales, des siltites et des cherts. La minéralisation, très pyriteuse avec Cu, varie du stratiforme massif aux disséminations et aux stockwerks. Elle est plissée en concordance avec la roche encaissante.

La quantité de mines et indices défie toute description complète : plus de 50 mines ont été exploitées dans la région, essentiellement à ciel ouvert, comme Rio Tinto, qui a été à la base de la fortune du groupe minier

Type de gisement	Substance	Exemples	Observations
Stratiformes dans calcaires du Dévonien inférieur.	Zn	Carboire, Bonabé (Pyrénées centrales)	Exploré mais non exploité.
Stratiformes dans émergence entre Namurien et Westphalien.	Pb-Zn-F-Ba	Pyrénées basques espagnoles	Minerai rubané ou massif, parfois reconcentré dans fractures.
Poches karstiques dans calcaires cambriens et dévoniens.	Ba, Cu-Pb-Zn	Pyrénées basques espagnoles	Peu exploitées.
Gîtes volcano-sédimentaires stratoïdes ordoviciens	Zn-Pb	Zone centre-ouest de la province	Peu exploités.
Volcano-sédimentaires stratiformes famenniens	Zn-(Pb)-Ba	Zone Pierrefitte-Arrens, Yenefrito	Dans calcaires famenniens. Replis tectoniques complexes.
Skarns à scheelite autour d'intrusions granodioritiques	W	Salau, Costabonne	Dans calcaires skarnifiés du Caradoc. Exploité à Salau (fermé).
Skarns au contact du granite d'Andorre	Au	Pyrénées centrales et orientales	Calcaire dévonien skarnifié. Teneurs jusqu'à 5g/t Au.
Dans contact migmatites-dolomies de l'Ordovicien supérieur	Talc	Trimouns (Luzenac)	Dans le massif prépyrénéen de Saint-Barthélemy. En exploitation.

Tableau 12. Quelques types de minéralisations dans la province pyrénéenne en France et en Espagne.

Type de gisement	Substance	Exemples	Observations
Gîtes stratoïdes et bréchiqes (karstiques) dans calcaires cambrien inférieur à moyen	Zn-Pb-Ag	Rubiales, Santa-Bárbara (Oviedo-León) ; zone Ponferrada-Caurel (León)	Toujours au contact de shales noirs. Rubiales est épuisé ; Santa-Bárbara (ou Toral) est en exploitation.
Gîtes contrôlés par la fracturation et la dolomitisation de calcaires dolom. carbonifères.	Zn-Pb	Zone SE de Picos de Europa (Asturies)	Inexploité.
Minéralisations stratoïdes et filoniennes	Pb-Zn-Ag-Cu	Vallée d'Alcudia (Sierra Morena)	Indices stratoïdes dans le Protérozoïque sup., puis syntectoniques ou post-tectonique (Hercynien).
Stratiforme, en relation avec un volcanisme gothlandien.	Hg	Almaden (Ciudad Real)	Minéralisation associée à des niveaux de quartzite. Mine fermée provisoirement.
Skarns autour d'intrusions de quartzomonzonites et de monzogranites.	Au-(Cu)	Région du Rio Narcea (Oviedo)	Intrusions mises en place dans des calcaires du Cambrien sup., du Silurien sup. et du Dévonien inf. En exploration.
Skarns d'âges divers (Cambrien inf. à Carbonifère inf.) autour d'une granodiorite greisenifiée.	W	Los Santos (Salamanca)	Minéralisations stratoïdes. En exploitation.
Gîtes associés à des intrusions acides	W-Sn	Depuis la Galice au Portugal central (Panasqueira)	Nombreux indices et petites exploitations. Panasqueira, en exploitation, se trouve sur un granite intrusif greisenifié du Protérozoïque supérieur.
Minéralisations associées à des intrusions post-tectoniques de granite calco-alcalin.	U	Région de Ciudad Real	Quelques exploitations aujourd'hui fermées.
Dans cheminées de brèches de gabbro-norite près du contact avec une granodiorite	Ni-Cu-PGM	Aguablanca (Séville), zone d'Ossa-Morena	Âge Protérozoïque sup. à Cambrien inf. En exploration. Teneurs 0,65% Cu, 0,45% Ni. Découvert sur gossan.
Indices associés à un complexe granodioritique.	Cu, U, Au, Pb-Zn, W-Sn	Zone d'Ossa-Morena (Séville)	Une cinquantaine d'indices ou d'anciennes mines, à étudier.

Tableau 13. Quelques types de minéralisations dans la Cordillère celtibérique et le Massif ibérique

britannique du même nom, Tharsis, La Zarza, Sao Domingo, etc. La minéralisation, liée au volcanisme acide du complexe volcano-sédimentaire, est essentiellement pyriteuse, avec Zn-Cu-Pb-Ag associés.

Dans les années 70, un géologue eut l'idée de rechercher d'autres gisements semblables sous couverture sédimentaire au Portugal. C'est ainsi que fut découvert, en 1977, le gisement de Neves-Corvo par la Société Peñarroya et le BRGM. Il fut revendu par les deux sociétés à Rio Tinto en 1986 lors de la grande braderie qui a précédé la fermeture de toute activité minière en France. Mais la découverte de ce groupe d'amas, beaucoup plus riche en Cu-Zn qu'en Espagne, avec des teneurs en Sn jusqu'alors inconnues dans les gisements de ce type, a relancé la prospection à la fois en Espagne et au Portugal. Dans les années 90, alors que personne ne s'intéressait plus à la mine en France, les amas de Las Majadas, Castillejitos, Las Cruces et Lagoa Salgada, tous cachés sous des sédiments tertiaires, ont été découverts. D'autres gisements sont actuellement en cours d'exploration.

Actuellement, quatre mines sont en exploitation

et cinq en développement. Tous ces gisements sont de type volcano-sédimentaire et d'âge Dévonien supérieur à Carbonifère inférieur. Ils sont en partie stratiformes et syn-sédimentaires, et en partie formés de stockwerks (nourriciers ?). Ce sont, d'ouest en est, au Portugal : Aljustrel (en développement), Neves-Corvo ; en Espagne : Tharsis (en projet), Aguas Teñidas Este, La Zarza (en développement), Sotiel & Migollas, Mesa Valverde (en développement), Aznalcollar-Los Frailes (en redémarrage après arrêt), Las Cruces (en développement, problèmes avec les écologistes).

Beaucoup de petites sociétés exploitent des gisements à leur mesure. Nous n'avons pas le loisir de les citer intégralement, et seules sont prises en compte les sociétés exploitant un gisement ou un groupe de gisements d'importance.

La plupart des gisements cités plus haut sont de grandes dimensions : dans la ceinture pyriteuse ibérique, ils dépassent couramment les 100 millions de tonnes (avant exploitation), mais les teneurs sont le plus souvent basses, Neves-Corvo étant l'exception.

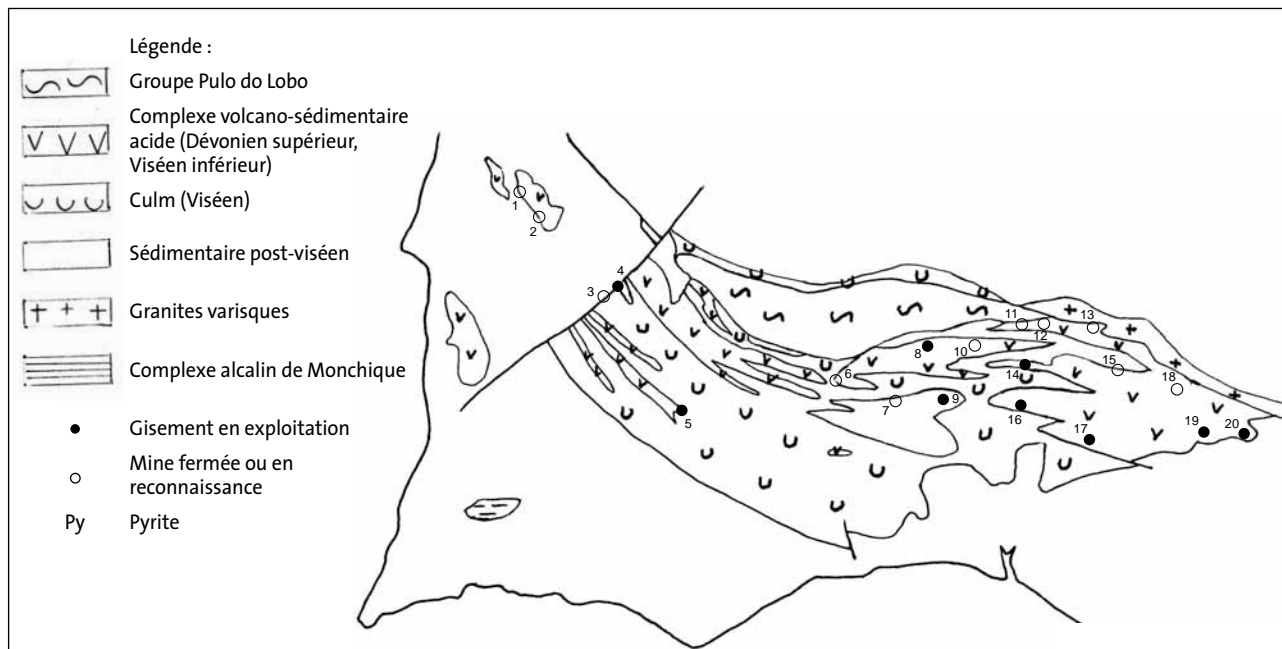


Figure 4. Les gîtes métallifères de la Ceinture pyriteuse ibérique.

Légende de la figure 4.

N°	Pays	Gîtes	Substances
1	Portugal	Caveira	Cu-Au
2		Lousal	Py-Cu-Pb-Zn
3		Gavião	Cu-Zn-Pb
4		Aljustrel	Zn-Pb-Cu-Ag
5		Neves-Corvo	Cu-Zn-Sn
6		São Domingos	Py-Cu
7	Espagne	Herrerias	Ba-Fe
8		Aguas Teñidas	Zn-Cu-Pb-Au
9		Tharsis	Py-Zn-Pb-Cu
10		La Joya	Py-(Cu)
11		San Telmo	Py-Au
12		Lomero	Py-Au-Zn-Pb
13		Concepcion	Py-Cu-(Zn)
14		La Zarza	Py-Cu-Au
15		Río Tinto	Py-Cu-Au
16		Sotiel	Zn-Cu-Pb
17		Mesa Valverde	Py-Au-Cu
18		Castillo de las Guardas	Py-Cu
19		Aznalcollar	Zn-Pb-Cu
20		Las Cruces	Py-Cu

L'avenir de la mine dans la péninsule ibérique

Les sociétés exploitantes en Espagne et au Portugal sont sensiblement les mêmes que les sociétés pratiquant la prospection (Tabl. 14). Leur liste est très fluctuante, car les achats, rachats, associations, changement de nom et de statut sont fréquents. Cela sent le boursicotage à plein nez. Si bien qu'il est parfois difficile de

savoir si tel gisement est en exploitation, en développement, fermé ou épuisé. Ce qui est frappant, c'est que, tout comme en Scandinavie, les grosses sociétés classiques, telle Rio Tinto, dont l'Espagne fut pourtant longtemps la base, sont tout à fait absentes. Mais que l'on ne s'y trompe pas : sous des noms moins connus, d'importantes sociétés explorent et exploitent en Espagne, comme Lundin Mining, qui à la fois exploite le pétrole de la mer du Nord (et du Bassin parisien !), et les gisements de Zinkgruvan (Suède) et Galmoy (Irlande). Elle est basée en Suède par tradition, à Genève par commodité, et au Canada car elle vient de racheter la société Eurozinc.

L'Espagne est l'un des plus vieux pays miniers d'Europe, puisque l'histoire de la mine espagnole commence avec les Phéniciens à Tharsis et Carthagène. Aujourd'hui encore, c'est le pays d'Europe qui maintient une production métallique assurant ses besoins. Les sociétés minières s'arrachent les permis d'exploration dans la ceinture pyriteuse ibérique, où la partie sous couverture, au Portugal, excite les convoitises, malgré les difficultés de la prospection indirecte, et les indices d'or, dans le nord de la péninsule, commencent à faire rêver. Si les obstacles d'ordre administratif n'étaient pas aussi grands en France, nul doute que cette activité s'y étendrait également. Mais les conditions, en Espagne et au Portugal, sont tout à fait propices à la mine, avec des aides non remboursables des Gouvernements, une fiscalité favorable, une législation sans ambiguïtés, une infrastructure développée, et enfin des archives que l'on peut facilement consulter à l'IGME (*Instituto Geologico-Minero de España*). Seule ombre au

Substance	Mine	Société	Base	Capacité/an (minerai)	Exploitation
Zn-Pb	Pierrefitte				Fermée
Zn-Pb-As	Arrens				Dormante
Zn	Carboire				Dormante
W	Salau				Fermée
Talc	Trimouns	Rio Tinto	Royaume-Uni	430 000 t	Carrière
Zn-Pb-Ag	Reocin				Épuisé
Zn-Pb	La Troya				Fermée
Au-Cu	El Valle-Carlès	Rio Narcea	Canada		Sporadique en carrière
Zn-Pb-Ag	Rubiales - Santa-Barbara (Toral)	Lundin Mining	Suède/Canada		En projet
W (scheelite)	Los Santos	AGD/Daytal Resources	Australie		En projet
Sn-W	Panasqueira	Primary Metals		700 000 t env.	Souterrain
Hg	Almaden	Minas de Almaden y Arrayanes	Espagne (État)		Fermée
Ni-Cu-PGM	Aguablanca	Rio Narcea	Canada	1,47 Mt	Carrière
Zn-Cu-Pb-Ag	Aljustrel	Lundin Mining	Suède/Canada	En démarrage	Souterrain
Cu-Zn-Sn	Neves-Corvo	Lundin Mining	Suède/Canada	2 Mt	Souterrain
Zn-Cu-Au	Tharsis	Lundin Mining	Suède/Canada		En projet
Zn-Cu-Pb	Aguas Teñidas Este	Iberian Resources	Australie	?	Souterrain
Pyrite-Cu-Au	La Zarza	Ormonde Mining	Irlande		En projet
Pyrite-Au-Cu	Mesa Valverde	Ormonde Mining	Irlande		En projet
Zn-Cu-Pb	Sotiel	PGM Ventures	Canada	?	Carrière ?
Zn-Pb-Cu	Aznalcollar	Lundin Mining	Suède/Canada	En redémarrage	Carrière/souterrain
Cu	Los Cruces	Inmet	Canada	72 000 t Cu métal/an	En projet

Tableau 14. Les sociétés minières d'exploitation dans la péninsule ibérique.

tableau : la qualité très inégale des cartes géologiques officielles. Mais ne serait-ce pas là aussi, plutôt un avantage pour le prospecteur astucieux ?

## La Pologne

La Pologne est particulièrement bien dotée en gisements métallifères d'importance. Ils se réduisent à deux types de gisements, mais, surtout le second, d'une grande importance économique.

### Les gisements de Zn-Pb-Ag dans le Trias de Haute Silésie et de la région de Cracovie

Il s'agit de minéralisations Zn-Pb-Ag encaissées dans les séries du Muschelkalk, et plus particulièrement dans les faciès dolomitiques, ce qui rappelle les gisements des Alpes orientales dans le Ladinien. Le type de gisement lui-même est très comparable, les minéralisations les plus notables se trouvant dans des remplissages bréchiqes de cavités d'allure karstique. Les blindes sont souvent riches en Cd, Ge, Ga, etc. Quatre régions minières se sont développées : Bytom, Tarnowskie Góry, Chrzanów et Olkusz, mais, comme ailleurs en Europe, des fermetures ont eu lieu, sans aller pourtant jusqu'à interrompre la production.

### Les gisements de type Kupferschiefer de Pologne orientale

En 1957, un sondage pétrolier traversa une couche de schistes cuprifères, que, vu le contexte, on assimila rapidement au *Kupferschiefer* du Mansfeld. Depuis la fin des années 60, cette formation est exploitée avec succès, car puissances et teneurs y sont beaucoup plus élevées. Le cuivre n'est pas limité à cette couche, mais débord largement au mur sur les grès et au toit dans des niveaux carbonatés. Les exploitations, très profondes (jusqu'à plus de 1000 m), se trouvent autour de Lubin, à Rudna, Polkowice et Sieroszowice. Elles sont prospères et, apparemment, il n'est question que d'expansion. La Société exploitante est Polska Miedz, appartenant à 45% à l'État.

### L'avenir de la mine en Pologne

Il semble ne poser aucun problème, si ce n'est la date à laquelle les mines de Zn-Pb seront remises en pleine activité. Il faudrait aussi se préoccuper de savoir jusqu'où, vers l'ouest, le *Kupferschiefer* est économiquement valable.



Mais la prospection en Pologne est pour le moment gênée par un code minier peu clair sur les droits des explorateurs et investisseurs.

### Les Carpathes (Slovaquie)

Les montagnes de Slovaquie ont été exploitées depuis des siècles pour cuivre, antimoine et or, essentiellement volcano-sédimentaire et filonien. Le tableau 12 résume les principaux types de gisements reconnus.

#### L'avenir de la mine dans les Carpathes

On ne voit pas la raison pour laquelle un pays si richement doté de possibilités n'aurait pas une activité minière en plein essor. Le projet Kremnica en est la preuve. L'attention, en Slovaquie, paraît assez fixée sur la pollution environnementale occasionnée par les haldes et rejets de laverie. En fait, une telle quantité de rejets de mines, en général anciens, offrirait plutôt une chance de retraitement, ce qui ferait coup double : valorisation des métaux et dépollution environnementale. Avis aux amateurs.

### Conclusion générale

Une conclusion générale est à peine utile. D'après tout ce qui précède, il saute aux yeux que l'Europe n'est pas moins favorisée par la nature que tout autre territoire de cette ampleur. On pourrait penser que cette pauvre vieille

Europe, ayant été exploitée depuis 2000 ans et plus, toutes ses possibilités ont été épuisées. L'argument ne tient pas. Ce qu'exploitaient nos ancêtres n'est comparable ni en teneurs ni en tonnages, ni même en types de métaux, aux besoins d'aujourd'hui, et le résultat d'exploitation d'une année d'une mine du Moyen Age tiendrait à l'aise dans un godet de pelle de la carrière d'exploitation d'un porphyre cuprifère.

On pourrait argumenter des dégâts environnementaux. Certes, les carrières d'exploitation telles que celles des charbonnages d'Alès ou des bauxites de Brignoles sont spectaculaires. Mais les dégâts sont ponctuels à l'échelle d'un pays et n'ont rien à voir avec la pollution permanente d'un fleuve comme le Rhin de la Suisse à son embouchure, de l'atmosphère de notre globe par les gaz à effet de serre, ou des mers par tout ce que l'on y rejette. La mine est relativement éphémère et l'on sait parfaitement remettre en état le paysage et même tirer parti de ses inconvénients lorsqu'elle a disparu. Du « plat pays », les terrils ne sont-ils pas les uniques montagnes ? Et les fonds de carrière les uniques plans d'eau ?

L'Europe est aussi neuve, mais combien plus documentée et facile à exploiter, que le bouclier canadien ou les déserts d'Australie. Alors, qu'attendons-nous ? Sont-ce l'herbe verte et les petits oiseaux qui nous donneront du pain et du travail ?

Type de gisement	Substance	Exemples	Observations
Volcano-sédimentaires stratoïdes (type Ceinture pyriteuse ibérique)	Cu	District de Spišsko-Gemerské-Rudohorie et mine de Smolník	Cu et pyrite en lentilles encaissées dans schistes graphiteux et talcschistes traversés par des intrusions acides.
Volcano-sédimentaire stratoïde silurien-dévonien	Fe	Niža Slaná (Carpathes occidentales)	Encaissé dans schistes sériciteux et graphiteux avec grès et quartzites. Exploité par Oz Siderit Niža Slaná
Lentilles et filons dans les séries volcano-sédimentaires acides et basiques paléozoïque inf. et moy. et détritique permien.	Fe-Cu-Au-As-Ag	Monts Slovenske Rudohorie (Slovinsky, Rudňany, Gelnica, Rožňava)	Mines fermées, mais haldes importantes, peut-être à retraiter ?
Dans shales noirs associés à pyroclastites basiques, métamorphisés.	Sb-Au-As	Pezinok (Slovinsky Rudohorie)	Zone minéralisée d'âge Silurien à Carbonifère inf., tronquée par faille de chevauchement. Mine fermée en 1991.
Minéralisations filoniennes dans granitoïdes varisques	Sb-Au-As (Ag-Zn-Pb)	Magurka, Dubrava (Basses Tatras)	Dubrava a été un gros producteur de Sb : champ filonien de 4 km de long et 1,5 km de large.
Minéralisations filoniennes dans structures de clivage régionales.	Sb-Au	Čučma, Poproč (Carpathes occ.)	Plus de 1300 filons à sidérite et sulfures. Origine controversée.
Gîtes associés à complexes volcano-plutoniques récents	Pb-Zn-Cu, Ag, Au, pyrite	Régions de Banská Stiaavnica (Schemnitz) et Kremnica (Kremnitz)	Système filonien associé à intrusions dioritiques propylitisées, rhyolites, andésites, d'âge récent (jusqu'à Miocène sup.). Carrière en projet.

Tableau 15. Quelques types de minéralisations dans les Carpathes (Slovaquie).