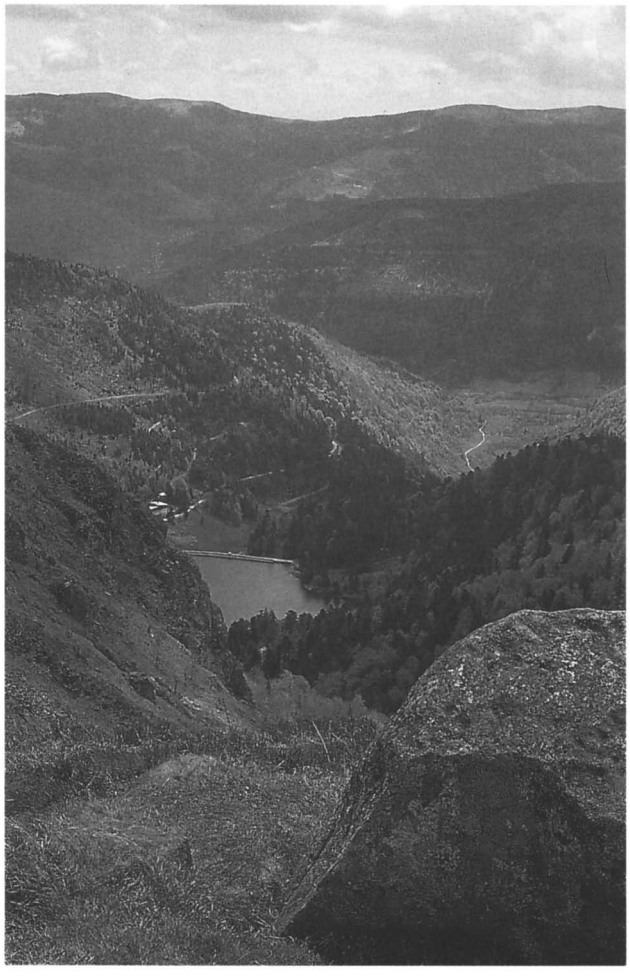
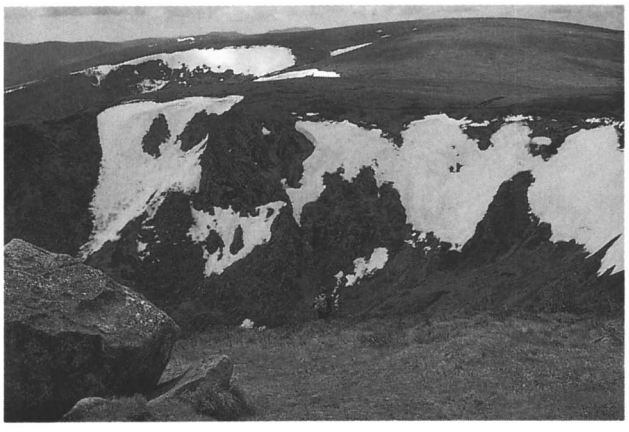


« *Afb. F-7. Uitzicht vanaf de Hohneck naar het zuidoosten.*

Afb. F-8. De Hohneck vanaf het noorden gezien. De sneeuw blijft op de noordelijke helling lang liggen.



* *Sainte-Marie-aux-Mines,* met haar museum en bezoekers-mijn werd in het Vogezen-artikel al besproken. *La Croix-aux-Mines* was eveneens een belangrijk mijncentrum, met vele putten, galerijen en storthopen. Naar verluidt is het zoeken daar toegestaan.

* *Rupt-sur-Moselle.* In de buurt ligt de fluorietmijn van Maxonchamp, 3 km ten noorden van Rupt. Dit zou een bij uitzondering nog werkende mijn zijn.
* *Giromagny - Lepuix-Gy* (ten N van Gir) heeft een belangrijke groeve waar tuf voor bestrating wordt gewonnen.
* *Ronchamp* heeft een Musée de Mine. Er werden ooit kolen uit het Stephanien gedolven.
* Ten NW van St-Germain ligt *La Tourbière de la Pile,* een veenderij, met plantenafdrukken. In de buurt liggen Permische grèsgroeven met plantenresten, kruipsporen van reptielen en ook mariene fossielen.
* Er zijn vele oude steengroeven te vinden, o.a. bij *La Bresse,* door goed de Michelinkaarten te bestuderen.
* Op vele plaatsen zijn *IJstijdverschijnselen* te zien, vooral in de hooggelegen valleien. Deze komen o.a. tot uiting in U-vormig uitgeslepen dalen, morenes, "cirques" en meertjes. De laatste ontstonden vaak waar de loop van een riviertje door een morene werd gestremd.

J.S.-v.B.

De lood-zinkertsen van Frankrijk

door W.C.P. de Vries

Looderts is een der eerste ertsmineralen die voor de mens van belang is geworden. Niet in de eerste plaats om het lood, maar omdat loodertsen altijd enig zilver bevatten, welk edelmetaal de basis is geweest voor de macht en rijkdom van vele volken gedurende tientallen eeuwen. Het lood was in dit opzicht veelal een bijprodukt en werd, onder meer in een legering met tin, gebruikt voor eetgerei: bekers, borden en bestek. In de Romeinse tijd was de produktie van tin niet groot (grotendeels afkomstig uit Cornwall) en er was wèl een groot aanbod van lood. Zo kwam er op grote schaal eetgerei in omloop dat weinig tin en veel lood bevatte. Loodvergiftiging wordt beschouwd als de belangrijkste reden voor de geestelijke aftakeling, die gevoerd heeft tot de ondergang van het Romeinse rijk.Een vrij belangrijk bijprodukt van vele loodmijnen was koper. In latere tijd (18de eeuw) was ook kobalt een veelgezocht metaal; dit werd, bv. in Les Challanches in de Vogezen, gehaald uit een rijke, doch zeer kleine ertsader, waar het erts als het ware met een theelepel werd verzameld.
Lood en zink worden in één adem genoemd. Dit komt omdat de ertsmineralen van lood en zink vaak tezamen voorkomen, zij vormen zich onder vrijwel dezelfde omstandigheden, onder grotendeels overeenkomstige waarden voor temperatuur en druk.
Een ontstaanswijze is het neerslaan uit afkoelende, hete,

'waterige' oplossingen die in de aardkorst circuleren, veelal afkomstig uit grote massa's stollingsgesteenten (granietplutonieten).

De indeling van Frankrijk naar geologische structuur en voorkomen der lood-zinkertsen

Veel ertsvoorkomens bevinden zich in het Hercynische gesteentecomplex (de gesteenten die werden geplooid en gemetamorfoseerd tijdens de Hercynische gebergtevormende fase) en werden aangevoerd door de granieten die tijdens de Hercynische gebergtevormende fase in de aardkorst omhoog kwamen.
Hercynisch Frankrijk kan worden verdeeld in:- de 'Keltische Romp': het afgeërodeerde Hercynische gebergte, waarvan de huidige Hercynische Massieven delen zijn,- de 'Sardo-Provençaalse Romp', de fragmenten van de Hercynische romp die voorkomen in de Pyreneeën en de Alpen en die zijn opgenomen in de Alpine gebergten. De Hercynische gesteenten zijn daardoor deels opnieuw geplooid en gemetamorfoseerd.
Daarnaast loopt er een belangrijke grens, noord-noordoost - zuid-zuidwest, dwars door Frankrijk; hiervan is de grote breuk door het Massif Central, de 'Sillon houiller' de meest duidelijke uiting. Deze lijn scheidt een oostelijk gedeelte met veel voorkomens van lood-zinkertsen van een westelijk deel, dat, ondanks de grote voorkomens in Bretagne, arm is aan ertsen. Merkwaardig is bovendien dat in de ertsaders van het westelijk gedeelte de begeleidende mineralen bariet en fluoriet ontbreken. Een verklaring voor dit fenomeen is er nog altijd niet. Deze zou gevonden kunnen worden in de structuur van de aardkorst: het is opvallend dat de dikte van de aardkorst ten westen van de breuk twee maal zo groot is als die ten oosten ervan.

Regionale indeling

1. Vogezen
De mijnbouw in de Vogezen had haar hoogtepunt in de Middeleeuwen, in de 16de en 18de eeuw. De ertsen komen voor in de kristallijne, pre-Triadische gesteenten. Bekende gebieden zijn: La Croix-aux-Mines, Sainte-Marie-aux-Mines, Giromagny, Col d'Urbeis en Plancher-les-Mines.
In de post-Hercynische sedimentaire successie zijn geen ertsen aanwezig.

2. Lotharingen
In Trias-sedimenten - grove zandsteen uit de Buntsandstein - bevinden zich mineralisaties van galeniet: Bleiberg en Castelberg.

3. Ardennen
In het Devoon vinden we enig lood en fluoriet: Bois-le-Duc, als voortzetting van de Belgische ertsvoorkomens van Bleyberg-Moresnet.

4. Het Armoricaanse Massief van Bretagne
Hoewel er slechts enkele voorkomens zijn, is Pontpéan hét belangrijkste loodertsgebied van geheel Frankrijk. Daarnaast zijn er de voorkomens van Plelauff, Trémuson, La Chapelle - Saint-Maudé en die van Le Huelgoat - Poullaouen.

5. Massif Central
Dit gebied bevat een groot aantal ertsvoorkomens; de Cevennen leveren veruit de grootste hoeveelheid erts van geheel Frankrijk. Het gedeelte ten westen van de Sillon houiller kent vrijwel geen verertsingen; er zijn enkele ertsvoorkomens in de Périgord: Nontron (la Tuilerie de Bord) en Chabrignac; alsmede in de Poitou: Melles en Alloue-Ambernac. De voorkomens van Ussel, Figeac en Asprières behoren tot het oostelijke gedeelte.
Het noordoostelijke gebied, de Morvan, bevat de voorkomens van Avallon en Chitry-les-Mines. Beaujolais en Maconnais zijn vrijwel steriel. Auvergne en Vivarais kennen vele kleine voorkomens; het zilvergehalte is echter vaak opvallend hoog. Enkele belangrijke gebieden in Auvergne zijn: Pontgibaud (met onder meer La Brousse), Châteauneuf-les-Bains en Saint-Martin-la-Sauvété met Jumeau, Aurouze, Olliergues, Saint-Amant en La Roche-Sabine. In de Vivarais zien we Chaliac in het zuiden en noordelijker onder meer Saint-Barthélémy-le-Plain, Saint-Julien-Molin-Molette, La Poype en La Pause.

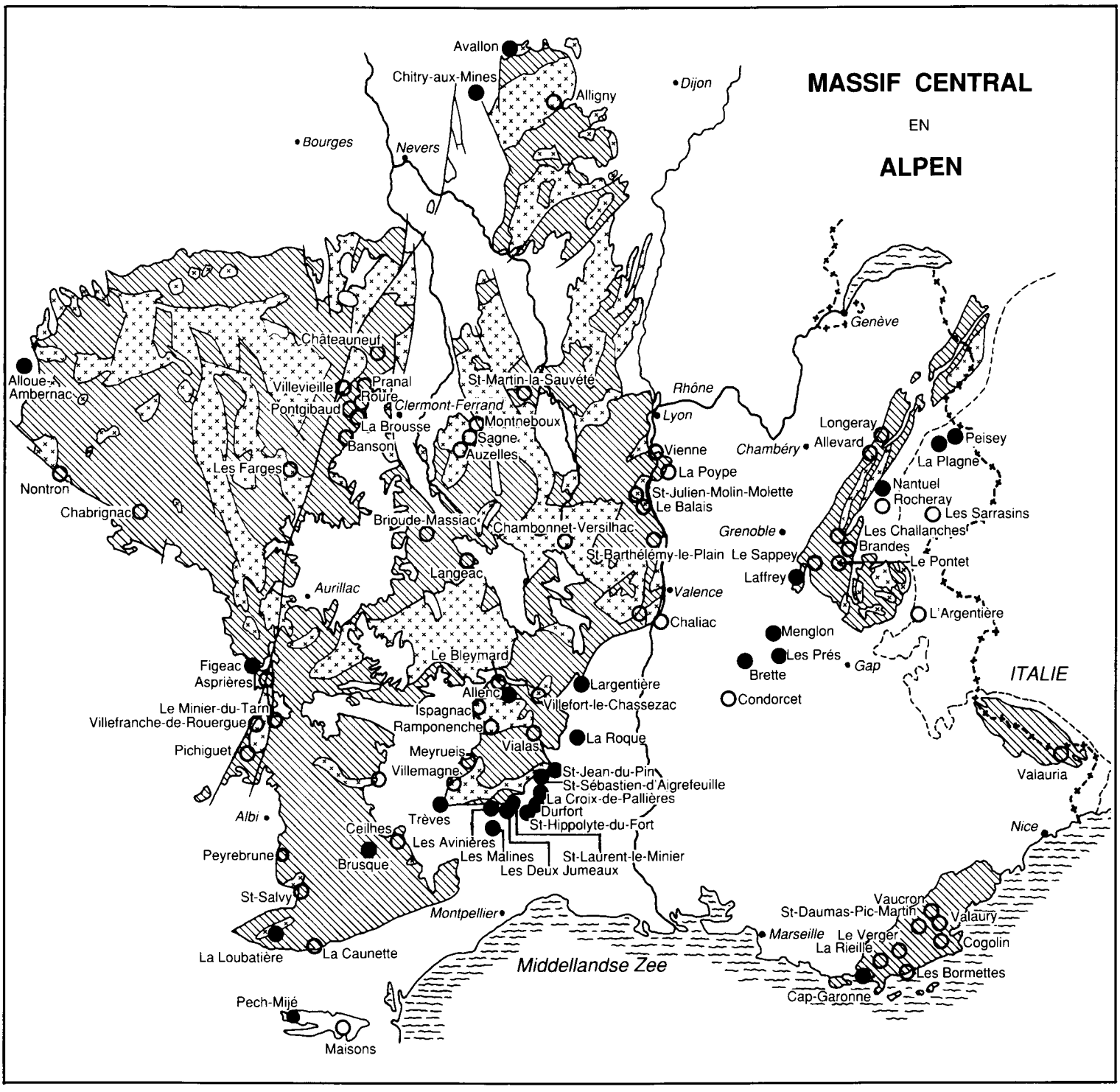
- Cevennen
Dit kleine gebied is van groot belang en de produktie en reserves bedragen rond 40% van het Franse totaal. Trèves met Villemagne is een van de belangrijkste gebieden, niet alleen van de Cevennen, doch van geheel Frankrijk; daarnaast zijn er de grote voorkomens van Les Malines en Largentière, verder La-Croix-de-Pallières, Le Bleymard, Saint-Bresson (La Sanguinède, Mas Gardie, Mas Lacombe) en Saint-Sébastien-d'Aigrefeuille. We vinden zowel ertsen in het Hercynische gesteentecomplex alsook in de jongere, Mesozoïsche sedimenten, zowel als aders (Villemagne, Vialas, Ramponenche), als evenwijdig aan de gelaagdheid van de sedimenten: Largentière, Trèves, Les Malines, Saint-Félix-de-Pallières, Saint-Julien-la-Nef, La Coste, La Grande-Vernissière, Joseph, Le Soulier, Saint-Félix, Rousson, Rochebelle-Fontaines, Valensoles, enz. Het gebied rond Alès valt op door het hoge gehalte aan pyriet (Le Soulier, Cendras, Saint-Félix, Saint-Florent, Panissières).

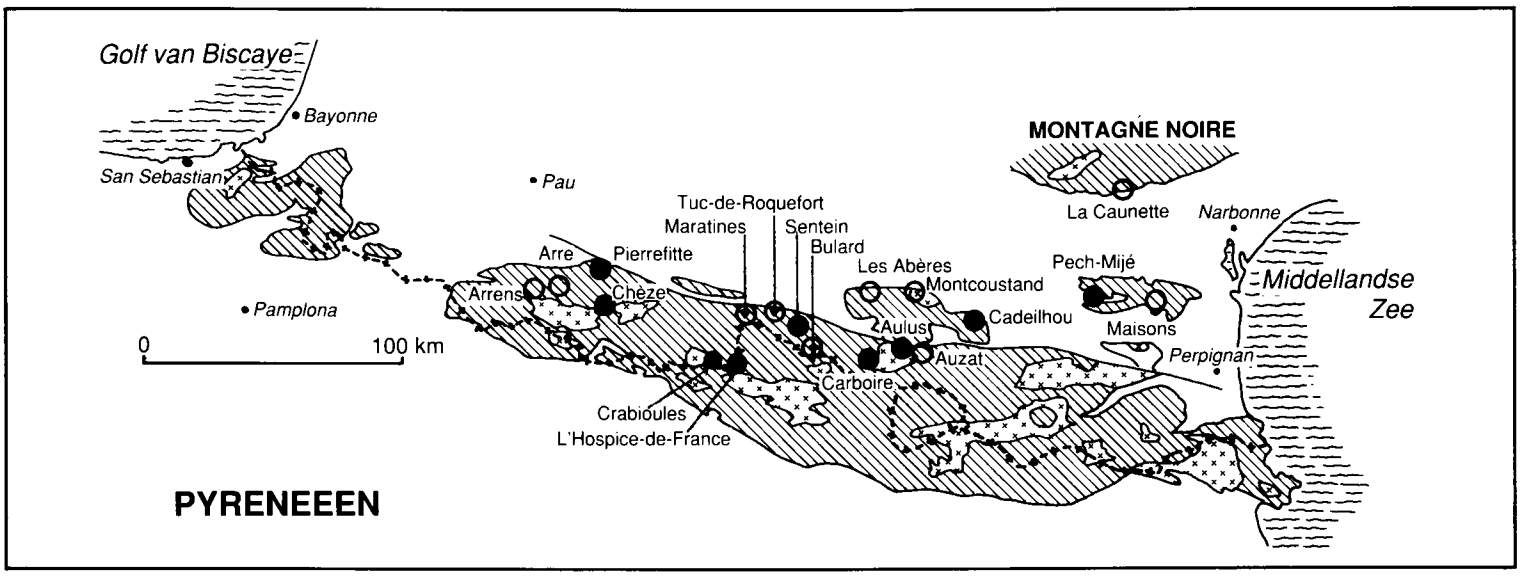
- Rouergue - Quercy - Albigeois
De Rouergue zelf is vrijwel steriel, ertsen komen alleen langs de randen voor, o.a.: Le Minier-du-Tarn bij Millau, Villefranche-de-Rouergue. Het gebied van Quercy kent één mineralisatie in het Sinémurien: Figeac. In de Albigeois komt voornamelijk fluoriet voor, voor lood en zink is het gebied niet van belang.

6. Montagne Noire
De centrale zone, die van Precambrische ouderdom is, is steriel; enkele ertsvoorkomens bevinden zich in Cambrische sedimenten zoals La Loubatière. We vinden de grote ertslichamen van Peyrebrune en Ceilhes in het noorden; van belang is Saint-Salvy in het westen. Daarnaast is er in het zuiden een hele serie veelal kleine voorkomens: Salsigne - La Caunette, Labecède de Lauragais, Saint-Pons, Bibaud.
In de Mesozoïsche, 'bedekkende' sedimenten van de Montagne Noire is geen spoor van verertsing te vinden.

7. Pyreneeën
De Pyreneeën kennen enkele grote voorkomens: Pierrefitte, Sentein, Aulus en Cadeilhou, met daarnaast een groot aantal kleine ertsvoorkomens. Veel ertsen van de Pyreneeën bevinden zich in Ordovicische sedimenten: Pierrefitte en Chèze in de Bigorre; Sentein, Aulus, Carboire, Bulard, Melles en Val de Burat in de centrale Pyreneeën. Daarnaast vinden we in Devonische kalksteen de ertslichamen van Cadeilhou en Le Pech Mijé. Verder komen er veel ertsen voor langs de grote Noord-Pyreneeën-breuk, bv.: Auzat (Lias), Sarrancolin (Cénomanien) Tuc-de-Roquefort en Arre-Anglas; de ertsen van Lauqueille en Lacore bij Aulus bevatten veel koper, nikkel en kobalt.
Merkwaardig is dat de oostelijke centrale zone van het gebergte steriel is.

8. Maures en Tanneron
Het kleine massief van de Maures heeft grotere reserves dan de Pyreneeën; Les Bormettes komt in rangorde van de belangrijkste ertsadervoorkomens direct na Pontpéan. De mineralisaties komen voor in drie noord-zuid gerichte stroken; de meest oostelijke is die van Le Garrot - Font Sancte met alleen fluoriet, er komen geen ertsen voor; de centrale strook bevat naast erts, fluoriet en bariet: Saint-Daumas - Pic-Martin, Valaury, Vaucron, Cogolin. De westelijke zone van ertsen omvat Peyrolles, Maraval, La Rielle, Le Verger, Les Bormettes, Le Trapan. Enkele voorkomens zijn rijk aan antimoon: Valcros, Le Borel. Ook is er het koperertsvoorkomen van Cap Garonne.


MASSIF CENTRAL
EN
ALPEN
Avallon
Chitry-aux-Mines
Alligny
Dijon
Bourges
Nevers
Genève
Châteauneuf
Alloue-Ambernac
Villevieille
Pranal
Roure
Pontgibaud
Clermont-Ferrand
St-Martin-la-Sauveté
Rhône
Lyon
La Brousse
Montneboux
Sagne
Banson
Auzelles
Vienne
Chambéry
Allevard
Longeray
Peisey
La Plagne
Les Farges
La Poype
Nontron
St-Julien-Molin-Molette
Le Balais
Nantuel
Rocheray
Les Sarrasins
Chabrignac
Brioude-Massiac
Chambonnet-Versilhac
Grenoble
Les Challanches
Brandes
St-Barthélemy-le-Plain
Le Sappey
Le Pontet
Langeac
Laffrey
Aurillac
Valence
L'Argentière
Chaliac
Menglon
Figeac
Le Bleymard
Les Prés
Brette
Gap
ITALIE
Asprières
Largentière
Allenc
Villefort-le-Chassezac
Condorcet
Le Minier-du-Tarn
Ispagnac
Villefranche-de-Rouergue
Ramponenche
La Roque
Vialas
Pichiguet
Meyrueis
Valauria
Villemagne
St-Jean-du-Pin
St-Sébastien-d'Aigrefeuille
La Croix-de-Pallières
Albi
Durfort
Trèves
St-Hippolyte-du-Fort
Nice
Ceilhes
Les Avinières
Peyrebrune
Les Malines
St-Laurent-le-Minier
Brusque
Les Deux Jumeaux
Vaucron
St-Daumas-Pic-Martin
Valaury
St-Salvy
Montpellier
Marseille
Le Verger
Cogolin
La Rieille
La Loubatière
La Caunette
Middellandse Zee
Les Bormettes
Cap-Garonne
Pech-Mijé
Maisons


Golf van Biscaye
Bayonne
MONTAGNE NOIRE
San Sebastian
Pau
Tuc-de-Roquefort
La Caunette
Narbonne
Maratines
Sentein
Bulard
Arre
Pierrefitte
Les Abères
Pech-Mijé
Middellandse Zee
Montcoustand
Arrens
Chèze
Pamplona
Cadeilhou
Aulust
Maisons
0
100 km
Auzat
Perpignan
Carboire
Crabioules
L'Hospice-de-France
PYRENEEEN

9. De Alpen
Voor de lood-zinkertsen een vrij armzalig gebied, met als een der uitzonderingen het grote voorkomen van La Plagne met een looderts dat rijk is aan zilver. De belangrijkste gebieden zijn die van Oisans en de zuidelijke gedeelten van de Belledonne en Aiguilles Rouges. In de Grand Châtelard kennen we de ertsen van Bois Feuillet en Rocheray.In de Triassische sedimenten zijn er de mineralisaties van La Plagne, Peisey, Nantuel, Laffrey en l'Argentière (Hautes-Alpes); in het Perm van de Mercantour die van Valauria.

10. Corsica
Dit eiland bevat weinig erts; de twee voornaamste voorkomens zijn die van Argentella en La Finosa, beide in het Hercynische complex; het Alpine deel van Corsica is steriel.

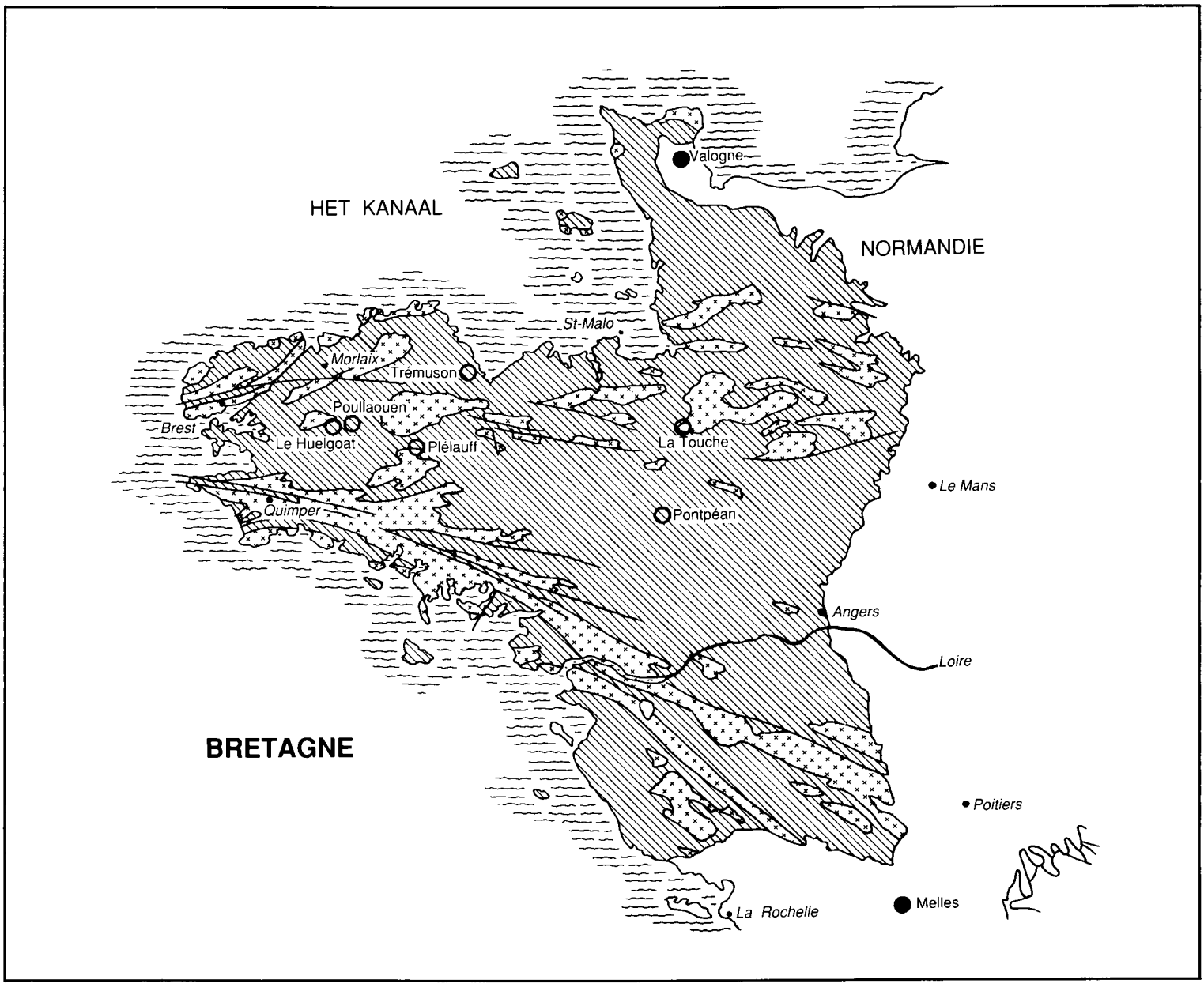
De geschiedenis van de mijnbouw in Frankrijk

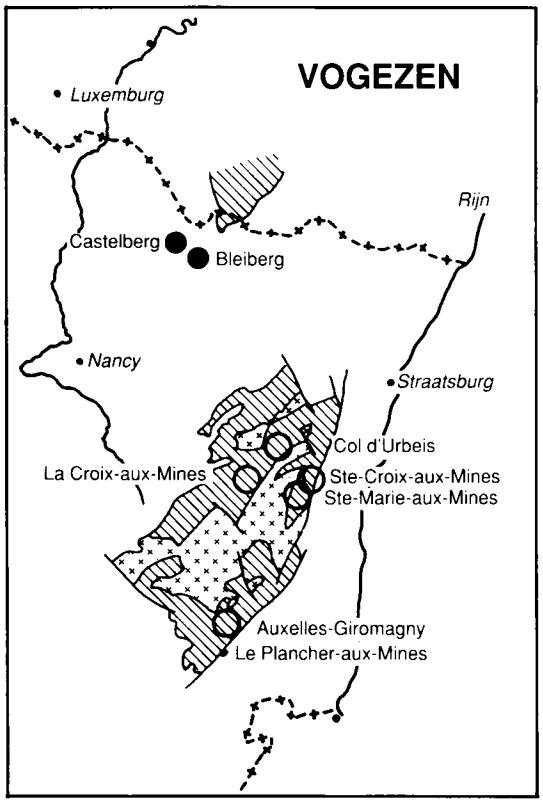
De exploitatie van lood-zinkertsen in Frankrijk is al heel oud. Er wordt vaak verwezen naar de exploitaties door de Romeinen en de Arabieren, maar dezen waren beslist niet de eersten die zich met deze mijnbouw bezig hielden. Er zijn enkele prehistorische exploitaties bekend, zoals bij Vialas; de Phoeniciërs mijnden de ertsen van Les Bormettes en de voorkomens van Villefranche-de-Rouergue werden reeds door de Kelten geëxploiteerd.
De Romeinen ontwikkelden een grote mijnbouwactiviteit, onder meer in de voorkomens van La Croix-de-Pallières, La Loubatière, Pontgibaud, Brandes, Pierrefitte (Pyreneeën), La Plagne en Le Pontet.
Ondanks hun korte aanwezigheid in Frankrijk waren de Arabieren zeer actief en exploiteerden vele mijnen in de Midi en de Franse Alpen: Les Bormettes, Saint-Daumas, Cogolin, Nantuel, Les Sarracins. Ook na de Slag van Poitiers in 732, waar Karel Martel de Arabische veroveraars een halt toeriep, bleven vele Arabische mijnbouwers in Frankrijk werkzaam. In de vroege Middeleeuwen gaat de mijnbouw sterk achteruit en is er eigenlijk alleen activiteit in de bovengenoemde mijnen door de Arabieren. Aan het einde van de 10de eeuw komt de mijnbouw weer langzaam op gang.
De eerste vermelding van de beroemde mijnen van Sainte-Marie-aux-Mines dateert van het jaar 963.
In het begin van de 12de eeuw zien we de namen verschijnen van nieuwe mijnen; enkele ervan zullen eeuwen lang werkzaam zijn. Daarnaast wordt op veel plaatsen het werk opnieuw ter hand genomen dat eeuwen eerder was gestopt: l'Argentière (Hautes-Alpes) (1127) en Le Huelgoat, dan: La Caunette, Najac, Alloue, Ambernac en Le Vialas. In de 13de eeuw volgen Brandes en Largentière (Ardèche). Villefranche-de-Rouergue is van zulk groot belang dat er een Koninklijke Munt wordt gevestigd. In de 14de eeuw komen de mijnen van Giromagny en La Rieille, in de 15de eeuw volgt Pierrefitte. Chitry-les-Mines levert het zilver voor het beroemde servies van Lodewijk XI.
In de tijd dat Agricola zijn beroemde 'De Re Metallica' schrijft (1556), begint er een enorme ontwikkeling van de mijnen in de Vogezen door de toevloed van Saksische mijnwerkers. Aan deze bloei komt echter abrupt een einde door de godsdienstoorlogen en de Dertigjarige Oorlog: tussen 1632 en 1634 worden alle mijnen in de Vogezen gesloten, zeer vele elders volgen, onder meer die van Villefranche-de-Rouergue in 1652. Een ommekeer komt echter snel daarna; onder Lodewijk XIV en Richelieu wordt de mijnbouw sterk gestimuleerd, een der eerste mijnen die wordt heropend is die van Giromagny (1659), dan volgen Nontron, Les Sarracins en Trémuson (1690).

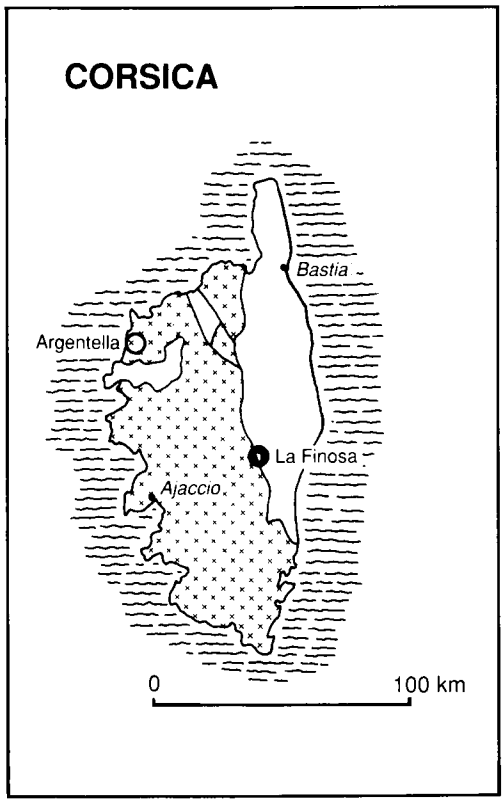
Aan het begin van de 18de eeuw komen een aantal van de belangrijkste mijnbouwgebieden in Frankrijk in exploitatie of wordt de activiteit weer opgenomen; achtereenvolgens: Sainte-Marie-aux-Mines (1711), La Loubatière, Saint-Daumas en La Pause in 1719; La Croix-aux-Mines in 1720, Poullaouen in 1728, Saint-Martin-la-Sauveté (1730), Pontpéan, Vaucron, Valauria (1740) en Le Huelgoat in 1750.
Door de grote onrust en de revolutie die een einde maakte aan het Ancien Régime ging ook de mijnbouw achteruit en vele mijnen werden gesloten: Giromagny in 1773, daarna Saint-Martin-la-Sauveté, Sainte-Marie-aux-Mines, Trémuson, Pontpéan, Saint-Julien-Molin-Molette en Les Challanches, die in 1810 de rij sluit.
Snel worden er echter weer pogingen ondernomen om de mijnbouwindustrie nieuw leven in te blazen. Een actie is het verplaatsen van de Ecole des Mines van Parijs naar Peisey. Tot 1850 blijft de produktie echter klein, ondanks het feit dat er vele nieuwe mijnen worden geopend en andere heropend, bv. Vialas (1781), Pontgibaud (Pranal) (1826), La Plagne (1810), La Poype (1813), Villefranche-de-Rouergue (la Baume) en Saint-Sébastien-d'Aigrefeuille (1833), L'Argentière (1835) en La Croix-de-Pallières in 1844.
De exploratie van nieuwe ertsvoorkomens, het onderzoek naar een intensievere uitbouw van bestaande mijnen en de vooruitgang van de exploitatiemogelijkheden en technieken zelf maken een enorme vlucht in de periode van 1850 tot 1914, het tijdvak van de industriële revolutie. Dit is aangewakkerd door de enorme toevloed van kapitaal, die ook maakt dat er grote aantallen kleine mijntjes uit de grond schieten, die vaak nog vóór de inkt op de formulieren van de consessie goed droog is, verkocht worden en vaak even snel weer verlaten.
Aan de andere kant heeft zich, nog voor het einde van de eeuw, een merkwaardige ontwikkeling voltrokken: de geologische gegevens in het terrein zijn verzameld, de grote theorieën zijn bekend en controversen bijgelegd, zoals die tussen Neptunisten - die onder leiding van Werner de theorieën omtrent, onder meer, ertsvorming in de Vogezen een eeuw lang hadden beheerst - en Plutonisten. Geleerden trokken zich terug in hun laboratoria voor het uitwerken van de vloed aan gegevens. Een van de resultaten was dat de Franse aandacht voor de praktijk van de metallurgie verslapte en de kennis op dit gebied verloren begon te gaan. Na 1885 zijn er, behalve dat van Largentière, geen nieuwe ertsvoorkomens in Frankrijk meer gevonden en heeft men zich slechts bezig gehouden met de uitbouw van de bestaande mijnen.

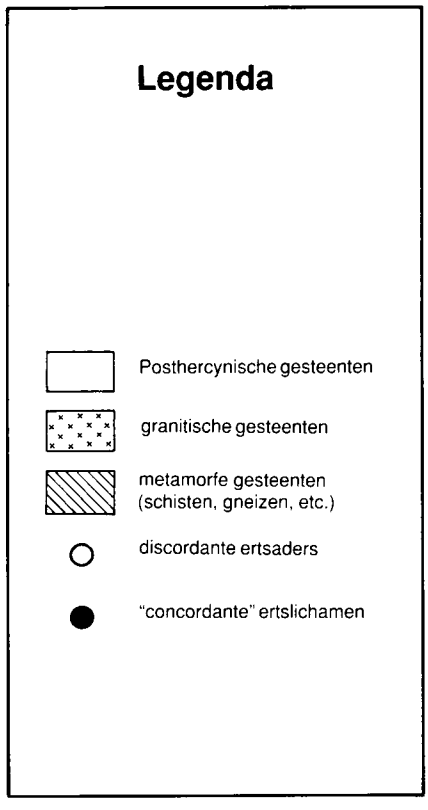
Van 1850 tot 1860 stijgt de produktie aan lood spectaculair. Hier mag worden opgemerkt dat de begeleider van het lood, het zink, in deze tijd nog altijd niet wordt geëxploiteerd. Men zal pas rond 1870 over de techniek beschikken om het zink als metaal vrij te maken uit het erts.
In de jaren '80 en '90 gaat het slecht met de Franse mijnbouw door de concurrentie van mijnen in Spanje (Huelva), Sardinië en Algerije. Dit is een tijdelijk inzinking en de periode van 1899 tot 1904 is de belangrijkste in de Franse geschiedenis, met een totale produktie van rond de 550.000 ton lood en 750.000 ton zink, rond 40% van de totale produktie door de eeuwen heen tot 1986! Na 1904 neemt de produktie af en in de jaren erna worden veel mijnen gesloten: Pontpéan, La Baume, Menglon, Les Bormettes, La Poype, Figeac en Pierrefitte, de laatste in 1913.
Daarnaast krijgt de ertsbewerking een grote ontwikkeling: aan het einde van het eerste decennium van de 20ste eeuw wordt het flotatie-proces van mineraalscheiding uitgevonden; dit proces wordt rond 1920 algemeen toegepast.
De tijd van en tussen de twee grote Wereldoorlogen laat, ondanks oplevingen door de oorlogsindustrie, een doorgaande algemene neergang van de mijnbouw zien, ondermeer ook door de toenemende belangstelling voor de overzeese gebiedsdelen, vooral in Noord-Afrika. In 1930 sluiten Saint-Sébastien-d'Aigrefeuille, Sagne, Ceilhes, Grémuson en Valaury. In 1931 volgen La Croix-de-Pallières, Le Bleymard, La Touche en Saint-Daumas. In 1932 worden Villemagne en Peyrebrune verlaten en dat lot treft Les Malines in 1933.
Tijdens de Tweede Wereldoorlog worden een aantal van de bovengenoemde mijnen weer heropend maar na de oorlog kunnen vele het hoofd niet meer boven water houden onder de nieuwe, hardere economische omstandigheden en de grotere wereld-concurrentie; midden jaren '50 jaren gaat Bleymard definitief dicht, 10 jaar later gevolgd door Saint-Sébastien-d'Aigrefeuille en

Links: De belangrijkste lood-zinkvoorkomens in het Massif Central, de Alpen en de Maures (boven) en in de Pyreneeën (onder). Voor legenda, zie pag. 42. (Naar M. Demange)


HET KANAAL
Valogne
NORMANDIE
St-Malo
Morlaix
Trémuson
Poullaouen
Brest
Le Huelgoat
Plélauff
La Touche
Le Mans
Quimper
Pontpéan
Angers
Loire
BRETAGNE
Poitiers
Melles
La Rochelle


VOGEZEN
Luxemburg
Rijn
Castelberg
Bleiberg
Nancy
Straatsburg
Col d'Urbeis
La Croix-aux-Mines
Ste-Croix-aux-Mines
Ste-Marie-aux-Mines
Auxelles-Giromagny
Le Plancher-aux-Mines


CORSICA
Bastia
Argentella
La Finosa
Ajaccio
0
100 km


Legenda
Posthercynische gesteenten
granitische gesteenten
metamorfe gesteenten
(schisten, gneizen, etc.)
discordante ertsaders
"concordante" ertslichamen

Ramponenche; Figeac sluit in 1968. De enige belangrijke positieve ontwikkeling is het begin, of beter: het na lange tijd opnieuw en met succes opnemen van de exploitatie van Largentière (Ardèche) in 1964. Hier werden nieuwe reserves ontdekt als resultaat van de combinatie van de verbeterde technieken van winning en ertsverwerking en de grotere rol van de mijngeoloog met zijn prospectietechnieken.
Naast Largentière kunnen enkele grote mijnen zich handhaven, onder meer Trèves, Les Malines, Carboire (Pyreneeën). Frankrijk speelt echter na de Tweede Wereldoorlog een marginale rol in de wereldproduktie van lood en zink.

Enkele typen van lood-zinkertsvoorkomens

A. Gangen die dwars door gesteenteformaties heen snijden (discordant)

De ertsmineralen van dit type zijn aanwezig in gangen ofwel 'discordante' (= dwars door de gesteenteformaties heen snijdende) aders. De ertsen werden in opgeloste staat door een hete, 'waterige' oplossing op hun plaats gebracht. Deze oplossing circuleerde door scheuren of barsten in de gesteenten van de aardkorst. Door afkoeling konden ertsmineralen en de begeleidende gangmineralen (kwarts, calciet, fluoriet, bariet, enz.) uitkristalliseren. Dit type ertsaders ontstaat in een late fase van een gebergtevormende periode, in ieder geval na afloop van de hoofdbewegingen. De ertsmineralen zijn afkomstig uit granietintrusies die in het gevormde gebergte omhoog komen. De hete, ertshoudende oplossingen dringen vanuit de graniet omhoog totdat de mineralen neerslaan uit de afkoelende oplossing.

Gangen met kwarts en fluoriet

Het typevoorkomen is Valaury (les Communaux-Lorgues) in de Maures. Alle voorkomens in de centrale Maures zijn van dit type: Saint-Daumas-Pic-Martin, Vaucron, Valaury, Cogolin en Pennafort.
- Op Corsica komt een kwarts-fluoriet-chlorietgang in het noordwestelijk gedeelte van het kristallijne gebied voor: Argentella;
- Massif Central: Villevieille, Langeac, Saint-Jacques-d'Ambur;
- Grand Châtelard, één der kristallijne massieven van de Franse Alpen: het voorkomen van Rocheray en Nanteul en enkele kleine aders bij Le Sappey en Le Bois Feuillet.

In deze groep vinden we enkele van de dikste aders die bekend zijn, bv. de 12 meter dikke ader van Langeac. De fluoriet is veelal massief en paars of groen gekleurd. Kwarts is altijd aanwezig, soms ook bariet en een enkele maal, zoals in de aders van de Maures, ook calciet.

Gangen met kwarts en bariet met soms een weinig sideriet

Naast de lood- en zinkmineralen zijn er vrijwel altijd sulfiden, zoals pyriet en chalcopyriet, aanwezig. Dit type komt vooral voor in het Massif Central in de Hercynisch gedeformeerde gesteenten of de oudere formaties. We vinden er veel schisten en gneizen met granieten. Als type worden genomen de voorkomens in het district Pontgibaud in Auvergne met Pontgibaud, Châteauneuf-les-Bains, Banson, Pranal, Roure, Mioche, Montmartin en La Brousse. Andere voorkomens van dit type ertsaders in het Massif Central zijn die van het gebied van Brioude-Massiac in onder meer rhyolieten (Saint-Paul, Les Anglais); in de Rouergue: Villefranche-de-Rouergue in vulkanieten (La Baume, Asprières-la-Vidal, Vesis), Pichiguet; Mont-Lozère in ogengneis (Ispagnac, Ramponenche, Villefort-le-Chassezac en het belangrijke voorkomen van Vialas) en in het gebied van l'Aigoual - Saint-Guiral (Saint-Jean-de-Bruel, Les Bormettes, Pichiguet, Roure, Pranal, Meyrueis en het grote Villemagne). Enkele voorkomens zijn er in andere gebieden als Allevard in de Franse Alpen met Longeray en Montchabert, en van Auzelles (Montneboux).
Veel voorkomens bevatten een belangrijke hoeveelheid zilver, vaak meer dan 50 gram per ton; het hoogste zilvergehalte hebben Pontgibaud en La Baume: tot boven de 200 gram per ton.
Andere mineralen die in deze aders voorkomen zijn onder meer antimoniet, bismuthiniet en cassiteriet.

Een tweede type ertsaders: waarin de begeleiders **kwarts en bariet** zijn, bevat vrijwel geen andere metaalsulfiden dan galeniet en sfaleriet, veelal wel **carbonaat** in de vorm van sideriet of calciet. Dit type aders komt voor in:
- het Massif Central: in Auvergne: Pontgibaud (Montmartin), Chambonnet-Versilhac, Les Farges, Saint-Martin-la-Sauveté; in de Rouergue: Villefranche-de-Rouergue (Vesis), Asprières en Le Minier-du-Tarn; Mont-Lozère (Villefort); Cevennen (Meyrueis en Allenc).
Dit type heeft daarnaast een veel grotere verbreiding, onder meer in:
- Beaujolais (Longefay),
- Vivarais (het grote voorkomen van Chaliac; verder: Saint-Julien-Molin-Molette, Saint-Barthélémy-le-Plain en Saint-Cierge-la-Serre),
- de Périgord (Chabrignac).
In de Hercynische massieven van de Franse Alpen komt een groot aantal aders voor die veelal van zeer kleine afmetingen zijn, onder meer in het district Saint-Gervais (Notre-Dame-de-la-Gorge), Brandes, Le Pontet. In het massief van de Maures is Les Bormettes van belang.
Enkele andere plaatsen waar dit type aders voorkomen zijn:
- de Pyreneeën: Maisons, Montcoustand, Arre en Arrens;
- de Baronnies: Condorcet en Propiac (met celestien en bariet) en
- de Morvan: Alligny, interessant door zijn grote aantal mineralen, onder meer antimoniet, pekblende, malachiet, azuriet, pyromorfiet en verschillende uranium- en loodfosfaten.

Gangen met als begeleiders calciet of andere carbonaatmineralen, vaak met kwarts

Typevoorkomen: La Croix-aux-Mines.
Dit type wordt verdeeld in twee groepen: de één met sideriet als belangrijkste begeleider en de ander met calciet.

— Gangen met kwarts en sideriet

Karakteristieke vindplaatsen van dit type zijn in de Vogezen La Croix-aux-Mines, Sainte-Marie-aux-Mines: Petite Lièpvre, Raventhal, Saint-Philippe, Fertin (in granuliet met granaatperidotiet); Sainte-Croix-aux-Mines, Auxelles, Giromagny, Plancher-aux-Mines; daarnaast in
- de Alpen: Les Challanches d'Allemont, Les Sarracins, Le Sappey-les-Ruïnes en het gebied van Allevard (Isère): Le Taillat, Les Fosses, Le Rémond, Noguillon, La Richesse-Longeray-Le Gelon en Montchabert. De ertsgangen van Valauria in de Mercantour behoren ten dele tot dit type.
- de Montagne Noire: het zeer grote voorkomen van Peyrebrune (in spilieten van het Cambro-Ordovicium), La Rabasse (Ceilhes), Saint-Salvy en La Caunette (in dolomiet van Ondercambrische ouderdom), La Barre en Corbières;
- enkele kleine voorkomens zijn die van Verger en la Rieille in de Maures en van Saint-Cierge-la-Serre in de Vivarais;
- in Bretagne: het enorme ertsgebied van Pontpéan; het belangrijke voorkomen van Le Huelgoat; Trémuson (in ofiolieten van het Briovérien) en Plehauff;
- in de Pyreneeën: Auzat (in Lias-sedimenten), Arre-Anglas (in kalken en leien van het Coblenzien, uitzonderlijk vanwege het ontbreken van lood) en Sarrancolin; Peyrebrune in het gebied van Albi (de Albigeois).

Links: De belangrijkste lood-zinkvoorkomens in Bretagne (boven), in de Vogezen (links onder) en op Corsica (midden onder). (Naar M. Demange)

In deze groep vinden we enkele grote aders, bv. die van La Croix-aux-Mines die 7 km lang is; veelal zijn het kleine en onregelmatige aders; vaak komen zij in hele zwermen voor over een breedte van vele kilometers, zoals in de Vogezen en rond Trémuson. In kalkgesteenten zijn vaak de nevengesteenten op vrij grote schaal geïmpregneerd, zoals bij La Rabasse en Saint-Salvy.
De voorkomens van deze groep zijn bekend om de grote aantallen mineralen, in Sainte-Marie-aux-Mines komen meer dan 70 mineralen voor en rond de 50 in Challanches.

— Gangen met kwarts en calciet

In het Massif Central komt dit type voor in het district Vienne (La Poype) en het district Auzelles (Auzelles - Sagne - Montneboux); verder in Bretagne in het gebied van Le Huelgoat.
In het gebied van Le Huelgoat komen veel kwartsaders voor die een noord-zuid strekking hebben; zij doorsnijden bazalten, keratofieren en spilieten die ingeschakeld zijn in leien van het Dinantien (Onder-Carboon). In de eronder liggende leien en kwarsieten van het Devoon is de graniet van Le Huelgoat geïntrudeerd, deze heeft een fraaie contactzone ontwikkeld. De ertsaders waren beroemd wegens hun hoge gehalte aan zilver en het grote aantal secundaire mineralen van lood, ijzer en zilver, tot en met gedegen zilver.
In het algemeen is de samenstelling van deze aders eenvoudig, met slechts enkele mineralen.

— Gangen met kwarts

Nontron (typevoorkomen) in de Périgord aan de westelijke rand van het Massif Central is een klein voorkomen, dat bestaat uit een dozijn gangen waarvan er één is geëxploiteerd.
La Touche: aders komen voor in de biotietgraniet van Fougères in het noorden van Bretagne. Er komt zeer veel pyriet in voor die alleen al een exploitatie mogelijk maakte. De ertsen bevatten een hoog gehalte aan germaniummineralen.
Het veld van Poullaouen in Bretagne, enkele kilometers ten oosten van dat van Le Huelgoat, bevat aders met een hoog gehalte aan lood en opvallend: zeer weinig zilver.
Pontet is gelegen in het kristallijne massief van de Pelvoux in de Franse Alpen; ook hier heeft het erts een zeer laag gehalte aan zilver. Er komt wat calciet en bariet in deze ader voor.
De ertsaders van l'Argentière ten zuiden van de Pelvoux doorsnijden Triadische kwartsieten van de westelijke Briançonnais-zone van de Franse Alpen en bevatten naast kwarts en galeniet wat bariet en een aantal kopermineralen.

B. De ertslichamen in sedimenten; veelal evenwijdig aan de sedimentaire gelaagdheid (concordant)

Ertsen van dit type komen als lenzen en plaatvormige lichamen voor in sedimenten en zijn veelal georiënteerd evenwijdig aan de gelaagdheid ('concordant' of 'stratiform'). Deze wijze van voorkomen suggereert dat het erts tegelijk met de vorming van het sediment werd afgezet. Een bekende mogelijkheid van vorming is het erts dat op de zeebodem neerslaat uit de dampen die uit een onderzeese vulkaan tevoorschijn komen; dit is bv. de oorsprong geweest van veel ertsen in de Pyreneeën. Van veel van dit type ertsen is de vormingswijze echter onduidelijk, mogelijk werden de ertsen door een oplossing aangevoerd die dan een bepaalde laag in het sedimentpakket volgde en daar de ertsen afzette.
De meeste van deze sedimentaire ertsen dateren uit de Posthercynische tijd en komen voor in gesteenten van eind Paleozoïcum en de eerste helft van het Mesozoïcum (Perm, Trias en Jura).

De ertsvoorkomens worden onderscheiden in:
- detritische sedimenten: typevindplaats: Largentière in de Cevennen,
- in carbonaatsedimenten: typevindplaats: Figeac in het Massif Central.

De begeleidende mineralen zijn veelal kwarts en bariet; carbonaatmineralen en andere metaalsulfiden zijn in het algemeen spaarzaam aanwezig; fluoriet wordt slechts op enkele plaatsen gevonden (Chitry, Avallon en Nantuel).

Daarnaast zijn er de ertsvoorkomens in de sedimenten van het Boven-Ordovicium van de Pyreneeën die een speciale plaats innemen. De sedimentenserie is zeer dik en bestaat uit een afwisseling van klei- en zandlagen; het is een flysch-achtige sedimentatie. De gesteenten zijn veelal gemetamorfoseerd tot fylliet, soms tot schist. De ertsen werden waarschijnlijk meegenomen door het basisch, oceanisch vulkanisme in het Ordovicium.
Er zijn een aantal ertsvoorkomens in de Pyrénées Centrales, vele in het Ordovicium, enkele ook in andere Paleozoïsche formaties; typevoorkomens zijn Carboire en Sentein (veruit het grootste voorkomen, echter niet in de flysch doch in Devonische rifkalken). Verder is er een groot aantal kleine voorkomens zoals: Bulard, Maratines in het Val de Burat en Les Abères; l'Hospice de France; Argut (in grauwacken) en Pale-de-Raze bij Tuc de Roquefort (in conglomeraten); Hoque-Rabe en Saubé, Aulus, Melles en Crabioules.
Daarnaast in de Bigorre het zeer belangrijke Pierrefitte (in tuffen) met het nabijgelegen Chèze; hier vinden we amfibolieten en basische lava's tussen de sedimenten.

Dit type 'sedimentaire' ertsen komt dus voor in sedimenten van zeer uiteenlopende ouderdom.
Mineralisaties in de oudst bekende sedimenten zijn die in het Cambrium van de Montagne Noire: La Loubatière en Brusque. Dan volgen de verertsingen in het Ordovicium van de Pyreneeën. De Caledonische orogenese heeft in Frankrijk merkwaardig weinig sporen nagelaten in de vorm van ertsaders. Alleen in de Midi vinden we de voorkomens van Pech Mijé en Cadeilhou, die gerelateerd zijn aan de bewegingen in de Caledonische tijd.

De meeste ertsen - en dit geldt voor alle typen 'concordante' ertsen in geheel Frankrijk - komen voor in de post-Hercynische sedimenten van het Perm tot de Dogger en daarvan weer het allergrootste gedeelte in en rond de Cevennen; hier bevinden de ertsen zich dus in de 'bedekking', voornamelijk in Triadische en Jurassische sedimenten.
In het Perm vinden we koperhoudende ertsen o.a. bij Cap Garonne. Beroemd is het kleine ertsvoorkomen van La Finosa (Ghisoni) op Corsica, hier vinden we onder meer galeniet, sfaleriet, borniet, chalcopyriet, nikkel-, kobalt- en antimoonmineralen, met bariet, kwarts, adulaar, dolomiet en calciet, geïmpregneerd in groene rhyolitische tuffen van waarschijnlijk Permische ouderdom.
In de Cevennen komen in de Triadische en Jurassische sedimentserie veel breuken voor die oost-west georiënteerd zijn, mogelijk werden deze breuken door de ertsoplossingen gebruikt als toevoerwegen. Over de genese zijn nog veel onzekerheden, er is geen aanwijzing voor bewegingen in de aardkorst of voor een relatie met intrusieve activiteit.
In de Trias van de Cevennen vinden we de enorme ertslichamen van Les Malines en Largentière, verder vele andere voorkomens in en rond het Massif Central, waaronder die van Saint-Sébastien-d'Aigrefeuille, La Croix-de-Pallières, Chitry-les-Mines, Le Soulier, Saint-Avold, enz.
In de Trias van de Franse Alpen: La Plagne en Peisey.
In kalken van het Hettangien en Sinémurien (Onder-Jura) vinden we mineralisaties bij, onder meer, Trèves, Saint-Florent, La Croix-de-Pallières (Bois Noirs) en Figeac.
In het Domerien van de Poitou vinden we ertsen bij Melles en Alloue-Ambernac; het Bajocien is gemineraliseerd bij Bleymard, Saint-Julien-de-Valgalgue, Le Roque, Rousson (Landes) en Saint-Hippolyte-du-Fort. Dit zijn de 'jongste' ertsvoorkomens rond het Hercynische gebied van Frankrijk.

Opvallend is dat veel 'concordante' ertsen in de detritische sedimenten een relatief hoog gehalte aan lood èn aan zilver hebben. De voorkomens in carbonaatgesteenten bevatten een veel grotere hoeveelheid zink, minder lood en een beduidend lager zilvergehalte.
Pyriet komt vrij veel voor en overheerst in het gebied van Alès en in sommige voorkomens in de Cevennen.

Huidige exploitatie

De belangrijkste exploitaties zijn die van het Largentière- en Figeac-type (respectievelijk detritische sedimenten en carbonaat-sedimenten). Deze ertsen bevatten meer dan de helft van alle bekende ertsvoorraden.
Vrijwel de gehele huidige produktie aan lood en zink komt van een tiental voorkomens: Carboire, Pierrefitte, Sentein, Les Bormettes, Villemagne, Pontpéan, Les Malines, Largentière, La Plagne, La Croix-de-Pallières en La Loubatière.
De loodertsaders zijn vooral van belang wegens hun zilver-gehalte, dat in de reserves wordt geschat op gemiddeld 0,25%.

LITERATUUR

Demange, M., 1972. Typologie et Dimensions des Gisements Plombo-Zincifères Français. Université de Paris-Sud, Centre d'Orsay. Thèse, Série A, No. 156. Paris.

* * *