COMMISSION DES COMMUNAUTÉS EUROPÉENNES Direction Générale de la Science, de la Recherche et du Développement Rue de la Loi 200, B.P. 1049 - BRUXELLES (Belgique)

indicateurs pétrographiques et géochimiques pour l'exploration de gîtes cachés en environnement sédimentaire

application à la bordure sous-cévenole (France)

contrat nº MSM-041-F

rapport final

J.-F. Sureau Y.-M. Le Nindre

mars 1987 87 DAM 012 DEX

BUREAU DE RECHERCHES GÉOLOGIQUES ET MINIÈRES DIRECTION DES ACTIVITÉS MINIÈRES Département Exploration SERVICE GÉOLOGIQUE NATIONAL Département Carte géologique et Géologie générale B.P. 6009 - 45060 ORLÉANS CEDEX 2 - France - Tél.: (33) 38.64.34.34



Responsable scientifique : J.F.SUREAU

Avec la particcipation de :

ISGN/GEO - Y.M. Le Nindre, D.Bonijoly, C.Robelin, P.L.Le Strat, G.Gonzales.

XDAM/DEX - J.F.Sureau, E.Narcoux, J.Letalenet, A.Coumoul, C.Laforêt.

XDT/ANA - J.Y.Calvez, A.M.Fouillac, O.Legendre

XUniversité de Heidelberg (R.F.A.) - H. Gorzawski

PLAN DU RAPPORT

Résumé Liste des figures Liste des tableaux Liste des planches photos Liste des annexes

AVANT-PROPOS	
AVANI-PROPOS	

3.3-	Colonne stratigraphique de référence 3.3.1-Le Trias 3.3.2-L'Hettangien 3.3.3-Le Sinémurien 3.3.4-Le Pliensbachien 3.3.5-Le Jurassique moyen	30 30 38 41 43 45
4-Tectonique		-49
4.1- stru	Grandes lignes de l'évolution cturale	49
4.2-	Histoire tectonique locale	50
4.3-	Etude structurale du horst de	
Pali	4.3.1-Du Trias supérieur au Trias	52
	moyen 4.3.2-Du Jurassique supérieur au	53
	Crétacé 4.3.3-Au Tertiaire	53 56
5-Conclusion	à l'étude géologique	57
6-Evolution	diagenétique de la série Trias-Lias	61
6.1- marg	Etude de l'évolution thermique de la e sous-cévenole	61
<pre>4.1- Grandes lignes de l'évolution structurale</pre>	63 63 65 72	
	6.1.2-Evaluation de l'intensité de la diagenèse par l'etude de la matière organique et des minéraux argileux	74

-

6.1.2.1-Introduction, rappel des données	• 74
6.1.2.2-Recherche des gradients d'évolution dans la diagenèse	· 75
6.2-Etude pétrographique des dolomies	. 89
6.2.1-Introduction 6.2.2-Techniques d'étude des	· 89
carbonates 6.2.3-Relations sédimentologie et	· 90
petrographie dans le Liasfaciés 6.2.4-Principaux faciés pétrographiques et géochimiques	95
des carbonates diagenétique 6.2.5-Chronologie relative des cristallisations diagenétiques et	95
epigenetiques des carbonates a l'aide de la cathodoluminescence 6.2.6-Les inclusions fluides	· 102 · 122
6.3-Conclusions	
7-Etudes géochimiques des carbonates	123
7.1-Présentation des échantillons étudiés	• 123
7.2-Techniques et protocoles analytiques utilisės	• 127
7.3-Résultats isotopiques	• 128
7.3.1-Isotopes du carbone et de l'oxygène	• 128
7.3.2-Strontium et isotopes du strontium	• 135
7.4- Conclusions	· 153

.

8-Minéralogie et géochimie des minerais ----- 157 8.1-Localisation géographique et disposition spaciale des indices minéralisés -----_____ ----- 157 8.2-Mineralogie des minerais ------ 160 8.3-Etude des inclusions fluides de la blende ------ 163 8.4-Geochimie des minerais ----- 167 8.4.1- Les élements en traces ----- 167 8.4.2- Les isotopes du soufre ----- 172 8.5-Utilisation du mercure en prospection ----- 174 8.6-Géochimie isotopique du plomb des gîtes et indices de la bordure souscévenole ----- 184 8.6.1-Introduction ----- 184 8.6.2-Cadre geologique local----- 186 8.6.3-Caractères généraux des minéralisations étudiées ----- 186 8.6.4-Données antérieures et échantillonnage ----- 189 8.6.5-Présentation des résultats----- 190 8.6.6-Implications génétiques et discussion ----- 190 8.6.7-Consequences en prospection minière ------ 197 9- Synthèse et Conclusions générales ----- 203 10- Bibliographie ----- 211

RESUME

La province métallogénique sous cévenole renferme de nombreux gîtes et indices qui représentent une accumulation d'environ 1,5 Mt Pb+Zn et 1Kt Ag.

Ces concentrations apparaissent en bordure du craton hercynien du Massif Central à différents niveaux de la couverture sédimentaire mésozoique allant du Trias au Jurassique; ces séries sont carbonatées ou gréseuses à caractère épicontinental.

La présence d'indicateurs pétrographiques et géochimiques de minéralisations cachées a été recherchée à la périphérie des zones minéralisées entre Alés et Saint Hyppolyte du Fort (bassin de Mialet-Thoiras) à partir des signatures spécifiques mises en évidence dans les minéralisations -gangue et minerais- des gisements et indices connus (mines de Pallières et de Durfort). Une révision stratigraphique de la série triasique et liasique ainsi qu'une cartographie de détail a éte réalisée dans les zones fortement diagenétisées.

Ces nouvelles données permettent maintenant de proposer un schéma d'évolution des processus post-sédimentaires (dolomitisation et silicification) intégrant les phases de minéralisations.

Ainsi la répartition des figures diagenètiques qui accompagnent habituellement les minéralisations Pb-Zn en environnement dolomitique est commandée en premier lieu par l'existence d'anciens niveaux calcarénitiques formant des volumes réservoirs séparés par des horizons de lithologie différente jouant le rôle d'écran imperméable.

Ces niveaux qui représentent des réservoirs potentiels, sont individualisés à l'Hettangien, au Sinémurien et au Bathonien. Cette notion de réservoir peut être étendue aux corps clastiques à forte porosité de la base du Trias.

Compte tenu du petit nombre de données géochimiques existantes sur les gîtes de la Bordure Sous Cévenole, la recherche d'indicateurs géochimiques applicable à cette province métallogénique a necessité une étude des signatures en éléments -traces et une caractérisation isotopique des principaux types de gangue et de minerais.

Ces données confortent le schéma génetique proposé antérieurement par Aubague et al, 1982 et Sureau et al, 1984. Ces auteurs considèrent en effet ces minéralisations comme des dépôts dus à des circulations hydrothermales ascendantes. Far ailleurs l'utilisation de ces techniques isotopiques permet de différencier les carbonates épigenètiques qui précipitent à partir du fluide minéralisateur, des dolomies de recristallisation diagenétique, contribue à la définition de nouveaux indicateurs du passage du fluide métallogénique.

L'action de recherche concertée nous a permis de replacer les principales minéralisations de la zone étudiée dans le contexte géodynamique de l'évolution de la marge téthysienne (chronologie des événements thermiques). Le cadre géologique (cartographie) et la stratigraphie locale ont été révisés.

Une étude structurale détaillée a mis l'accent sur l'importance des phases de distension liasiques dans la mise en place des minéralisations sulfurées.

Un lien a pu être établi entre l'évolution tectonique, les processus dia et épigenétiques affectant la couverture carbonatée liasique et les concentrations minérales.

Après avoir replacé les phases métallogéniques dans l'histoire diagenétique des roches encaissantes et vérifié l'importance des moteurs et des processus qui ont abouti aux concentrations métalliques, il est possible de proposer à l'exploration minière, des techniques pétrographiques (cathodoluminescence) et géochimiques (éléments traceurs, isotopes) susceptibles de fournir une signature spécifique des gîtes de référence et de servir d'indicateurs possibles de concentrations cachées.

LISTE DES ANNEXES

1- Essai de caractérisation de la sédimentation au Lias moyen et supérieur et au Dogger basal dans la région sous cévenole. Y.M.LE NINDRE, C.JEUDY DE GRISSAC

2- Bordure sous cévenole. Etude palynologique des formations triasiques et liasiques. Y.M.LE NINDRE, D.FAUCONNIER

3- Etude structurale de la bordure occidentale du horst de Pallières. D.BONNIJOLY

4- Quelques types de manifestations filoniennes à la périphérie du bassin de Mialet-Thoiras. C.ROBELIN

5- Cadre géologique des minéralisations de la bordure cévenole entre Alés et St Hippolyte du Fort. (Campagnes de terrain 1983-1984). Y.M.LE NINDRE

6- Minéralisations Pb,Zn,F de la Grande Vernissière (Durfort,Gard,France).Etude des processus sédimentaires et diage@tiques.C.ROBELIN ^

7- Recherche de gradients d'évolution dans la diagenèse de la matière organique dispersée. G.GONZALEZ

8- Données géochimiques et minéralogiques. J.F.SUREAU, E.MARCOUX, J.Y.CALVEZ, A.M.FOUILLAC, J.LETALENET, H.GORZAWSKI, C.LAFORET.

9- Etudes des relations entre gîtes filonniens et stratiformes associés : Les exemples de Luderich (Massif Schisteux Rhénan,RFA) et de Pessens-Lacan (Aveyron,France). Y.FUCHS (Université de Paris VI)

LISTE DES PLANCHES PHOTOS

1- Quelques aspects typiques des différentes familles d'inclusions rencontrées dans le quartz, la barytine et la sphalerite.

2- Cathodoluminescence des carbonates, photos 1 à 4.

3- Cathodoluminescence des carbonates, photos 5 à 8.

4- Cathodoluminescence des carbonates, photos 9 à 11.

5- Cathodoluminescence des carbonates, photos 12 à 15.

6- Cathodoluminescence des carbonates, photos 16 à 19.

LISTE DES TABLEAUX

1- Techniques analytiques utilisées dans le projet CCE coordonné.

2- Cadre géodynamique de la marge vivaro-cévenole.

3- Etapes de l'évolution structurale du horst de Pallières-Générargues et du bassin de Mialet-Thoiras.

4-Diagenèse de l'Hettangien à Barafort.

5-Diagenèse du Sinémurien à Barafort.

6-Diagenèse du Sinémurien à Combescure.

7-Diagenèse de l'Hettangien au Col de Bane.

8-Diagenèse du Sinémurien au Col de Bane.

9- Concentrations en strontium (ppm) et composition isotopique 87Sr/86sr des barytines de la bordure sous-cévenole (1 à 9) et du golfe des Causses (10 à 14).

10- Analyses isotopiques et dosage du strontium sur les difféerentes générations de carbonates d'un même échantillon.

11-Concentrations en éléments en traces (ppm) dans les principaux sulfures des minerais.

12-Coéfficients de corrélation entre éléments majeurs et éléments en traces des principaux sulfures.

13-Analyses isotopiques du soufre des sulfures (en %. vs CD).

52-Geochimie stratégique en sols du secteur de Pallières, cartographie de l'arsenic.

53- Diagrammes de corrélations entre les analyses réalisées par extraction chimique (HG) et par pyrolyse directe (HG2).

54-Histogramme de fréquence des concentrations en mercure dans les sols du secteur Combescure-La Ferrière.

55- Géochimie tactique du secteur Combescure - La Ferrière, cartographie de l'arsenic et du mercure.

56-Isotopes du plomb, présentation des résultats sur la bordure cévenole.

57- Isotopes du plomb des minéralisations du horst de Pallières -Générargues et de la périphérie du bassin de Mialet-Thoiras. Comparaison avec les compositions isotopiques des roches sources potentielles.

58- Isotopes du plomb des minéralisations de la bordure cévenole sur substratum paléozoique au nord et au sud du Horst de Pallières-Générargues à socle granitique.

59- Isotopes du plomb des pyrites et oxydes de fer du horst de Pallières et du bassin de Mialet. Comparaison avec les signatures isotopiques des galènes des gîtes de Carnoules, La Croix de Pallières et Joseph.

60- Isotopes du plomb des galènes du gîte de la Croix de Pallières (Mines de la vielle Montagne) . Comparaison avec la signature du chapeau de fer de La Rode.

42- Compositions isotopiques "Sr/"Sr, delta "C, delta "O et concentration en Sr dans les différentes générations de carbonates des fractures liasiques et pyrénéennes. Exemple du calcaire Lotharingien du Col de Banes et de la dolomie de l'Hettangien du Martinet.

43- Comparaison des compositions isotopiques en carbone, oxygène et strontium dans les différentes générations de carbonates en ciment des fractures liées aux distensions pyrénéennes et antépyrénéennes (liasiques) dans la dolomie héttangienne et le calcaire lotharingien.

44- Carte de positionnement des principaux indices et gîtes étudiés.

45- Position des principaux indices et gîtes étudiés dans la colonne stratigraphique.

46- Succèssion paragénétique des minerais Hettangien à Pallières-Joseph.

47- Diagramme des températures d'homogénéisation versus salinité des inclusions fluides des blendes miel (génération II)

48-Schéma d'évolution des roches et des phases minerales au sein des dolomies hettangiennes à Pallières.

49-Distribution des éléments dans les minerais suivant leurs positions dans la série stratigraphique.

50-Dosage du mercure dans les chapeaux de fer jalonnant le horst de Pallières.

51-Gîte de la Croix de Pallières- Sondage CF1- Analyse du mercure en roche.

34- Diagramme delta ¹⁰O versus température pour des eaux de formations. Les droites qui rejoignent des échantillons sont du même forage. Les courbes représentent l'équilibre entre la calcite et une eau pour une température donnée (d'après S.SHEPPARD, 1984). Les domaines encadrés représentent les champs correspondant à cette étude.

35- Variations des teneurs moyennes de quelques éléments majeurs et en traces dans les dolomies de l'Hettangien du bassin de Mialet-Thoiras.

36- Histogrammes de fréquences des concentrations en strontium .

37- Diagramme strontium versus "Sr/"Sr dans les barytines.

38- Diagramme de repartition des isotopes du strontium en fonction de l'age de l'encaissant pour les analyses en roches totales et en fonction du type de ciment pour les carbonates épigénétiques.

39- Diagamme "Sr/"Sr versus strontium en ppm dans les calcites et les dolomites.

40- Diagramme delta 160 versus strontium (ppm) pour les dolomites

41- Diagramme ⁶⁷Sr/⁶⁶Sr versus delta ¹⁶O dans les carbonates

25- Diagenèse et principaux faciès pétrographiques et géochimiques des dolomies du Lias

26- Epigenèse et principaux faciès pétrographiques et géochimiques des dolomites

27- Analyses à la microsonde électronique, distribution des teneurs en CaCO3 et FeCO3 des principaux faciés de dolomite

28- Chronologie des cristallisations diagénétiques et épigénétiques des carbonates à l'aide de la cathodoluminescence

29- Diagramme température d'homogénéisation - salinité des dolomites, sphalérite et barytine

30- Analyses isotopiques (carbone, oxygène, strontium). Carte d'échantillonnage des dolomites, calcites et barytines dans le bassin de Mialet-Thoiras.

31- Histogrammes de répartition des données isotopiques carbone, oxygène et strontium

32- Diagramme delta ¹⁰O versus delta ¹³C

33- Diagramme delta ¹⁸O des carbonates versus température des eaux de formation. Les courbes représentent les valeurs isotopiques les plus basses pour les carbonates autigènes (Miliken et al 1981). Les champs des carbonates actuels et des calcaires ayant subit une altération diagénétique (D.A.L) sont marquès pour comparaison. 14- Carte des affleurements des filons de spilites dans le granite à la périphérie du bassin de Mialet.

15- Carte d'échantillonage des silicifications sur le horst de Pallières

16- Histogramme de frequence des salinités et des températures d'homogénéisation des inclusions fluides

17- Diagramme des températures d'homogénéisation versus salinité des inclusions fluides des quartz

18- Représentation des principaux évènements tectoniques, thermiques et hydrothermaux dans la colonne stratigraphique du Trias au Crétace

19- Carte de positionnement et d'échantillonnage pour l'étude de l'évolution de la matière organique.

20- Répartition des points représentatifs des échantillons de roches (sondages SOU5,CP1,SFF2,CAB1,CAB3 et VER1) dans un diagramme IH - IO (Rock-Eval)

21- Répartition des points représentatifs des échantillons de roches (sondages SOU5,CP1,SFP2,CAB1,CAB3 et VER1) dans un diagramme IH - T max. (Rock-Eval)

22- Représentation des mesures de pouvoir réflecteur de la vitrinite sur la bordure cévenole en fonction de l'âge de la roche encaissante

23- Relations PR de la vitrinite et cristallinité des Illites associées

24- Relations PR Vitrinite - Cristallinité des Illites et âge des formations encaissantes

LISTE DES FIGURES

1- Localisation de la zone d'étude sur la carte géologique de la France au 1/1000000.

2- Localisation des principaux gîtes et indices minéralisés de la bordure sud-est du Massif-Central (1/500000).

3- Localisation du secteur d'étude sur la carte topographique au 1/100000.

4- Cartes d'isopaques dans le bassin du sud-est.- A)Ensemble marneux-Dogger.-B) Faciès Terres-noires (Bajocien sup-Oxfordien inf.)-C) ensemble Jurassique supérieur calcaire. D'après A.F.Baudrimont et P.Dubois (1977).

5- Carte d'isopaques nulles dans la Bordure sous-cévenole au Sinémurien et Carixien.

6- Carte d'isopaques nulles dans la Bordure sous-cévenole au Domérien et Toarcien.

7- Carte d'isopaques nulles dans la Bordure sous-cévenole au Bathonien et Callovien.

8- Carte géologique du bassin de Mialet-Thoiras et du horst de Pallières-Générargues au 1/50000.

9- Carte géologique détaillée du bassin de Mialet-Thoiras et du horst de Pallières-Générargues montrant les principaux points de prélèvements 1/25000.

10- Colonne stratigraphique de référence des formations représentées dans la région d'Anduze du Trias au Crétacé supérieur.

11- Bassin de Mialet-Thoiras. Schéma d'évolution des milieux de dépôt au cours du Jurassique.

12- Bassin de Mialet-Thoiras. Interprétation schématique des variations latérales de faciés au Lias.

13- Coupes Est-Ouest à travers le bassin de Mialet-Thoiras.

-XV- .

AVANT-PROPOS

Objectifs de la recherche

Le projet entrepris a pour but la mise en évidence d'INDICATEURS PETROGRAPHIQUES ET GEOCHIMIQUES POUR LA RECHERCHE DE GITES CACHES EN TERRAIN SEDIMENTAIRE.

Le projet est coordonné entre trois équipes de recherche européennes :

> -au B.R.G.M (France), -à l'Université de Heidelberg (R.F.A.), -au Service Géologique de Belgique.

Un ensemble de test analytiques ont été réalisés par les trois partenaires sur des échantillons minéralisés ou stérils provenant de gisements différents par leurs types et leurs âges .

Une attention particulière a été portée à l'influence des processus diagénétiques dans la formation des gisements en particulier dans les reconcentrations qui aboutissent à des gîtes à hautes teneurs.

Ce projet avait aussi pour but de faciliter des échanges scientifiques entre les trois équipes travaillant depuis de nombreuses années sur les gîtes de couvertures sédimentaires. Cette coopération s'est realisée par la tenue de séances de travail restreintes dans chaque laboratoire et sur les terrains d'études. Les principaux résultats ont donnés lieu à des communications dans des symposia.

Des excursions communes ont été réalisées par chaque équipe sur leurs zones de travail (Cévennes, Belgique, Espagne) . Deux thèses ont été réalisées pendant la durée du contrat: l'une par L. Dejonghe (SGB) à l'université de Faris VI, l'autre par H. Gorzawski à l'Université de Heidelberg (RFA). Ce dernier a bénéficié d'une bourse de la CCE pour un stage au BRGM. Ces thèses ont permis de valoriser les travaux entrepris sur des thèmes plus métallogéniques.

Matériel et méthodes d'études

Deux critères de sélection ont été pris en considération par les projets :

- Une sélection de gisements ou de zones minéralisées dans des couvertures carbonatées qui présentent des similitudes par leur contexte géologique et la présentation macroscopique des textures diagénétiques mais de différentes typologies : gîtes stratiformes, de remplissages karstiques, filons de couverture.

-Une approche commune utilisant différentes techniques couvrant un maximum d'échelles d'observation. En particulier des études pétrographiques et géochimiques ont été entreprises en relation avec une cartographie detaillée des zones étudiées afin de préciser les relations les périodes métallogéniques entre et l'histoire diagénétique des séries encaissantes. Tous les partenaires du projet coordonné utilisant, dans la mesure du possible, les mêmes techniques analytiques selon un même protocole (tableau 1).

Les différentes zones retenues dans ce projet sont :

X <u>pour le B.R.G.M.</u> les minéralisations à Fe-Pb-Zn-Ag du horst de Pallières Générargues et du dôme de Durfort dans la province métallogénique sous-cévenole (Sud-Est du Massif-Central). Une étude particulière a été entreprise par l'Université de Paris VI (Laboratoire de géochimie et de métallogénie) sur les relations entre gîtes stratiformes et gîtes filonniens d'un même district en France (minéralisations de Pessens-Lacan, Aveyron) et en R.F.A. (minéralisations de Luderich, Massif schisteuxrhénan).



Tableau 1 - Techniques analytiques utilisées dans le projet CCE coordonné.

ω

X<u>pour l'Université de Heidelberg</u> : -le district à F-Pb-Zn dans le Trias alpins des Alpujarrides (cordillière béthique, Espagne) -la mine de San Vicente (Zn-Pb) dans la série carbonatée du groupe de la Pucara (Pérou,central).

X pour le S.G.B. les gîtes du Frasnien de Chaufontaine (Ba-Pb-Zn) et de Sautour (Zn) respectivement dans les synclinoria paléozoïques de Verviers et de Dinant (Belgique).

Ces trois approches sont résumées et comparées dans un document commun qui constitue le 'Summary final report' de l'action coordonnée.

<u>1- CADRE GEOLOGIQUE DES MINERALISATIONS DE LA BORDURE SOUS CEVENOLE ENTRE ALES ET DURFORT</u>

La recherche des indicateurs pétrographiques et géochimiques de gîtes cachés a été développée par le B.R.G.M. sur la Bordure Cévenole dans des terrains connus pour leur resources naturelles en minéralisations sulfurées, barytiques et fluorées ; la pro vince étudiée est située dans le SE de la France sur la bordure méridionale du massif central (lat. 43x30'- 44x30' N., long. 3x20'- 4x20' E.) ; elle concerne les départements de l'Hérault du Gard et de l'Ardèche ; sur le plan géologique elle correspond à la marge d'un bassin subalpin dont la genèse date du Jurassique inférieur et moyen (Fig. 1, carte géologique de la France au 1 millionième).

Cette démarche a été entreprise à la suite de travaux déjà substantiels dans ce domaine et relevant de la cartographie géologique (Le Vigan ; ALABOUVETTE et al.), de la synthèse regionale (LE STRAT, 1981), de la monographie de gisements (AUBAGUE et al., 1980,1981), de la recherche minière menés de 1976 à 1982.

Successivement trois contextes de mineralisation ont été abordès:

> La mine de Bois-Madame (Herault), dans les dolomies du Kimméridgien.

> Le Horst de Pallières-Générargues, le long duquel les minéralisations occupent différentes positions dans le Trias et le Lias (Fig. 2, Carte de localisation I.G.N. au 1/100000).

> les grès du Trias, principalement dans le Bassin d'Alès et sur la Bordure Ardéchoise.

Dans une première partie nous présenterons le cadre géologique cévenol tel qu'on le connait par les travaux antérieurs ; dans un deuxième temps, nous aborderons la description du secteur plus restreint formé par le Bassin de Mialet-Thoiras, le horst de Pallières-Générargues et leurs annexes immédiates, qui fait l'objet des présents travaux

 $\star \star \star$



Figure 1 - Localisation de la zone d'étude sur la carte géologique de la France au 1/1000 000.

•

2-CONTEXTE GEODYNAMIQUE DE LA MARGE CEVENOLE.

2.1-Présentation d'ensemble

L'histoire de la bordure vivaro-cévenole est associée à celle des autres provinces qui constituaient une des marges du domaine téthysien au cours du Mésozoique. Les grandes lignes en sont connues au travers de la "Synthèse Géologique du Sud-Est de la France" (1984, B.R.G.M. ed.) qui fait le point des travaux de la plupart des auteurs. A cette échelle on distingue trois grands ensembles :

A Cette concile on distingue diois glands ensembles ;

- La bordure occidentale du Bassin subalpin, à laquelle appartient la règion étudiée.

- Les chaines subalpines.
- La plate-forme septentrionale et ses bordures.

cas, Dans tous les les mécanismes qui contrôlent la sédimentation au cours du Mésozoique sont étroitement liés au processus de rifting qui affecte la marge dès le Trias, à l'ouest et se poursuit avec un certain retard durant le Jurassique supérieur à l'Est. Actuellement, les données géophysiques (HIRN, 1980) montrent un amincissement crustal. De nombreuses reconstitutions palinspastiques ont permis d'établir l'évidence du contrôle tectonique de la subsidence.

Quatre directions structurales majeures, partiellement heritées de l'époque tardi-hercynienne, sont sollicitées au cours des phases de distension successive ; ce sont les directions :

- Varisque : N 50-70 E
- Pyrénéo-provencale et Vellave : N 110 et N 140 E
- Regordane : N 160 E
- Cévenole : N 10-40 E

Localisation du secteur d'étude

sur la carte topographique au

Corcin

1/100 000

Bounds Digroupher Digroupher

Bulbalarry in Room

Unit Lapara Station St

Conicial Ancese and a second s

+ Sueille

the reason of th

Dourgan Agamers Comrases Courgan Agamers Comrases Courgan Agamers Comrases Courgan Agamers Courgans Baux Baux Courgan Agamers Courgans Baux Baux Courgan Agamers Courgans Courgans Courgan Agamers Courgans Courgans Courgan Agamers Courgans

Constanting of the second of t

Revenue de la construcción de la

Co Masio

Villesèque

11

Beaucousy

Durfort-et-S'-MarDin de Sossepac

Conado Anduzza Anduzza Instruction Instruc

> A Buguere 27 Aluech e Garc Dif a Buguere e Dorna Bouree e Comm de 3 Comm

Cabiere TEglise Mercouline Marcouline 5 des Sardiee 0 149 TE Canaules 19 alle Color Canaules Comm de Canaules 19 alle Color Canaules Argentières 10 alle Color Color Color Canaules Argentières 10 alle Color Color

Alensac ALE lass Nde Bai la Lég Astries Montmoirac Sochristor les Ales Inspital le Cheval V Montezel ē Mas des an Rouvières 1 d Comm de Ribaute-les-T avernes des Mattes-Ribaule Dies Tavernes

Alès-Déau

le Mas



Savionarques

e combiner the Ranquet Ainramont the Fig. 3



ETAGE	AGE	DISTENSION	CAUSSES	CEVENNES		P.F. SEPT.	DOMAINE ALPIN
! Jurass, sup ! Oxfordi~n	 <u>140</u> - 150 -	N 1 5		Homogeneisa	lion de la sedimentation		Creation de hauts-fonds! ! Basrulement de blocs ! ! Breches, olistolithes ! !GRAMDE CRISE TECTONIQUE!
! Caltovien) Caltov. int.	 	INW <= => SE		Sedimentatio Repris	on monotone et reguliere se de subsidence	· ·	! DU CALLOVO-OXFORDIEN ! ! Fremieres ophialithes !
Bathon: sup. Bathon: moy. Dathon: inf.			Ennoyage des reliefs	Lactions	2' PAROXYSME DE BASCULEMENT Remaniements, erosions Sediments reliques		
1 Baljina, Kupi 1 Doljina, Kupi 1 Boljina, Kupi 1 Boljina, jama	1 	IJ (≈=≈> F	Sodimentation tres reduite	a	Ombilics au pied de faitles normales Fentes a remplissages sedimentaires	DISCORDANCE	
) Aalon, sup. Aalenien			Depots	1.1	Ombilics subsidents		Discordances
<pre>1 Toart. sup 1 Toart. moy. 1 Toart. inf. 4 Toart. inf.</pre>	 109 -		de plus en plus recents	l'affleurement	DISTENSION PRINCIPALE "Schistes carton"	DISCORDANCE) Olistostromes) ! Accidents meridions ! ! PULSATION FECTONIQUE ! ! Reprise de subsidere !
i Domen sup. I Domentien	: 1000 		vers l'axe de		Breches	Deneration	Reajustement general
	199		i la charnière :		· · · · · ·	Nece55100	•
Péinemue, sup. Péinemue, inf.	! ! ! ?01 !	WNW<⇔ ≅≻ EBE		-	Subsidence reactivation des reliefs	sedimentaire Enfoncement	1 1 1
l Hettangien Hettang inf	1 204		 	ravinements	Differenciation en mosaique structurale Ombilics subsidents		
t Eduction t Horien		N		Debut d'une no)' PAROXYSME DE RASCULEMENT! puvelle pulsation tectonique! !		LACUNES
l Carnien	! 220 229			0mb 1' P/ Fai	ilics subsidents AOXYSME DISTENSIF Lles cicatrisees		
t faithign t faithign	! : ! 233 ! :			par la	a barre dolomitiquo		

.

Tableau 2 - Cadre géodynamique de la marge vivaro-cévenole.

L'histoire tectono-sedimentaire de la Bordure cévenole a été appréhendée grâce à des travaux réalisés indépendamment dans les différents sous-bassins qui se sont formés par le jeu d'une mosaïque structurale mise en place à la fin du Trias. Parmi les plus récents, les principaux sont :

- Pour le sous-bassin d'Aubenas : ELMI, 1980; COLONGO et al., 1979 ; SPY-ANDERSON, 1980.

- Pour la région de Largentière : ELMI, 1967, 1975.

- Pour les sous-bassins de Privas, d'Alès et de Mialet : BONIJOLY et GERMAIN, 1982 ; RECROIX, 1981 ; COUREL et al., 1985 ; COUMOUL et LE NINDRE, 1984.

- Pour le seuil et le bassin des Causses : GOTTIS, 1957 ; BERNIER, 1967 ; BODEUR, 1971 ; AUBAGUE et LEFAVRAIS-RAYMOND, 1974; DUBOIS et YAPAUDJIAN, 1975 ; BAUDRIMONT et DUBOIS, 1977 ; BONIJOLY et DELPONT, 1981 ; LEFAVRAIS-RAYMOND et LABLANCHE, 1985.

Les données recueillies par ces auteurs montrent de bonnes corrélations avec les observations faites dans les autres provinces :

- Le domaine subalpin méridional : COADOU et BEAUDOIN, 1972; BEAUDOIN, 1975,1980 ; DARDEAU, 1978.

- Le domaine subalpin septentrional : ARNAUD M. et al., 1977 BARFETY et al., 1979, 1981, 1982 ; GIDON et AFRAHAMIAN, 1982 ; COLONGO et al., 1979).

- Le domaine subalpin interne : MERCIER, 1977 ; CHENET, 1978 ; BOURBON, 1980 ; DE GRACIANSKY et al., 1980.

-La plate-forme septentrionale et ses bordures : ENAY, 1966; MANGOLD, 1971 ; GONTINI et MANGOLD, 1980 ; VITRY, 1982 ; ELMI, 1983 ; BERNIER, 1983.

L'histoire géodynamique de la marge durant le Jurassique représentant un des points clefs de l'évolution sédimentaire et diagénétique des formations déposées au cours de cette période, il nous a paru fondamental d'en résumer les étapes principales (Tableau 1). L'évolution géologique de cette partie de la marge téthy- sienne est donc marquée par les effets d'un rifting qui débute par la distension triasique.

L'Hettangien marque un changement important dans les directions de contrainte qui a pour conséquence la différenciation d'une mosalque structurale.

Durant le Lias et le Dogger, la province cévenole est le siège d'une dynamique de blocs basculés ; dans les différents compartiments, la rotation des blocs s'effectue le plus souvent d'une manière antithétique par rapport à la direction d'approfondissement général, c'est à dire vers l'Ouest.

sédimentation, La conditionnée par ces mouvements. s'effectue des séquences dites selon de charnière et. Celles-ci sont commandées par d'escarpement. la formation d'ombilics de subsidence accompagnée par une réactivation des reliefs au cours du jeu relatif en faille normale ; elles sont caracterisées par la mise en place de faciés particuliers de comblement (calcaires noduleux, calcaires à grains de quatrz, formations lithoclastiques et conglomératiques).

La distension principale a lieu durant le Lias supérieur ; elle est accompagnée de l'installation de faciès de milieu relativement profonds et confinés.

Le Dogger est marqué par une crise importante qui se traduit par une deuxième phase de basculements à laquelle correspond, dans les Alpes, la mise en place des premières ophiolithes.

A partir du Callovien on assiste, sur la Bordure cévenole, à une homogénéisation des conditions de sédimentation par la généralisation des faciès marneux. Au Jurassique supérieur, la direction de distension cesse d'être E-W pour devenir N-S.

Le processus de rifting se produit donc du Trias supérieur au Bathonien supérieur dans la zone cévenole, alors qu'il intervient avec un certain retard dans la zone alpine ; débutant au Toarcien inférieur, il se poursuit au cours du Jurassique supé rieur.



Ensemble Jurassique supérieur calcaire D'après A.F. BAUDRIMONT et P. DUBOIS (1977) 2.2-La partie méridionale du seuil cevenol

L'évolution de la partie méridionale du seuil cévenol au cours du Jurassique a été décrite dans un travail de synthèse régionale (LE STRAT, 1981) par l'utilisation des courbes isopaques des formations. Le domaine concerné s'étend des Vans, au Nord, la Lodève, au Sud. Sans entrer dans les détails de toutes les unités lithostratigraphiques étudiées, les cartes établies montrent néanmoins un certain nombre de faits fondamentaux.

L'examen de l'évolution des lignes isopaques de valeur nulle (fig. 3 à 5) fait apparaitre une extension variable du môle cévenol ; la comparaison de sa morphologie d'une époque à une autre permet de mettre en évidence les déplacements de l'isopaque zéro dans le sens d'un recouvrement plus important de certaines regions ou au contraire de leur mise à nu. On peut démontrer ainsi, la réalité des érosions des zones hautes lors de la création d'ombilics de subsidence et les mouvements de bascule qui affectent le seuil.

- Au cours du Sinémurien, le seuil cévenol se dégage large- ment sur son flanc occidental ce qui traduit un soulèvement parallèle à la direction cévenole.

- Durant le Carixien, toute la zone située au Sud d'un axe WSW-ENE passant par Saint André de Valborgne et Bessèges se découvre, tandis qu'au contraire, la région située au NW (Florac) est transgressée.

- Au Domérien, cette tendance s'inverse et l'ensemble du bloc semble basculer vers le Sud autour d'une direction WNW-ESE passant par Meyrueis et Durfort

- Pendant la période Toarcien-Bajocien, qui correspond à la généralisation des dépôts les plus distaux, se produit un ennoiement partiel mais assez généralisé des structures hautes, particulièrement sensible sur le Seuil Caussenard.



5- Carte d'isopaques nulles dans la Bordure sous-cévenole au Sinémurien et Carixien.



6- Carte d'isopaques nulles dans la Bordure sous-cévenole au Domérien et Toarcien.



7- Carte d'isopaques nulles dans la Bordure sous-cévenole au Bathonien et Callovien.
- Au Bathonien, l'axe NNE-SSW passant par Lodève et Les Vans est à nouveau actif, mais à la différence du Sinémurien, l'enfoncement se produit vers l'Ouest.

- Pendant le Callovien, un mouvement contraire de celui du Domérien se manifeste autour d'une charnière sensiblement W-E passant par Meyrueis et Anduze.

- Au cours du Jurassique supérieur le seuil est totalement transgressé.

La sédimentation à la périphérie du Seuil Cevenol apparait donc controlée par le jeu de mouvements de "bascule" du môle granitique du Liron autour de charnières de direction NNE-SSW ou cévenole, et E-W, conforme aux structures varisque et pyrénéoprovencale dont le noeud se situe au Nord de St Roman de Codières. Les phases d'ennoiement correspondent aux grandes séquences klupfeliennes : Toarcien à Bathonien, Callovien à Tithonique.

2.3-L'enregistrement des stades évolutifs de la marge

L'utilisation de plusieurs méthodes, mises en œuvre conjointement, permet de localiser assez précisement dans le temps les différentes crises qui accompagnent la différenciation du bassin.

Sur la Bordure Vivaro-cévenole, ces pulsations sont nette- ment resenties par plusieurs approches complémentaires.

Deux ont été développées dans le cadre du programme "Géologie profonde de la France" (1982-1985) ; ce sont l'étude de la subsidence et celle de l'évolution du cortège argileux. Les autres ont ete menées par nous-mêmes dans le cadre du présent contrat. 2.3.1-L'étude de la subsidence

L'évaluation de la subsidence tectonique (BRUNET, 1985) et l'établissement du taux de sedimentation (BEAUDOIN et al., 1985), se fondent sur des modèles de décompaction des séries en fonction de la lithologie et de la profondeur d'enfouissement, après correction des variations du niveau marin et des profondeurs de dépôt. On peut ainsi montrer que les phases distensives déduites des confrontations entre courbes calculées et les courbes observées se situent, pour la région :

- Au Trias, et surtout au Trias supérieur.

- A l'Hettangien, pour lequel les taux de distension sont plus importants.

-D'une maniere moindre, au Domérien.

- Au Toarcien-Aalénien, en concordance avec une brusque augmentation des valeurs du taux de sédimentation.

- Au Bathonien supérieur.

Au Callovien supérieur-Oxfordien inférieur en relation avec le dépôt des faciès Terres noires.
Au Valanginien, au cours au cours du quel s'effectue une abondante sédimentation marneuse.

2.3.2-L'étude du cortège argileux (Annexe 8)

Dans l'intervalle stratigraphique compris entre le Trias et l'Oxfordien, les sondages pratiqués dans la région ardéchoise montrent non seulement une évolution de la cristallinité de l'illite en fonction de l'enfouissement, mais aussi une différenciation de la phase argileuse de plus en plus marquée vers le haut :

> l'illite est le minéral dominant au Trias.
> A partir du Rhétien, la proportion d'interstratifiés
> illite-smectite augmente
> Le Domérien, lorsqu'il est présent est marqué par l'abondance des smectites

- C'est à partir du Jurassique moyen que le cortège est le plus varié ; on y observe en plus, des proportions notables de chlorite et kaolinite.

On constate qu'il existe bien un parallélisme entre les observations de ces auteurs et l'histoire tectono-sédimentaire précédemment évoquée.

.

<u>3-CADRE GEOLOGIQUE LOCAL</u>

Dans sa partie médiane, la bordure cévenole comprend des terrains d'âge Triasique à Jurassique qui s'étendent sur une largeur de 10 km, depuis le socle granito-schisteux, à l'ouest, jusqu'a la faille de Corconne-Anduze, à l'Est. Cette région a été décrite sur le plan géologique et métallogénique par BERNARD (1958) puis par LEENHARDT (1972), enfin, AUBAGUE et al.(1981). La Carte géologique au 1/25000 (fig. 6) réalisée d'après les levés de ALABOUVETTE (Feuille Le Vigan), BERGER (Feuille Anduze), COUMOUL, LE NINDRE et SEGURET permet de situer le contexte de l'étude.

3.1-Le horst de Pallières-Générargues (fig. 6).

Les traits qui faisaient, dès le Secondaire, l'originalité de cette région ont été ultérieurement accusés par la tectonique tertiaire. C'est ainsi que la zone d'Anduze, au Sud d'Alès, a acquis sa configuration actuelle due à la presence, à 3 km à l'Est de la

configuration actuelle due à la presence, à 3 km à l'Est de la bordure du socle, d'un horst qui ramène au jour le granite et le Trias sous-jacents. Cette structure s'étend en direction cévenole sur 10 km depuis son enracinement au Nord de Générargues, dans le socle cévenol, jusqu'a Saint Felix de Pallières, au Sud, où elle est sectionnée par des accidents transversaux. Veritable arete, le horst de Pallières isole deux domaines sédimentaires :

> - vers l'Ouest un petit bassin marginal liasique et triasique, dit de Mialet-Thoiras, limité de tous cotés par le socle granitique et schisteux, sauf au Sud où il s'ouvre sur le Bassin languedocien.

> - vers l'Est, les séries jurassiques qui se raccordent à ce même bassin par marches d'effondrement successives.

Figure 8

Carte géologique du bassin de Mialet-Thoiras et du horst de Fallières-Générargues.

LE	GENDE :			
6	Crétacé inférieur			
5	Jurassique supérieur			
4	Jurassique moyen	a	:	grainstones Bathonien
3	Jutassique inférieut	b	:	grainstones Sinemurien
		a	:	grainstones Hettangien
2	Trias	a	:	grès de base
1	Socle granitique			
1	Socle granitique			

.





3.2-Le dôme de Durfort

Situé au Sud des terrains précédents, le dôme de Durfort est constitué de formations d'âge liasique, séparées du horst de Pallières-Générargues par les grands accidents du faisceau cèvenol et le graben de Lacan (Jurassique supérieur), prolongé le synclinal de l'Hourne (Jurassique moyen). Les par minéralisations, essentiellement à zinc et fluorine qui y ont été exploitées, sont renfermées dans un magasin dolomitique d'âge lotharingien (annexe 6). Dans cette zone, fortement influencée par le plissement pyrénéen, des épaisseurs considérables de Trias, injectées entre les grands accidents, ont été recoupées par les sondages pratiqués au Nord (boutonniere de Tresfont).

Les explorations géologiques récentes menées par le B.R.G.M. ont été réalisées par A. COUMOUL, Y.M. LE NINDRE et C. ROBELIN (annexes 4, 5, 6).

3.3-Colonne lithostratigraphique de référence

La série type a été définie dans le Bassin de Mialet-Thoiras pour ce qui concerne le Trias et le Lias ; le Jurassique moyen et supérieur sont surtout représentés au Sud et à l'Est du faisceau cévenol (fig 7) ; le dôme de Durfort montre, au Lias, une évolution assez nette des faciès par rapport à la région située plus au Nord.

3.3.1- Le Trias

L'une des grandes coupes de référence du Trias cévenol est située au Sud-Ouest d'Anduze, à Vabres, dans la partie méridionale du Bassin de Mialet. Dans l'état actuel des affleurements, le Keuper est peu exposé ; il est cependant bien visible un peu plus au Sud (Col de la Tourte). Les principaux éléments histo-

BASSIN DE MIALET_THOIRAS

HORST DE PALLIERES _ GENERARGUES

LEGENDE

-				
and the second	J 9	Portlandien		
No.	J7-8	Kimméridgien		
金茂	J 6	Oxfordien supérieur		
(ant	J 5	Oxfordien moyen		
	J 3	Callovien		
	J 2	Bathonien		
18.J1	110	Calcaire à Cancellophycus Aalénien . Bajocien		
	16.7	Toarcien Domérien		
2000	15	Carixien		
131	13.4 3	Sinémurien indifférencié (13.4) Lotharingien supérieur (146) Faciès arènitique (14a) Faciès de plate-forme interne(13) Faciès noduleux(131)	ien infér en inférie	ieur ur
22	1 - 2 1	Hettangien Hettangien inférieur		
	110	Réthien		
	t7 - 9	Carnien "Norien		
State.	13-6	Anisien - Ladinien		
	12	Grès de base		
44125	۲	Granite		
	Faille n	nesurée 🔹 CoupeSo	ndage	
	Faille s	supposée • Localité		
.115	Echanti	llon		
			0	0,5

1km



riques et géologiques qui se rattachent à ce lieu ont été rappelés par FINELLE (1981). C'est en 1947 que M. DREYFUS, M. MAINGUY et V. MAUGHY découvrirent à Vabres une abondante faune de lamellibranches qu'ils attribuèrent au Muschelkalk supérieur. Ils situèrent d'autre part ce gisement dans une coupe précise dans laquelle ils décrivent, de la base au sommet :

> 1-Conglomérats de base, psammites rouges, sables roux (12 m) 2-Marnes schisteuses noires (27 m) 3-Calcaires marneux fossilifères (26 m) 4-Marnes schisteuses avec niveaux de grès siliceux ondulés (38 m). 5-Calcaires marneux, plus calcaires au sommet (8.75 m) 6-Marnes versicolores avec lentilles gréseuses (68 m)

L'épaisseur cumulée des six unités est de 149 m.

L'âge des différentes unités, connu par la présence de faunes (lamellibranches, poissons, chondrichtiens, conodontes et foraminiferes) récoltées sur la coupe, ou par équivalence lithostratigraphique régionale (divers auteurs) est :

- Aniso-Ladinien pour l'unité 1,
- Ladinien superieur pour les unités 3 et 4,
- Carnien basal, pour l'unité 5,
- Carnien, pour l'unité 6.

AUBAGUE, PROUHET et SLANSKY (1966), ont repris et précisé le découpage lithostratigraphique de DESTOMBES (1961) et BERNARD (1958). A Vabres, AUBAGUE adopte pour sa part la nomenclature suivante :

- Grès de base (12 m)

- Salifère inférieur (27 m)
- Horizon intermédiaire (26 + 28 m)
- Repère carbonaté, "cargneule" (8.75 m)

- Keuper supérieur (non observé) et Salifère supérieur (68 m)

J.C.FINELLE distingue :

A : Grès à faciès Buntsandstein (8m)
B1 : Argilites ferrugineuses (12m)
B2 : Grès carbonatés inférieurs (environ 20m)
C : Argilites noires évaporitiques inférieures (environ 35m)
D : Barre carbonatée médiane (9m)
F : Grès supérieurs et argilites associées (68m d'après DREYFUS et al., 1947).

Les six unités peuvent être regroupées en trois termes définis par J.C. FINELLE et L. COUREL (1979) dans le secteur de Largentière :

> - Terme I : Unités A, B1, B2 - Terme II : Unités C, D - Terme III : Unité F

Nous avons procèdé à des analyses palynologiques dans les unités B1, B2, près de la base de l'unité C et de l'unité D (annexe 2). Ces deux dernières ont fourni une microflore abondante composée de pollens disaccates striés ou non striés, notamment Triadispora ainsi que du genre Ovallipolis. Cette association de type continental, pauvre en espèces mais riche en individus, traduit une flore presqu'exclusivement formée de Gymnospermes arborescentes comportant des genres halophiles et thermophiles dont les grains de pollens ont pu être transportés à de grandes distances de leur origine. Elle appartient au Ladinien superieur (D.FAUCONNIER).

Le Rhétien est caractérisé par des séquences répétitives de grès, parfois très arkosique ou à dragées de quartz, de dolomie litée et d'argiles vertes ; on y observe des lits de calcaire et d'argiles noires datées par Avicula contorta. Des levés détaillés dans la vallée du Gardon de Mialet et un sondage de reconnaissance ont permis à CHEYLAN et MAGNE (1967) une étude lithologique et microstratigaphique du Trias et de l'Infralias ; le Rhétien possède une épaisseur de 18 m ; les auteurs y décrivent une faune de foraminifères apparentés aux genres Glomospira, Glomospirella et Agathammina.

ANDUZE	AR	EA	_ LITHOS	STRA	ATIGRAPHIC REFERENCE SECTION		
AGE	HICT	LITHOLO	GY	DESCRIPTION			
Valanginiar			6	Grey or ochre marl : intercalated thin beds of dark-grey clayey limestane .			
Berriasian	120Q		6	Nodular light-grey cloyey limestone : some layers of grey laminated marl in the upper part.			
Tithonic				6	White aphanitic limestone : Colpionellidae microfouna.		
Upper Kimmeridg	jian	110 <u>0</u>		6	Mossive, white ophonitic limestone : pressure- solution structures (stylolithes) : very sporse mocrofound.		
Lower Kimmerida	lian	1000_			Thin beds of clayey, nodular dark-grey limestone; poorly fossiliferous.		
Upper				6	Hell bedded, brown, ophonitic limestone : thick. white beds in the upper part.		
Oxfordian Middle Oxford	lian	900		6	Grey clayey limestone and blue-grey mari		
Callovian		8 00		6	Thin beds of grey clayey limestone, more frequent near the tap. Grey marl : numerous pyritised fassils.		
Bathonian		700_			Grey or yellow colcarenite and cristalline dolomite ; Bryozoo and Crinoids ; thin layers of detrital quartz.		
Bajocian Aalenian		600		1	Block cherty limestone : Concellaphycus imprints. Dark-grey silty clay with black limestone loaves.		
Toarcian Domerian				6	Bituminous laminated argifite with disseminated pyrite and lignite. "Schistes carton" Pacies.		
Carixian		<u>.</u> 500		ତ	Black and blue, hard, very fine-grained limestone and interstratified argilite beds.		
	IIB	- - -		6	Fine-grained cherty biocalcarenite ; Grypheae are common near the base.		
Sinemurian	11 A	40 <u>0</u>			dolomite.		
	11	300		6	calcarenite at the base, coarsening upward. cherty at the top.		
Hettanaian	1] B JI A	-		· .	Massive, coarse-grained cristalline dolamite. Stramatolithic, white, Fine dolamite. Bioclastic, black, microcristalline dolomite.		
		200_			Cistolline dolomite ; diagenetic structures. Light-grey, cloyey, nodular limestone. Arenitic, strotified, cristolline dolomite		
Rhetian					Sondstone, lominated dolomite, block argilite.		
Trionais	111	100			Gyps:Ferous, sondy, lominated argilite with sond lenses.		
INASSIC	11				Fine grained quartzose or bioclastic yellow dolomite ; lominated argilite with thin layers of clayey dolomite. Conglomeratic sandstone, siltstone and clay.		
Basement		'-			Gronite, weathered at the top. Fig. 10		

Les analyses palynologiques effectuées dans le Bassin de Mialet-Thoiras (D. FAUCONNIER, Le Ponteil, C.D. 907, annexe 2) ont confirmé l'âge de ces dépôts ; d'autre part, une faune d'Involutines a été mise en évidence dans les dolomies du ruisseau de Paleyrolles près de la mine Joseph (C. JEUDY DE GRISSAC).

De nombreuses particularités de sédimentation donnent à cette formation un grand intéret. Une coupe type peut être observée au Pradinas (C.D. 50) : les faciès traduisent un environnement littoral perturbé par la mise en place de dépôts par gravité à proximité de reliefs granitiques ou triasiques.

3.3.2-L'Hettangien

L'Hettangien correspond à une formation de dolomies cristallines dite Dolomie cubique. Elle comprend, dans sa partie inférieure, une intercalation de calcaires noduleux cendrés épaisse d'une quinzaine de mètres rapportée à la zone à Psiloceras planorbis par équivalence lithostratigraphique.

Les limites d'âge de la formation sont précisées :

- A la base, CHEYLAN et MAGNE (1967), par la détermination d'une faune d'ostracodes (Hungarella sp.17, in OERTLI, 1961), ont ramené dans l'Hettangien les couches à PLagiostoma valoniense DEFRANCE-DUMORTIER ; la présence d'échinides appartenant à une espèce cf. Diademopsis microtuberculata COTT. confirme cette attribution.

- Au sommet, par le passage aux calcaires noduleux bleutés datés du Sinémurien (Coroniceras bucklandi)

En 1977, les cartes géologiques existantes considéraient succintement les Calcaires noduleux cendres rapportés à la zone à F. planorbis de l'Hettangien inférieur et la Dolomie cubique ou "Hettangien supérieur". Notons que, d'apres OERTLI (1963), H. sp.17 apparaitrait dans la zone à Schloteimia angulata (Hettangien supérieur). Le découpage lithostratigraphique, les faciès, les milieux de dépôt et l'histoire diagénétique de l'Hettangien ont été précisés par LE NINDRE et L'HOMER (in AUBAGUE et al., 1980, 1981) par l'étude de coupes levées à l'affleurement et des sondages réalisés par le B.R.G.M. Les données les plus nombreuses concernent la bordure occidentale du horst de Pallières-Générargues ; les coupes de référence à l'affleurement sont celles de Saint-Jean du Gard (LE NINDRE Y.M. ibid.) et de Mialet (CHEYLAN G. et MAGNE J.-1967).

L'analyse faciologique de l'Hettangien n'a été possible que par l'intermédiaire d'études pétrographiques systématiques. A la suite d'une description tres détaillée du sondage Cadeyer 2 (X=728.080, Y=193.805, Z=320.0) la formation a été subdivisée en cinq unités regroupées en deux ensembles. Son épaisseur totale varie entre 125 et 180 mètres dans le Bassin de Mialet-Thoiras.

Nous nous attacherons essentiellement à souligner les traits les plus caractéristiques de ces cinq unités, décrites de la base vers le sommet :

> L'unité IA (15m), est composée de dolomie cristalline arénitique massive ou stratifiée. Elle peut comprendre des dolomies finement cristallines à argileuses. En Ardèche, elle aurait pour flammèches équivalent le Complexe carbonaté de base (ELMI S. et MOUTERDE R. 1965) dont le dépôt accompagne les premiers stades de la transgression liasique. Les faciès traduisent un environnement de plage avec des caractères marins peu marqués.

> L'unité IB (15m), Calcaires correspond aux Seul niveau calcaire de la formation noduleux cendrés. cette unité a été souvent cartographiée séparement en inférieur ; elle est constituée Hettangien de calcaires argileux en petits bancs onduleux (faciès dit de Parlatges) et contient des lamellibranches, des ostracodes et des échinides ; les bioturbations. fréquentes, sont parfois le support de dolomitisations sélectives. Cette unité montre un approfondissement infralittoral moyen à distal) qui du milieu (domaine reste cependant confiné.

> - L'unité IC (25m), généralement identifiable par des dolomies massives tres diagénétisées, comprend, à la base des bancs d'arénites épais, parfois ravinants, puis des faciès plus fins noirs de mudstones riches en

matière organique. Dans la partie méridionale du Bassin de Mialet-Thoiras elle correspond en grande partie à des grainstones fins à pellets. Son sommet est marqué par des dolomies fines stromatolithiques de couleur crème et des joints argileux riches en débris ligneux. Ces faciès correspondent à des environnements infralittoraux proximaux et intertidaux (en bordure de plate-forme interne).

L'ensemble I constitue un cycle complet ; l'unité IB en marque la pulsation transgressive principale.

- L'unité IIA (50m) est divisée en deux termes successifs : le premier, est constitué de dolomies cubiques cristallines grises bioclastiques et arénitiques présentant des textures variables en alternances. le deuxième est formé de dolomies noires à texture wackestone dominante. Elle se termine d'une manière à peu près constante par des dolomies claires à laminae algaires.

On y remarque à la fois des contextes de barrière à tendance périrécifale (oolithes, polypiers, lamellibranches), des dépôts plus abrités (pellets, coprolithes) ou tidaux (stromatolithes) et des influences de milieu plus profond (vasières infralittorales) a pièces de crinïodes.

- L'unité IIB (20m) constitue un repère régional caractérisé par des dolomies beiges massives oolithiques. Des apports quartzeux interviennent localement, spécialement dans la partie septentrionale du Bassin de Mialet-Thoiras. Elle comprend des corps stratifiés remaniant des crinfodes qui traduisent une situation d'avant barrière.

L'ensemble II traduit un environnement de plate-forme moyenne, principalement dans la partie Nord du Bassin de Mialet-Thoiras.

3.3.3-Le Sinémurien

Le Sinémurien montre une évolution progressive et continue au long de la colonne lithostratigraphique. La coupe de référence à l'affleurement est celle des Puechs (Générargues, annexe 1). On distingue, de la base au sommet trois unités ; la première, correspond sensiblement à l'ensemble Sinémurien inférieur ; les deux suivantes sont datées du Sinémurien supérieur ou Lotharingien par ammonites (A. LEFAVRAIS-RAYMOND). La formation dans sa totalité possède une épaisseur de 210 mètres environ. La coupe de référence est due à Y.M. LE NINDRE et A. COUMOUL ; les détérminations de microfaunes ont été faites par C. JEUDY DE GRISSAC.

- L'unité I (115m) comprend :

> Des calcaires noduleux gris-pâle à faisceaux plus argileux jaunâtres, bioturbés à macrofaune : lamellibranches divers (dont mytilidės), criniodes (Pentacrinus) ; la faune est fréquemment silicifiée. Définis par leur microfaciès, ce sont des biomicrites wackestone à packstone bioturbées à silicisponges. Cette inférieur unité a été attribuée au Sinémurien par présence la de Coroniceras bucklandi (zone à Bucklandi).

> Des faciès à chailles et plus calcarénitiques : patine devient gris-brun, l'aspect plus grenu, les la bancs plus massifs ; la macrofaune n'est présente qu'à l'état de débris parmi lesquels de nombreuses pièces d'échinodermes. Ce sont des biomicrites packstone a crinfodes et silicisponges ; la microfaune comprend des foraminifères fréquents à cachet typiquement liasique (Nodosaria, Marginulina) aui indiquent un milieu relativement profond (circalittoral externe).

- L'unité II (95m) comporte toujours deux termes :

> IIA (25m), terme arénitique principal, composé de calcarénites à stratifications entrecroisées et rides chevauchantes qui contiennent quartz, criniodes et lithoclastes, parmi lesquels des lithoclastes de dolomicrite. La roche apparait tantôt comme une biosparite à crinfodes, tantôt comme une lithobiosparite ; elle contient en outre des débris divers de macrofaune (brachiopodes, lamellibranches, bryozoaires) ainsi que de la microfaune (nodosariidés).

La mise en place de ces corps constitués d'éléments autochtones et allochtones correspond à une sédimentation par gravité dans la partie aval de la plate-forme externe ; les stratifications indiquant des transports par traction peuvent être en relation avec des courants de contour. Ce terme est fréquemment dolomitisé. Selon l'extension verticale du faciès il serait d'âge Sinémurien inférieur à Lotharingien inférieur.

> IIB (70m) : Ce terme, qui regroupe plusieurs faciès proches, est constitué de biomicrites à silicisponges, crinfodes et nodosariidés. A l'affleurement, et de la base vers le sommet, on distingue divers styles de sédimentation :

Des calcaires à patine grise et grain fin à films argileux noirs flexueux ; on observe quelques récurrences d'encrinites. le débit est amygdaloide ; la structure est bioturbée, la texture wackestone à packstone est celle de biocalcarénites tres fines, ; la biophase est abondante, spécialement les nodosariidés (Planularia, Marginulina). La présence d'Asteroceras rapporte ces niveaux à la zone à Obtusum du Lotharingien inférieur.

Des biomicrites à gryphées et Pinna qui se présentent en bancs massifs métriques ou demi-métriques à patine grise. La structure, non litée, est celle d'une arénite à caractère tres détritique ; la biophase, est du même type que précédemment. Par référence aux horizons inférieurs et supérieurs, ces dépôts seraient d'âge Lotharingien moyen.

calcaires à chailles, parfois très ## Des abondantes, de formes contournées, qui peuvent former des bandeaux siliceux. Ce sont des biomicrites packstone riches en macrofaune (bélemnites, crinfodes, brachiopodes, mollusques) et microfaune (foraminifères, ostracodes). Au point de vue biostratigraphique, l'association à Planularia et Marginulopsis est sinémurienne, les ammonites, genres Faltechioceras et Echioceras, placent ces niveaux dans la zone à Raricostatum du Lotharingien supérieur.

Des calcaires à patine gris-pâle en bancs bien individualisés par les joints argileux.

Ce sont des biomicrites à silicisponges et nodosariidés ; la texture, wackestone à packstone selon la bioturbation, donne un grain plus fin à la roche. Par référence aux termes précédents et suivants, ces faciès sont attribués au Lotharingien superieur terminal ou au Carixien basal.

La plupart des faciès décrits dans l'unité II appartiennent au domaine circalittoral externe ; ils représentent un aspect de la sédimentation du talus cévenol au cours du rifting liasique.

3.3.4-Le Pliensbachien

Cet étage comprend le Carixien, bien individualisé sous ses faciés calcaires et le Domérien, de nature plus argileuse, regroupé cartographiquement avec le Toarcien.

- Le Carixien (15 à 30m) est représenté par des calcaires en bancs compacts bien individualisés de 0.20 à 0.40 m, à patine bleu clair à jaune. La cassure est noire et conchoidale. On y rencontre les faciès de biomicrite à silicisponges et nodosariidés (C. JEUDY DE GRISSAC) avec les mêmes associations que dans le Sinémurien, mais la texture devient mudstone à wackestone, la structure est bioturbée, à petits terriers. La formation est datée par la présence de Uptonia jamesoni, Acanthopleuroceras maugenesti et Tropidoceras sp. de la zone à Ibex (annexe 1). Son sommet est marqué par un hard-ground.

> - Le Domérien (20 à 30m) correspond à des marnes grises friables en menus fragments, enrobant de nombreux rognons ferrugineux à structure concentrique et associées à quelques minces bancs de calcaire argileux vers le sommet de la série. Le fossile caractéristique est Tisoa siphonalis, partout abondant.

> - Le Toarcien inférieur (10m) est formé de marnes noires bitumineuses, feuilletées et indurées (faciès





BASSIN DE MIALET-THOIRAS_Schéma d'évolution des milieux de dépot au cours du Jurassique

Fig. 11

Schistes carton) à inclusions pyriteuses et débris de lignite. La faune est abondante et bien conservée : ammonites (Harpoceras falciferum, Dactylioceras divers) et lamellibranches pélagiques (Posidonomya bronni). Le reste de l'étage est constitué par des marnes grises, friables, à Hildoceras bifrons (20m).

La série liasique montre donc essentiellement un processus transgressif aboutissant au dépôt de sédiments argileux de milieu profond et euxinique qui atteint son maximum au Toarcien ; cette évolution se fait par la différenciation d'ombilics de subsidence accompagnée le plus souvent par une réaction positives des marges entrainant des érosions synsédimentaires nombreuses.

3.3.5-Le Jurassique moyen

Il n'est pas dans notre intention de décrire ici en détail les caractères sédimentologiques du Dogger ; nous en citerons seulement les termes essentiels.

> - L'Aaléno-Bajocien (80-100 mètres) est identifiable à une série d'argiles feuilletées noires renfermant des miches et des bancs de calcaire dur lité à lits de silice (cherts) ; il est remarquable par un changement fondamental de la microfaune (qui peut survenir dès le Toarcien). La microfaune (C. JEUDY DE GRISSAC, annexe 1) est composée d'une association de foraminifères comprenant :

> > D'abondants tests de Planiinvolutina carinata LEISCHNER > Des Ophtalmidiums sp. fréquents > Des nodosariidés unisériés, parfois à enroulement initial.

> > Des Glomospira sp. ou Glomospirella sp. assez fréquents

> Des verneuillinidés.

A ces foraminifères sont mélangés des spicules de silicisponges et de rares fragments de crinïodes ; des radiolaires sont présents, souvent mal identifiables. Les autres débris organiques, en dehors des Cancellophycus sont rares (bélemnites). BASSIN DE MIALET-THOIRAS _ Interprétation schématique des variations latérales de faciès au Lias





Les faciès observés marquent une profondeur d'eau importante et un confinement élevé. La biophase est assez caractéristique de l'Aalénien supérieur.

> Bathonien (50-100 mètres) est représenté par Le une dolomie grise à jaune pâle, macrocristalline, saccharoide, donnant a l'altération des sables dolomitiques. Elle résulte de la transformation de calcarénites grossières à oolithes, crinîodes et bryozoaires de domaine infralittoral moyen à distal. Ces faciès, comparables à certains horizons de l'Hettangien et surtout du Sinémurien (type Lotharingien inférieur) représentent des réservoirs potentiels minéralisés en plusieurs points : St Hippolyte du Fort, Les Malines. L'amas du Bathonien des Malines (Pb-Zn) représente le principal intérêt actuel sur la Bordure cévenole.

> - Le Callovien (80-130 metres) correspond à une formation de marnes grises et noires dans lesquelles s'intercalent des petits bancs de calcaire argileux gris de plus en plus abondants vers le sommet.

L'enchainement des conditions de sédimentation est résumé par le schéma synoptique de la figure 8 dans lequel sont replacés les milieux de dépôt aux différentes époques ; cette illustration montre qu'au cours du Lias, les faciés traduisent un déplacement vers un milieu marin plus externe et plus profond ; le Dogger marque la fin d'un cycle de sédimentation. Les corps sableux (calcarénites dolomitisées) sont replacés dans leur contexte.

* * *

4-TECTONIQUE

L'histoire tectonique de la région englobant le Horst de Pallières-Générargues et le Bassin de Mialet-Thoiras se décompose en trois périodes :

- Les distensions mésozoiques
- La compression pyrénéenne
- La "distension" oligocène

Les phases alpines ne se traduisent guère que par des figures microtectoniques (ARTHAUD et MATTAUER, 1972) dans le languedoc.

4.1-Grandes lignes de l'évolution structurale

Les directions structurales sont principalement heritées de la phase tardi-hercynienne ; elle met en place les lignes tectoniques qui conditionneront la sédimentation mésozoique et le style actuel des déformations sous l'effet des contraintes postérieures. Au niveau du socle, les décrochements tardihercyniens se classent en quatre familles (ARTHAUD et MATTE, 1975). La region etudiée se situe près du point de convergence d'un décrochement dextre E-W à relais sénestres NNE-SSW et d'un décrochement sénestre NNW-SSE à relais sénestres NW-SE, la faille de Villefort. Ces décrochements sont limités au Sud par des fractures de direction NE-SW.

La reconstitution de l'évolution tectonique post-hercynienne de la bordure mésozoique des Cévennes méridionales a été tracée dans ses lignes essentielles par SEGURET et PROUST (1965). Elle est caractérisée par la présence d'un réseau de failles parfois anté-triasiques (faille de Pallières, faille des Cévennes) dont l'activité se poursuit durant le Jurassique. Ce système, dont on connait mal l'état au Crétacé supérieur, est repris par la compression pyrénéenne (Eocène terminal) et aboutit à une architecture complexe, assortie notamment de plis et chevauchements de direction E-W affectant en particulier les anciens accidents NE-SW.

La phase de distension oligocène avec ses effondrements (fossé d'Alès) réactive les failles anciennes et complique encore la structure.

4.2-Histoire tectonique locale

Depuis les travaux de ces auteurs, nous avons effectué de nombreuses études sur la zone (in AUBAGUE et al., 1981) :

- Interprétation des images ERTS 1/1 000 000 à (J.Y SCANVIC) ; Etude photogéologique de la fracturation (R. VYAIN, G.WEECKSTEEN, G.DELPONT> ; - Analyse quantitative de la fracturation au Q.T.M. (J.L. BOULMIER) - Etude microtectonique d'affleurements sélectionnés (R. RISPOLI)

La première étude microtectonique locale réalisée sur les formations sinémuriennes a apporté des éléments nouveaux qui ont contribué à interprêter certaines manifestations diagénétiques. Cette étude a permis de reconnaitre dans le Bassin de Mialet-Thoiras et sur sa bordure SE dans la zone du faisceau cevenol :

> - Une première phase de distension N-S à N2O, mésozoique caracterisée par des fentes à ciment dolomitique, le plus souvent en relais, parfois en échelons dans des failles normales potentielles, orientées N100-110.

> - Une phase de compression pyrénéenne de direction NNV-SSE dominante à NNE-SSW qui se traduit par

> des déformations cassantes :

DISTENSION EST-OUEST DISTENSION N-S	! COMP.N-9 !!	DIS.NE-SW!
! FENTES ! Trias moy.! Trias > ! Rhetien ! Juras. < ! Juras. moy.! Juras. > ! Creta	ce ! Eocene > !	Oligoc. !
! N1201 a 1501E!	!	CALCITE
' N155' A 15'E ! ! Et N40 E !	CALCITE ! CALCITE !	
N601 a 251E 1 DOLOMITE ET SULFU	RES!	
1 N251 & 1101E 1 DUARTZ	!	!
' N10' A 40'E ! BOLOMITE !		!

.

ETAPES DE L'EVOLUTION STRUCTURALE DU HORST DE PALLIERES-GENERARGUES ET DU BASSIN DE MIALET THOIRAS

•

1 N401E /		·	' 5	ULFURES DE	FER	!
' N10' a 40'E !		DUARTZ	,SILICE	MICROCR.,	SULFURES	
' N10' a N40'E ' ! (filons) '	'SULFATES					
!Manifestations! ! synecdiment. !	р н	*		*		

Tableau 3 - Etapes de l'évolution structurale du horst de Pallières-Générargues et du bassin de Mialet-Thoiras.

•

fentes d'extension à calcite N2O, disposées en échelons dans des zones de décrochements, tantot dextres, tantot sénestres ;

décrochements dextres N330 à N10 E et sénestres N30 à 60 (compression NNW-SSE).

décrochements sénestres N160 à 180 (compression NNW-SSE).

> des déformations souples :

schistositė orientėe N80 E ## plis synschisteux d'axe N80 E

- Une phase de distension oligocene NW-SE (sensiblement N150 E) caractèrisée par des failles à jeu normal sans orientation privilégiée.

Les nouveaux éléments apportés par cette étude étaient de deux ordres:

- Mise en évidence d'une phase de distension mésozoique non caracterisée auparavant ;

- Existence d'une différenciation des efforts tectoniques entre la bordure cévenole fortement marquée par la compression pyrénéenne, et le Bassin de Mialet, où cette compression, beaucoup plus discrète, le cède en importance à la phase de distension précoce.

4.3-Etude structurale du Horst de Pallières

L'étude détaillée constitue l'annexe 3 de ce rapport. Le Horst de Pallières-Générargues, spécialement en ce qui concerne son flanc occidental, possède une histoire tectonique complexe qui peut se décomposer en trois périodes (tableau 2) :

52

4.3.1-Du Trias supérieur au Jurassique moyen

Au cours du Trias supérieur et du Rhétien, sous l'effet d'une distension WNW-ESE, se constitue une grande structure faillée de 18 km de long, qui réactive des fractures préexistantes du socle. Des séquences particulières décrites dans les formations du Norien et du Rhétien traduisent l'influence de la tectonique sur la sédimentation (Y.M. LE NINDRE). Des sulfates sont remobilisés dans le plan de faille.

(post-lotharingienne). A une époque ultérieure cette structure rejoue en faille normale ; cet épisode est accompagné d'un important apport de silice qui épigénise les sulfates préexistants. La distension responsable de ces évenements possède une direction particulièrement constante (N 102 E à N 116 E, avec un rapport de contraintes R # 0.45). A proximité du horst, dans la couverture carbonatée liasique, se créent des fentes de traction N 20 E à N 45 E à pyrite, alors que sur la retombée occidentale du horst, apparaissent des fentes dolomitiques. Une derniere pulsation ouvre la faille silicifiée et crée des fentes à quartz automorphe limpide.

4.3.2-Du Jurassique supérieur au Crétacé

La distension NNE-SSW crée des fentes N 110 E et des filons à quartz N 90 à 110 E qui recoupent la structure NNE-SSW du horst ; dans la couverture carbonatée liasique s'ouvrent des fentes à ciment dolomitique ; dans le Trias, on observe de petites failles normales de même orientation. Cette phase de distension pourrait être à l'origine de la formation du petit graben dit "Panneau Serre rouge" où se situe la Mine Joseph. Coupes Ouest-Est à travers le bassin de Mialet - Thoiras

LEGENDE :

- 9- Bathonien
- 8- Aalénien-Bajocien
- 7- Domérien-Toarcien
- 6- Carixien
- 5- c- Lotharingien supérieur IIb
 - b- Lotharingien inférieur IIa
 - a- Sinémurien
- 4- Hettangien (==) Hettangien IC
- 3- Trias supérieur
- 2- Trias moyen -b- dolomie et argiles noires

-a- grès de base

1- Socle granitique

COUPE OUEST-EST A TRAVERS LE BASSIN DE MIALET-THOIRAS



4.3.3- A l'époque tertiaire

A l'Eocène supérieur, la compression pyrénéenne (N-S et NE-SW) fait rejouer la faille occidentale du horst en un décrochement sénestre accompagné de plis d'entrainement de faible amplitude. Le déplacement horizontal qui en résulte parait donc peu important. Dans la couverture, cette phase se marque par des fentes à calcite N 150 à 20 E et des décrochements N 90-120 E dextres et N 35 E sénestres qui décalent la faille occidentale du Horst de Pallières.

A l'Oligocène, la distension N-S à N 50 E favorise un rejeu modèré en faille normale à stries obliques de l'accident principal du Horst qui est aussi décalé par des failles N 80 à 90 E, normales. Dans la couverture, on associe à cet épisode des fentes à ciment de calcite N 90 à 110 E et N 130 à 150 E.

XXX

5- CONCLUSION A L'ETUDE GEOLOGIQUE

La recherche des indicateurs pétrographiques et géochimiques de gîtes cachés sur la Bordure sous-cévenole, ne pouvait se concevoir sans le support d'une connaissance précise et approfondie de la géologie locale pour laquelle de nombreuses lacunes restaient à combler.

Pour une bonne compréhension des mécanismes moteurs des processus de transformation des roches, il était indispensable, dans un premier temps, de replacer la partie de la marge vivaro-cévenole concernée par cette étude dans son cadre géodynamique.

Dans une région au couvert végétal extrêmement dense et à la structure complexe, une cartographie de détail a du être réalisée. Cette étape a nécessité un très bon étalonnage stratigraphique de la série triasique et jurassique qui comporte de multiples récurrences de faciés dolomitisés très diagénétisés.

Les travaux de géologie structurale, récemment entrepris dans la zone d'activité minière ont permis d'interpréter les phénomènes de fracturation visibles à l'échelle de l'affleurement ou de la lame mince et ainsi d'établir des corrélations entre les processus diagénétiques et la tectonique distensive de la marge.

Plusieurs campagnes de terrain associant les diverses spécialités menées également dans le but de procéder à un ont ete échantillonnage précis des sites minéralisés ou des faciès diagénétisés. Elles ont concerné spécialement le Horst de Pallières-Générargues ວນ les vieux travaux ont ete. visités, l'ancienne Grande systématiquement mine de la Vernissière à Durfort, les systèmes filoniens du socle schisteux et du Granite du Liron, les paléostructures et les manifestations diagénétiques du bassin de Mialet-Thoiras.

Le bassin de Mialet-Thoiras correspond à un demi-graben formé par le jeu de la faille bordière du horst de Pallières-Genérargues. Les structures synsédimentaires observées affectant l'Hettangien et les éléments de paléogéographie montrent que son origine est probablement due à une tectonique de blocs basculés d'âge Sinémurien. Les observations microscopiques de la diagenèse ont pu être reliées à des figures tectoniques (accidents, fentes) visibles à l'affleurement qui traduisent l'activité distensive de la marge au cours du Jurassique. D'après les principaux repères chronologiques existants (datations par la biostratigraphie ou la géochimie isotopique, événements sédimentaires et structuraux importants), les périodes suivantes paraissent les plus sensibles:

. Le Trias :

X dans l'intervalle compris entre le sommet du Ladinien inférieur et la base du Norien (tectonique, lacunes, phénomènes diagénétiques syncinématiques);

X au Rhétien, principalement dans les manifestations d'ordre sédimentaire.

. L'intervalle Domérien-Bajocien :

Durant cette période, la sédimentation est principalement régie par la subsidence tectonique, selon un axe N 20 degrés environ (distension E-W), surtout sur la bordure orientale du seuil caussenard et le long de la faille de Corconne.

> X au Toarcien (distension principale du Lias, faciès schistes cartons, discordances, renouvellement des faunes, hydrothermalisme), avec un paroxysme au Toarcien supérieur (Le Strat et Bonijoly, 1987).

> X au Bajocien-Bathonien : la tectonique est très active dans tout le bassin du Sud-Est, mais semble se manifester à des époques différentes selon les domaines : au Bathonien sur la bordure ardéchoise et en Provence, au Bajocien dans la région étudiée ; il y est associé un faciès sédimentaire particulier (alternances d'argiles noires et calcaires) ; le Bathonien oolithique viendrait sceller ces structures à l'Ouest de la faille de Corconne.

Ces événements accompagnent la phase de rifting de la marge téthysienne, les contrastes structuraux sont maximaux durant cette période.

> . Le Callovien correspond à la base d'une nouvelle séquence (faciès terres noires, qui persiste dans le bassin du Bajocien supérieur à l'Oxfordien inférieur) et au début de la phase d'expansion océanique (premières ophiolithes dans les Alpes). Il représente une période de transition, pendant laquelle persiste le même système de contrainte.

Durant la période Jurassique supérieur-Crétacé, à partir de l'Oxfordien moyen, les directions de la distension changent et devient Nord-Sud. Il y correspond des failles et des fentes de direction N 100 degrés environ dont les ciments dolomitiques sont bien caractérisés (quatrième séquence diagénétique). La sédimentation est principalement conditionnée par une subsidence de type thermique.

Les sulfures observés prennent place dans les carbonates au cours de la période Lias moyen-Dogger.

La plupart des échantillons prélevés dans la zone minéralisée présente fune succession diagénétique qui montre :

. Une transformation profonde de la roche originelle favorisée par la lithologie (dolomite).

. La permanence de conditions induisant la fracturation quelles que soient les directions de contrainte ; cela suppose donc une position privilégiée au noeud des diverses influences tectoniques. Il faut peut être rechercher dans l'héritage tardi-hercynien une telle situation géodynamique.

6- EVOLUTION DIAGENETIQUE DE LA SERIE TRIAS-LIAS

tectonique en distension (Bonijoly, annexe 3).

6.1- Etude de l'évolution thermique de la marge sous-cévenole.

Les études minéralogiques et géochimiques réalisées sur le gîte de la Croix de Pallières montrent que les minéralisations sulfurées Zn-Pb-Fe apparaissent dans un contexte de flux thermique anormalement élevé (Aubague et al 1981,1982; Sureau et al,1984). Cette forte thermicité affecte le Trias et le Jurassique inferieur dans un contexte structural caractérisé par une active

La présence de paléo-flux thermique anormal a la périphérie du môle cévenol est confirmé par les travaux de Bonhomme (1982) sur les illites néoformées de certains filons et les travaux de Gauthier (1984) sur l'évolution de la matière organique associée aux gîtes Zn-Fb de la bordure caussenarde (Les Malines, Trèves, Florac et Lanuéjols).

L'origine géodynamique de ce flux anormal qui affecte la marge cévenole peut être recherchée dans les phénomènes connexes de l'ouverture de l'océan liguro-piémontais (Sapin et Hirn, 1974 ; Lemoine, 1985 ; Bouladon et al, 1985) : amincissement crustal, remontée du manteau, qui provoquent une anomalie de flux thermique dans les parties superficielles de la croûte. Ces mécanismes induisent en particulier la circulation de fluides hydrothermaux dans les parties les plus étroites de la marge où les gradients sont les plus intenses.

La recherche de manifestations locales de ces paléo-flux et des gradients thermiques, nous a conduit à :

-reconsidérer les relations entre les manifestations filoniennes du socle et la couverture sédimentaire

-de rechercher les zones soumises à l'hydrothermalisme par une étude regionale de l'evolution de la matière organique et de la cristallinité des illites.



6.1.1- Les manifestations filoniennes

Plusieurs types de manifestations filoniennes ont été considérées (figure 14) :

-les filons spilitiques intra granitique du secteur d'Anduze et de Mialet (Annexe 4)

-Le "dyke" quartzo-barytique, qui souligne la faille occidentale du horst de Pallières et qui affecte le socle granitique et la couverture sédimentaire (Annexes 3 et 4)

-Le filon quartzo-barytique de La Maline (Pb-Cu) qui recoupe le granite et le Trias moyen (Annexes 2 et 4).

6.1.1.1- Les filons spilitiques (figure 14)

Les filons spilitiques sont représentés par un éventail de roches allant de la spilite vraie (roche de la lignée basique avec de l'albite comme plagioclase) à une micromonzodiorite quartzique. Il constitue des filons métrique à plurimétrique dans le granite hercynien daté sur biotite à 300 MA (Baubron, annexe 4). Les directions filonniennes sont homogènes et globalement N-S. Elles peuvent être reliées à la phase de distension E-W qui

Elles peuvent être reliées à la phase de distension E-W qui commande la structuration de cette région depuis le Westphalien-Stéphanien inférieur jusqu'au Bathonien-Callovien (tableau 2 et figure 18).

On peut estimer que les manifestations hypovolcaniques correspondent à une activité tardi-granitique post-hercynienne.

Trois observations peuvent être réalisées sur ces filons :

-Les bordures sont de type bordures figées à texture microlithique fluidale qui évoque un refroidissement rapide d'une lave contre un encaissant froid. Le coeur du filon présente une structure plus micro-grenue qui caractérise un refroidissemment plus lent.

-Une différenciation latérale au sein d'un même filon de la paragenèse à cachet splilitique à la paragenèse micromonzodioritique quartzique. Cette différenciation pouvant être mise sur le compte d'une assimilation locale de l'encaissant granitique.

-Un hydrothermalisme rétromorphosant à calcite et chlorite.



Fig. 15- Carte d'échantillonnage des silicifications sur le horst de Pallières (carte structurale D. Bonijoly, annexe 3)

Des datations K/Ar ont été tentées sur les biotites triées du granite à proximité du filon (287 MA)et sur roche totale pour les filons spilitiques (coeur: 167 MA et bordure figée: 187 MA). Ces résultats indiquent un rajeunissement du granite au contact du filon et une ou plusieurs phases de rajeunissement des spilites (Hydrothermalisme jurassique, figure 18).

V

Ces résultats soulignent l'importance des réactivations des structures N-S pénécontemporaines du dépôt de la couverture sédimentaire, sans exclure même la possibilité d'une mise en place synsédimentaire des spilites.

6.1.1.2- Le "dyke" quartzo-barytique et les silicifications associées (figure 15).

Le "dyke" quartzo-barytique représente une intense silicification de la faille du horst de Pallières-Genérargues qui affecte le granite et les assises sédimentaires, tantôt triasique, tantôt liasique de la bordure occidentale du horst de Pallières. C'est une structure pluri-kilométrique ayant une morphologie de faille normale d'orientation générale N20 degrés.

C'est une structure complexe, polygénique et polyphasée (Bonijoly, annexe 3). Il est possible de la suivre sur environ 6 km entre St Felix de Fallières et le Pradinas (figure 15).

Les études structurales et pétrographiques (Bonijoly, annexe 3 et Robelin, annexe 4) ont permis de reconstituer l'histoire tectonique de cette bordure occidentale du horst de Pallières.

Au Trias supérieur-Rhétien se contitue la grande structure faillée de 18 km de long (horst de Pallières). Cet événement s'accompagne d'une forte thermicité comme en témoigne la présence de muscovites syncinématiques néoformées, dans des grès psammitiques plissés, au contact de la faille.

Des datations K/Ar realisées sur ces minéraux triés donnent des âges Ladinien-Carnien (233-219 MA) (Annexe 4).

C'est au cours du rejeu post lotharingien, en faille normale, de cette structure que se produit un important apport de silice dans la faille principale (Bonijoly, annexe 3). Cette silicification donne à cette structure son aspect de "dyke".

La silicification, plus ou moins intense, présente des faciés allant du sédiment silicifié à des faciés de type quartz saccharoide, quartz en peigne, quartz haché (épigénie d'anhydrite). Localement de la barytine en gerbes clos cet épisode. Fréquemment ces venues quartzeuses sont associées à des sulfures (Pyrite éssentiellement). Les quartz présentent fréequemment des zones de croissances automorphes dans lesquelles sont piégées de nombreuses inclusions solides (anhydrite, barytine, pyrite) et fluides (planche photo 1). La silicification n'affecte pratiquement pas le granite. Par contre, on trouve quelquefois des filons de quartz parallèles à la faille dans le granite.

Des études cryogéniques et microthermométriques ont été réalisées sur les inclusions fluides des quartz provenant (figures 15, 16, 17):

> -de différents points de la structure silicifiée principale avec : des quartz drusiques, des quartz en mosaique soulignant des formes fantômes de cristaux automorphes (anhydrite). Ces silicifications affectent, ici principalement, le Trias basal gréseux. La barytine et les sulfures sont fréquents avec une paragenèse à cachet méso à épithermal (Sureau et al 1984).

> -de filons de quartz intra-granitique (Le Roucan, Corbes) caractérisés soit par des croissances concrétionnées dans fractures pluri-centimétriques, soit en cristaux des automorphes centimétriques des géodes dans en association avec des sulfures (pyrite, chalcopyrite). On la présence d'inclusions solides note localement (séricite en rosette).

> -du Lotharingien silicifié (mine Joseph) au toit du horst et représenté par du quartz en veinules dans des dolomies noires silicifiées ou en cristaux automorphes millimétriques dans des cavités de dissolution de sulfate (anhydrite entéromorphique).

Plus de 200 mesures ont été réalisées sur les échantillons de quartz (figure 16). La taille des inclusions est variable (entre 30 et 100 microns) a de rares exceptions les inclusions sont biphasées, aqueuses, avec un fort coeéfficient de remplissage. Quelques inclusions monophasées tardives ont été observées. Les études de micro-cryométrie (figures 16, 17) montrent que la salinité des fluides est très variable d'un échantillon à l'autre (de 2 à 24 eq.%NaCl). Cette variation se retrouve au sein d'un même échantillon ou elle souligne la présence de deux populations de fluides : -la première population autour de 7% eq.NaCl,-la seconde vers 20% eq.NaCl .

* * *

-

.

PLANCHE PHOTO : 1

Quelques aspects typiques des différentes familles d'inclusions rencontrées dans le quartz, la barytine et la sphalérite.

1- Inclusions bi-phasées à caractère primaire (croissance dynamique) dans le quartz (X400). Echantillon YL83-57

2- Inclusions biphasées à caractère secondaire, elles se sont formées sur un plan de fracture ressoudé, dans le quartz (X400). Echantillon YL83-57

3- Inclusions biphasées à caractère secondaire, en alignement dans le quartz (X400). Echantillon Y183-9

4- Inclusions monophasées dans la barytine (X400). Les bulles observées dans deux inclusions sont des artéfacts apparus lors de l'étude microthermométrique. Echantillon YL 83-53

5- Inclusions fluides biphasées associées à des inclusions solides de boulangérite en aiguilles dans la sphalérite miel (génération II)(X200). Echantillon Pallières CP1-104.25m

6- Inclusions fluides biphasées dans la sphalérite miel (génération II)(X400). Echantillon Pallières CP1-104.25m





• ~



INCLUSIONS FLUIDES - HORST PALLIERES

Malgré les très fortes salinités mesurées aucun cube de halite n'a été observé ; si l'on ajoute à cette constatation תנו abaissement de l'eutectique (-35 degrés) on en déduit la presence d'ions autres que Na+ (probablement Ca++ et Mg++). Les températures d'homogénéisations des inclusions varient entre 180 degrés, la moyenne situe autour de 130 degrés avec un 80 et très faible étalement (figure 17). La correction des températures mesurés en fonction de la pression d'enfouissement est négligeable (piègeage des fluides à faible profondeur).

microthermométriques Les mesures ne permettent pas de differencier nettement les fluides du quartz associés aux filons hydrothermaux dans le granite, du quartz des silicifications dans la couverture sédimentaire (figures 16 et 17). Ils semblent appartenir à un même système hydrothermal. Des observations similaires ont été réalisées à la fois dans les filons du granite et dans le Lotharingien silicifié ; elles montrent une évolution des fluides vers une augmentation de salinité et une diminution de température (figure 17). L'origine des fluides salins peut être recherchée dans un lessivage, par des eaux expulsées du bassin, du Trias marneux évaporitique pris entre le horst et la couverture carbonatée. Le bon regroupement des températures vers 130 degrés contraste l'étalement des salinités. La présence simultanée, dans avec certains échantillons, des solutions de salinités contrastées s'expliquer par la présence de battement entre deux nappes peut chimiquement stratifiées ou par le mélange imparfait de deux fluides peu miscibles.

6.1.1.3- Le filon de la Maline

Le filon quartzo-barytique de la Maline, sur le versant occidental du bassin de Mialet (figure 14), était déjà signalé par Poidevin (1973). Il présente la caractéristique de recouper le socle granitique et la couverture rhéto-triasique. Il s'agit d'une structure quartzeuse d'orientation N2O, qui silicifie le granite et les conglomérats de la base du Trias. Ce filon est recoupé par un filon à quartz, barytine et sulfures (Fe, Fb, Cu, Ag) d'orientation N125 degrés. + 2 - Granite, Route Anduze O 3 - La Ferrière, dyke Trias

- ●4 Dyke Pallières (sulfate silicifié)
- ∎5 Pallières, dyke
- △6 Joseph, Minerai Cu Lotharingien



Figure 17 - Diagramme des températures d'homogénéisation versus salinité des inclusions fluides des quartz (les numéros renvois à la figure 15)

La direction N2O degrés, matérialisée par le filon quartzeux et les silicifications semble bien liée au régime de distension E-W anté-callovienne ; la direction E-W du filon à cuivre est à raporter au régime de distension N-S post callovien. L'allure des assises sédimentaires de part et d'autre de cette direction N2O degrés, la présence de silicifications font penser à une structure en horst, réplique du horst de Pallières-Générargues dont elle adopte la direction.

Cette étude des manifestations filoniennes dans le socle et la couverture sédimentaire du bassin de Mialet-Thoiras souligne l'importance et la complexité des manifestations hydrothermales liées à la tectonique tardi-hercynienne . Deux grandes phases thermiques semblent s'individualiser : la première fini-triasique (mise en place du horst) ; la seconde post lotharingien et anté-callovien est la plus importante par ces effets (figure 18). Elle pourrait correspondre à la phase thermique enregistrée par les spilites hydrothermalisées (180-150 MA).

Cet intervalle de temps est aussi celui évoqué pour les remobilisations hydrothermales de l'uranium du socle mise en évidence à Lodève (Lancelot et al, 1984), Bertholène (Schmitt et al, 1984). Cette phase hydrothermale (100-200 degrés) semble généralisée dans tout le sud du Massif Central. Seule la nature des fluides impliqués change d'un secteur à un autre (salins ou dilués, oxydants ou reducteurs) suivant le type de circuit hydraulique solicité et la nature des roches lessivées.

6.1.2- Evaluation de l'intensité de la diagenèse par l'étude du degré d'évolution de la matière organique et des minéraux argileux.

6.1.2.1- Introduction, rappel des données.

La concentration en matière organique est très variable et dépend essentiellement du milieu de dépôt. Pour le Lias du bassin de Mialet les faciés traduisent un processus transgressif sur une bordure cratonique à tranche d'eau généralement assez faible autorisant des passages rapides d'un milieu agité (dépôts littoraux à circalittoraux) à des environnements protégés du domaine marin (faciés lagunaires) favorisant l'accumulation de dépôts fins enrichis en matière organique. La teneur en carbone organique de la série varie de 0.1% à 7% dans certains niveaux privilégiés de l'Hettangien (Hettangien IC ou niveau à plantes de l'Héttangien II).

Les études antérieures (Aubague et al, 1981), sur des échantillons provenant de l'Hettangien à la périphérie des zones minéralisées du horst de Pallières, montrent que la matière organique appartient à la lignée III qui correspond à une origine libero-ligneuse (origine continentale). Au voisinage du horst de Pallières l'état d'évolution de la matière organique est élevé. La diagenèse à gaz peut être atteinte . Quelques mesures de pyrolyse "Rock-Eval" semblent montrer des gradients d'évolutions vers la base de la série (Trias) et vers le horst.

6.1.2.2- Recherche de gradients d'évolution dans la diagenèse

La présente étude s'inscrit dans cette démarche de recherche de gradients (Gonzalez, annexe 7). Elle consiste à suivre l'évolution de la M.O. dans le temps (du Trias au Jurassique supérieur) et dans l'espace dans un secteur qui s'étend d'Alés au Nord à Sumène au sud (figure 19).

Le travail a comporté trois volets :

lever de 8 coupes perpendiculaires aux -Un grands dit de la "faille des Cévennes" accidents avec un échantillonnage des différents terrains (147 éch.). L'échantillonnage de 6 sondages miniers (150 éch.) recoupant les minéralisations de Pallières (CP1, SFP2), de Durfort (CAB1, CAB3 et VER1) et du Nord-Alès (SOU5). (20 collecte d'échantillons éch.) sur La des remarquable par la présence de M.O. (Trias affleurements de Vabres, du Ponteil) ou par les associations M.O.sulfures (Le Perret, L'Espinette, Le Pradinas, Joseph, Durfort).

- L'étude pétrographique (analyse macérale, mesure du pouvoir réflecteur de la vitrinite) et l'étude géochimique de la M.O.D.

-Mesure de la cristallinité des illites sur les échantillons des coupes .(Mesures éffectuées par Weber à l'Institut de Geologie, Strasbourg).



Figure 18 - Représentation des principaux événements tectoniques thermiques et hydrothermaux dans la colonne stratigraphique du Trias au Crétacé.

76

Quatre coupes recoupant un maximun de terrains du Trias au Jurassique ont été choisies pour entreprendre l'étude pétrographique systèmatique du degré d'évolution de la matière organique. Les résultats analytiques (reflectogrammes) sont donnés dans l'annexe 8). Il s'agit, du Nord vers le Sud, de :

- La coupe des Puechs (Trias à Carixien) qui traverse le horst de Pallières et recoupe le bassin de Mialet.

Le Trias a subi les effets d'un flux thermique et de contraintes tectoniques qui provoque une augmentation du P.R. jusqu'à 2.1% et une anisotropie de la M.O., L'ensemble des terrains depuis le Trias "marnes irisées" jusqu'au Sinémurien semble avoir connu la même évolution thermique avec un P.R. proche de 1%.

Il est important de souligner que le système de faille de la bordure du horst compartimentant le Trias et le Rhétien ne modifie pas les valeurs de P.R.. Par contre le Lotharingien, avec un P.R. de 1.1%, témoignerait de l'influence d'un flux thermique plus élevé.

-La coupe des Capellans est réalisée dans un massif de calcaire marneux callovo-oxfordien délimité au Nord, au Sud et à l'Ouest par des failles du faisceau cévenol à rejeu pyrénéen important. Avec un P.R. moyen de 0.63% la M.O. a subit une évolution compatible avec une diagenèse d'enfouissement. L'influence de la proximité des failles ne se fait pas sentir sur l'évolution de la M.O. .

-La coupe d'Ayrolle qui recoupe quatre lanières faillées (Jurassique-Trias-Jurassique-Trias) montre que les différences entre les secteurs sont faibles ou nulles. Le P.R. moyen est proche de celui de la coupe des Puechs (0.9%). La fracturation de la couverture sédimentaire n'est pas à l'origine de la compartimentation en panneaux plus ou moins chauffés.

-La coupe de Cros (Lotharingien au Portlandien) est la plus méridionale. Le P.R. moyen de la coupe est de 0.85%. Au Jurassique supérieur il peut atteindre 1.2%.

L'étude réflectométrique du degré d'évolution de la M.O.D. contenue par les terrains traversés par les 4 coupes de référence fait apparaître régionalement, pour le Trias et le Jurassique un même stade d'évolution (PR : 1%). Le flux thermique responsable de cette maturation est pour le moins postérieur au Lotharingien. Dans les secteurs recoupant les grands accidents cévenols, la

fracturation n'est pas un critère suffisant pour une compartimentation de la couverture secondaire en panneaux plus ou moins "chauffés".

L'étude confirme l'existence locale de flux thermiques anomaux (Trias de la bordure du horst de Pallières).



Figure 19 - Carte de positionnement et d'échantillonnage pour l'étude de l'évolution de la matière organique.

Les études géochimiques et pétrographiques réalisées sur la M.O.D. des sondages représentent un échantillonnage qui couvre une période de temps plus limitée (Trias sup., Hettangien, Lotharingien). Les sites étudiés se trouvent toujours dans ou au voisinage de zones minéralisées.

Le protocole analytique suivi consisté en une analyse "Rock-Eval" de tous les niveaux traversés avec quelques mesures de PR sur des échantillons selectionnés .

Les résultats analytiques sont représentés dans les figures 20 et 21.

L'état de carbonisation de la M.O.D. nous empèche d'avoir accès à sa nature originelle, seul subsiste le matériel libéro-ligneux (lignée III) à plus faible évolution.

Les éléments sapropèliques qui auraient pu exister ne sont plus déterminables.

Dans tous les sondages analysés les valeurs de IH (Index Hydrogène) sont très faibles voire inexistantes. Seuls les sondages les moins diagénétisés réalisés dans le Lotharingien calcaire (SFP2,VER1) présentent des IH supérieurs à 50 (figure 20).

La température optimale de pyrolyse (Tmax, figure 21) entre 450 et 500 degrés confirme la maturation élevé de la M.O. et en bon accord avec les mesures de pouvoir réflecteur (PR>1).

Les valeurs fortes pour l'index oxygène (oxydation de la matière organique) se retrouvent principalement dans les échantillons de l'Hettangien fortement diagenétisé (IO>100). En particulier au nord-Alés (SOU5) on note des valeurs supérieures à 500.

D'après B.Gauthier (1984), cette augmentation des IO peut trouver son origine : -soit par la décomposition thermique d'un carbonate instable dans les conditions de pyrolyse (dolomite calcique Dar une oxydation de la M.O. exemple),-soit par la lors de dolomitisation (fluides oxydant, intervention de bactéries). Cette seconde hypothèse semble confortée par le caractère toute la série antégénéralement ėlevė des 10 dans

lotharingienne malgré la précipitation locale de dolomites calciques (ciment de fractures, de cavités de dissolution).

Cette étude des sondages montre que l'utilisation de la pyrolyse "Rock-Eval" est d'un intérêt limité par la forte évolution de la M.O.D. qui a perdu tout son potentiel en hydrocarbure (IH=O). Elle montre cependant la possibilité de détecter un gradient d'évolution entre le Lotharingien supérieur (présence d'un IH) et l'Hettangien (pas de IH et très fort IO).

79

En particulier à Durfort où la dolomitisation de la série n'est pas complète (sondage VER1) on remarque les zones dolomitisées et minéralisées par l'absence de IH (sondages CAB1 et CAB3).

l'étude Un échantillonnage spécifique pour de la M.O. а été réalisé sur les sites minéralisés de la marge (figure 19) afin de comparer son degré d'évolution en présence de minéralisations sulfurées avec celui obtenu sur les coupes de références. Dans la zone d'Alés (L'Espinette-Trias et Bessourides, Le Soulié, Perret-Hettangien), la M.O. est constituée par des particules anthracitiques avec de fréquents exsudats de bitume. Localement (Perret) les bitumes ont migrés dans les fractures en distension de l'Hettangien (distension liasique), ils présentent les traces de d'une cokéfaction. Tous les échantillons montrent des pouvoirs réflecteurs qui varient entre 2.3 et 3.2% . Sur le horst de Pallières les échantillons de l'arkose du Trias minéralisé de Carnoules - St Sébastien d'Aigrefeuille montrent des valeurs de P.R. entre 1.45 et 1.90% (analyses B.Gauthier). Plus au sud le Lotharingien minéralisé de la mine Joseph présente les plus fortes valeurs mesurées de P.R. avec deux populations de

vitrinite, la première avec P.R. moyen = 3.33% (120 mesures, 8 échantillons, la seconde avec P.R.moyen = 4.58% (48 mesures, 5 échantillons) (analyses H. Gorzawsky).

A Durfort le lotharingien minéralisé présente fréquemment des bitumes migrés associés à la minéralisation en sphalerite (Grande Vernissière), la vitrinite est fréquemment anisotrope avec P.R. supérieur à 1.8%.

Tous ces résultats montrent que l'état de carbonisation de la M.O.D est important . La mesure du pouvoir réflecteur sur des macéraux du groupe de la vitrinite montre que leur réflectance est souvent voisine de 2 (elle peut dépasser 3) ce qui classe ces échantillons dans le groupe des anthracites à méta-anthracites. Cette forte évolution est confirmée par les analyses au "ROCK EVAL" realisées sur roche totale, qui montrent l'absence de tout potentiel en hydrocarbure. La matière organique a atteint le stade de la catagenèse .

La comparaison avec les zones non minéralisées met nettement en évidence les plus fortes valeurs de PR obtenues pour la M.O. des gisements. Ces fortes valeurs sont souvent associées à la présence de bitumes migrés qui soulignent le rôle des fluides dans la minéralisation.

.



Figure 20 - Répartition des points représentatifs des échantillons de roches (sondages SOU5, CP1, SFP2, CAB1, CAB3 et VER1) dans un diagramme IH-IO (Rock-Eval)



Figure 21 - Répartition des points représentatifs des échantillons de roches (sondages SOU5, CP1, SFP2, CAB1, CAB3 et VER1) dans un diagramme IH-T max (Rock-Eval)

•

Toutes les valeurs de pouvoir réflecteur de la vitrinite mesurées dans cette étude ont été reportées sur un diagramme P.R. versus âge de la roche encaissante (figure 22). Ce diagramme fait ressortir :

- le grand étalement des valeurs de PR pour le Lias (de 0.6% à plus de 4%),

l'absence de relations FR-Age pour des valeurs de FR inférieures à 1.2% .

Il est possible de distinguer deux populations de PR en fonction de la localisation géographique des échantillons :

Xla première population concerne les zones correspondantes, aux coupes de référence à travers la marge et au bassin de Mialet. Pour ces terrains qui vont du Trias au Callovo-Oxfordien le PR varie peut (0.8 à 1%). Les plus basses valeurs sont éssentiellement obtenues sur le versant caussenard des Cévennes (gîte de Trèves, B.Gauthier, 1984). Ces échantillons pourraient témoigner de l'éxistence d'un

"flux régional". Par comparaison, le gradient géothermique thermiaue équivalent pour un enfouissement maximal au Crétacé aurait pu varier de 30 degrés/Km (normal pour un bassin sédimentaire) à plus de 60 degré/Km (forte anomalie thermique).

de Xla seconde population concerne les échantillons la bordure du horst de Pallières (Trias et Lias) et ceux provenant des zones minéralisées (Alés, Durfort, Joseph). Ils se caractérisent par de plus fortes valeurs (PR>1.5%)en particulier pour les minéralisations (FR> 2%). Cette population correspond à des manifestations hydrothermales locales de plus fortes intensités dans des drains privilègiés. D'après J.Karweil (1975) à 140 degrés (températures mesurées dans inclusions fluides des quartz authigènes de la bordure du les horst) il faut 50 millions d'années pour obtenir un FR de la vitrinite de 1.5%. Cette estimation est compatible avec un flux thermique qui pourrait se situer au Callovo-Oxfordien, époque particulièrement

dans l'histoire de la marge (fin du riftingcritique effondrement).

Ces résultats diffèrent considérablement de ceux obtenus sur la M.O. associée au gîte Zn-Pb de Bois-Madame plus au sud-ouest de marge (figure 19). Ces minéralisations sont situées dans Kimméridgien supérieur dolomitique, la M.O. est de t le type sapropélique (lignée 1) avec un degré d'évolution faible (pouvoir réflecteur entre 0.3 et 0.6%). Ces données permettent de situer son évolution à la limite de la diagenèse à huile (limite immature-mature).

Si la différence dans la nature de la M.O. est explicable par le contexte paléogéographique marin circa-litoral du Jurassique supérieur, le faible degré d'évolution de cette M.O. est a attribué à la seule diagenèse d'enfouissement (400-500m pour le Kimméridgien supérieur, figure 18). L'absence de phénomènes thermiques anormaux, d'ampleur régionale,

après le Jurassique supérieur semble ainsi confirmée.

Toutes ces observations montrent que la très forte évolution de la M.O.D., du Trias au Jurassique moyen, ne peut correspondre à une simple diagenèse d'enfouissement, qui n'a pas dépasser 1500m, pour le Lias dans cette zone.

<u>Comparaison entre l'évolution de la cristallinité de l'Illite et l'évolution de la matière organique dispersée.></u>

L'analyse par diffractométrie X des minéraux argileux de la série du Trias au Jurassique montre que ceux-ci sont constitués par de l'Illite. Sur les quatre coupes de référence où le PR de la vitrinite a été mesuré il a été réalisé (F. Weber, Institut de Géologie, Strasbourg) des mesures des largeurs de la raie de l'illite (indices de Weawer, largeur de la raie après glycolage, % d'interstratifiés).

On observe une nette évolution des paramêtres de l'Illite en fonction de la stratigraphie. Les raies de l'Illite s'élargissent et la proportion des feuillets interstratifiés s'accroît lorsque l'on monte dans la série du Trias au Jurassique supérieur (figure 24). Les échantillons du Trias sont bien regroupés autour de leur valeur moyenne (LN10=5.8) au contraire pour les échantillons plus récents (Jurassique sup.) la grande dispersion des mesures reflète un recyclage dans le bassin sédimentaire de minéraux argileux plus évolués et plus anciens.

La comparaison avec les données obtenues par la mesure du PR de la M.O.D. sur les mêmes échantillons (figure 23) montre qu'il n'existe pas de corrélation entre ces deux mesures. Ce résultat peut sembler en contradiction avec ceux obtenus par Duba et al (1984), Kubler (1968) qui relient l'évolution de ces deux paramêtres.



Figure 22 - Représentation des mesures de pouvoir réflecteur de la vitrinite sur la bordure cévenole en fonction de l'âge de la roche encaissante

1



Relations PR vitrinite – cristallinité illites

Figure 23 - Relations PR de la vitrinite et cristallinité des illites associées.

Le comportement non corrèlé de ces deux indicateurs de l'évolution thermique d'une sèrie sédimentaire, tient au fait que les échantillons prélevés sur la bordure cévenole se situent dans une coupe parallèle à la marge du bassin ou l'enfouissement peut être considéré comme constant (diagenèse d'enfouissement constante).

Les auteurs prè-cités ont a l'opposé étudiés des coupes perpendiculaires à la marge (vers le bassin) ou la différence d'enfouissement joue le rôle moteur dans l'évolution thermique de la M.O.D. et de l'Illite.

Ainsi, pour la marge cévenole, nous avons décorrèlé l'évolution thermique due aux phénomènes hydrothermaux de l'effet d'enfouissement.

La matière organique réagit plus vite que l'Illite à des effets thermiques de courte durée (énergie d'activation plus faible de la M.O.).

L'augmentation de la cristallinité de l'Illite avec l'age ne représente que l'effet thermique régional de l'enfouissement.

La M.O.D. constitue, bien sur cette marge, un témoin de phénomènes thermiques anormaux véhiculés par des fluides hydrothermaux qui peuvent s'exprimer localement par des minéralisations sulfurées.

Il apparait alors possible de repérer des "points chauds", zones privilégiées par leur capacité de drainance (réservoirs), suceptibles de révéler le passage de fluides hydrothermaux.

÷



Figure 24 - Relations PR - Vitrinite. Cristallinité des illites et âges des formations encaissantes.

6.2- Etude pétrographique des carbonates

6.2.1-Introduction

Les études antérieures réalisées sur le gîte de la Croix de Pallières et la bordure du horst de Pallières-Générargues (Aubague et al 1981,1982 ; Sureau et al 1984) montrent que le gisement principal qui a fait l'objet d'une exploitation minière (100000 T Zn+Pb avec Zn/Pb=4) est le résultat d'une épigénèse dans les dolomies de la base de la série hettangienne. Le gîte, constitué d'amas pseudo-concordants, est le fruit d'apports métalliques vehiculés par des solutions hydrothermales au cours du Jurassique.

Dans cette optique il est important de souligner, dans la localisation des minéralisations, le rôle des drains (les amas sont situés au flanc d'un haut fond), de la porosité matricielle ou de fracture (les amas sont situés à un noeud d'intersections d'accidents profonds actifs au cours du Jurassique).

L'évolution des paramètres physiques des "réservoirs" et la propagation des fluides sont étroitement liées à la nature du sédiment originel (micrite, calcarénite) et à l'evolution diaépigénetique des carbonates.

La recherche d'indicateurs pétrographiques de la présence cachée d'extensions du gîte principal ou d'un autre gîte de même typologie dans la série liasique dolomitique, passe par une caractérisation des effets de l'épisode minéralisateur sur la succession des générations de carbonates avec l'identification d'une phase témoin du depôt des sulfures.

Dans le cadre de cette action de recherche des indicateurs de mineralisations cachées, nous nous sommes éfforcés de compléter le schéma d'évolution diagénétique à tout le Lias de la partie méridionale du bassin de Mialet Thoiras dans l'extension plurikilométrique des minéralisations de la bordure du horst (figure: carte de situation).

Les zones qui ont fait l'objet d'une étude approfondie en complément des travaux réalisés précedemment sur la bordure du horst sont (figure 8) :

- coupe de La Ferrière
- coupe du Martinet
- coupe de Barafort
- coupe de Combescure
- coupe du Col de Bane
- Durfort La Grande Vernissière

6.2.2- Techniques d'étude des carbonates

Les techniques utilisées pour l'étude pétrographique des roches dolomitiques ont été celles de la pétrographie sédimentaire (plus de 300 lames minces ont été observées).

A l'examen optique classique il a été associé:

- des colorations sélectives des minéraux carbonatés (alizarine red S, ferricyanure de potassium).Ces colorations permettent de distinguer la calcite de la dolomite ainsi que les differents carbonates férrifères (dolomite férrifère, ankérite).

- la cathodoluminescence sur lames minces (appareil TECHNOSYN). Ces observations associées à l'examen en lumière transmise permet une meilleure description des séquences de cristallisation, la reconnaissance des discontinuités majeures dans la roche ou le minéral. En particulier les phases de fracturations et de dissolutions peuvent être mises en relation avec la précipitation des différentes générations de ciments ou de croissance cristalline. A chaque fois que cela est possible l'apparition des sulfures est située dans cette évolution. Les différentes phases et leur chronologie peuvent être identifiées de manière fiable par la conjugaison de quatre paramêtres :

X la couleur de luminescence,

X la position dans la séquence de cristallisation,

X l'intersection par des phases de fracturation, de bréchification,

X la corrosion par des minéraux postérieurs.

- la chimie ponctuelle à l'aide de la microsonde électronique pour le dosage de Ca, Mg, Fe et Mn (BRGM et Université de Heidelberg) (figure 27).

-l'étude des inclusions fluides (micro-thermometrie et cryogénie).



Figure 25 - Diagenèse et principaux faciès pétrographiques et géochimiques des dolomies du Lias.



Figure 26 - Epigenèse et principaux faciès pétrographiques et géochimiques des dolomites.

6.2.3-Relations sédimentologie et pétrographie dans les carbonates du Lias

XA l'Hettangien, on distingue éssentiellement :

- des mudstones de tidal-flat affectés d'une dolomitisation précoce pénécontemporaine (dolomicrites stromatolithiques ou fenestrées),

- des packstones-grainstones affectés d'une dolomitisation secondaire de type phréatique qui se manifeste par des dolosparites en mosaique,

- des wackestones bioturbés géneralement peu dolomitisés, la dolomitisation secondaire se developpe sélectivement dans les bioturbations. Localement toute la roche peut être envahie.

XAu Sinemurien la dolomitisation affecte principalement les ensembles biocalcarénitiques et les biomicrites à spicules et pièces d'échinodermes.Dans ces niveaux la matière organique (en élements figurés) est frequemment présente ainsi que de la pyrite framboidale.On peut observer des ciments de calcite sparitique et une silicification (calcédoine) des pièces d'échinodermes. Plus localement le quartz authigène peut être très abondant.

6.2.4-Les principaux faciés pétrographiques et géochimiques des carbonates diagenétiques

L'utilisation des techniques classiques de la pétrographie sédimentaire associées aux colorations sélectives des carbonates nous ont permis, sur une zone limitée à l'Hettangien de la bordure du horst de Pallières, de distinguer quatre faciès pétrographiques de carbonates dia-épigénétiques (AUBAGUE et al. 1981,1982 et SUREAU et al. 1984) (figures 25, 26 et 27):

xFACIES 1 : "Dolosparites calciques non férrifères"

Les dolomicrites et dolomicrosparites pigmentées calciques (51-57 moles% CaCO3 et FeCO3 < 2 moles%) évoluent en dolosparites en mosaique à cristaux parfois zonés et pigmentés qui correspondent à l'essentiel de l'Hettangien. On observe en fantômes des fentes fines en échelons ou ramifiées constituées par des cristaux plus clairs. De la pyrite peut être observée aux joints des grains. Le ciments ne présente pas de caractères distincts de la mosaique microsparitique

Les dolomies stratiformes diagénétiques de l'Hettangien comme du Sinnémurien sont représentées par ce faciès 1 qui n'a pas de relations directes avec la ou les phases métallogéniques.

XFACIES 2 : "Dolosparites férrifères"

Les dolomites s'expriment dans l'Hettangien sous la forme de ciments dans les fractures, les brèches et les cavités de dissolution. Dans le Sinémurien-Lotharingien elles remplacent les faciès grenus calcarénitiques par une dolosparite en mosaique.

Les cristaux sont souvent peu pigmentès, zonès, à extinction ondulante (dolomite baroque).

Ces dolomites sont calciques et férrifères (CaCO3 : 52-55 moles % et FeCO3 : 2-6 moles %). Localement les zonations peuvent être ankéritiques (FeCO3: 8-17 moles%).Un facies particulier de dolomite zonée est observable à l'échelle de la zone étudiée. Il montre une succession de trois bandes ankéritiques soulignant l'automorphie du carbonate.

Ces dolomites constituent l'éssentiel de la gangue des amas minéralisés de l'Hettangien, des imprégnations fissurales de l'Hettangien comme du Sinémurien-Lotharingien sur toute la zone du horst de Pallières.

xFACIES 3 : "Dolosparites calciques automorphes zonées"

Un ensemble de dolosparites zonées obture la porosité résiduelle, d'abord en concurrence avec les sulfures et différentes formes de silice puis seul.

Ces dolomites parfois hypercalciques (60<CaCO3<58moles%) présentent la particularité de prendre la coloration rouge à l'Alizarine, ce qui peut les faire confondre avec la calcite.

La croissance de ces cristaux se réalise par une succession de nourissages .Ces dolomites tendent vers l'automorphie et peuvent devenir megaspathiques.
Les faciès 2 et 3 constituent les phases de précipitations épigénétiques qui cimentent et colmatent vides et diaclases créés par les phases de fracturations - dissolutions qui recoupent la serie dolomites associées liasique. Ces aux phases métallogéniques constituent habituelle des la gangue minéralisations de la Croix de Pallières.

xFACIES 4 : "Calcites drusiques"

La calcite drusique (cristaux macro à mégaspathiques) apparait dans les fentes et fractures tardives (Eocène).

Par la simple observation optique il est très difficile de trancher sur la position chronologique de ces facies lorsque l'on change de point d'observation. En effet certaines phases peuvent être localement hyperdéveloppées, disparaitre ou se répéter.

Dans ce cas il est indispensable de combiner les images de la cathodoluminescence qui permet de resituer ces faciès les uns par rapport aux autres et par rapport aux phases de fracturations ou de mineralisations. Cette approche nous permet de reconnaitre ll générations de croissances de dolomites précedant la calcite (tableaux 4, 5, 6, 7 et 8).Cette technique met aussi en evidence cinq phases principales de fracturation.

Il est ainsi possible de définir des séquences (5) de cristallisation séparées par des phases de fracturation qui peuvent, en analogie avec des processus de sédimentation, être condensées, tronquées par la base ou le sommet et présenter des lacunes. Le point important est que les observations ainsi réalisées sont répétitives et cohérentes d'un échantillon à l'autre sur toute la zone étudiée.

Certaines formes de luminescence se manifestent de la même facon, de manière cyclique, à différents moments de la séquence de cristallisation des dolomites. Aussi la position du minéral dans la séquence de cristallisation revêt une grande importance dans la diagnose.

1 Dolomicrito a fenestrae			∲		+
! Dolomicrosparite			t	! assez Fe	+ !
 ! Dolosparite en mosaique		t pigmentee	t zonee	! peu Fe	+- !
			1 · · * · · • · · · · · · · · · · · · · · · ·		+ !
• • • • • • • • • • • • • • • • • • •	! Ouverture des stylolithes, fracturation, breches,	dissolution			+- !
, and an	Ciment de dolosparite baroque	! peu pigmentee	f	! peu Fe	-+- !
Nourrissages,	Fracturation et dissolution	••• ••••••••••••••••••••••••••••••••••	1 - 1	de plus en	!
! encapuchonnements ! de dolomite limpide ! et plus spathique . !	Ciment de dolomite limpide	! limpide	+ ! zonee	! plus Fe ! plus Fe	10
	! Net arret de la croissance, lacune		+ ••• ••• ••• ••• ••• ••• ••• ••• ••• •	• #	+- !
	Zone brutalement non ferrifere	! limpide	f !	! non Fe	+ !
Pyrite et quartz	Heats intercristallins		+. !	1	!
e microcristallin equi corrode la denniere equeration de dolomite	Deuxième nourrissage !	! limpide !	₽ ₽ ₽ ₽		! ! !
	Fériphérie	! tres pigmentee	1 - 1-	1	!
Fr	actures a calcite		! !	l l	!

DIAGENESE DE L'HETTANGIEN A BARAFORT

.

Tableau 4 - Diagenèse de l'Hettangien à Barafort.

•

-

DIAGENESE DU SINEM	URIEN A BARAFORT		
Biocalcarenites, biomicrites a sp Natiere organique a	icules et pieces bondante ; pyrit	d'echinodermes e	-4· ! !
Silicification des pieces Quartz authigene bipyramide l	d'echinodermes p ocalement abonda	ar la calcedoine nt avec calcedoine	
FACIES DOLOMITIQUES		FACIES CALCAIRES	
Reliques de dolomite fine respectant les constituants	! peu ou pas Fe		-+- !
Fentes en	relais fines rec	tilignes	!
Dolosparite en mosaique peu effacante tendance automorphe et lacuneuse	tres Fe	! Substitution selective des spicules par une ! dolomite ferrifere ou par la calcite	!
Encapuchonnements de dolomie brutalement non Fe	! non Fe	Fentes larges	!
Cimentation des meats par une mosaique a fort relief Association ou corrosion par du quartz authigene automorphe	! non Fe ! pigmentee ! fort relief	! Ciment dolomitique ! ou mixte pres de epontes ! calcite et dolosparite pigmentee a fort relief	!
Fentes a ciments de calcite, si	mples ou orientes	+	t- !

. . .

-

· · •

.

.4

.

· · ·

Tableau 5 - Diagenèse du Sinémurien à Barafort.

	. i e	a anatom catalo a catalo de la	
Arenites fines bimodales, mudstones grumeleux, pyriteux a matiere organique dispersee et coprolithes	pelcalcarenites, biocalcarenites ones quartzeux a lithoclastes pyriteux		
Silice microcristal	line des sediments suba	eriens	
Fentus d'aspect	precoce, sedimentaire		
Ciment oriente s Eiment syntasiqu	sous contrainte le des echinodermes		
Dolomicrosparite a dolosparite pyriteuse -vacuolaire (d'autant plus ferrifere qu'elle est plus cristalline)	! peu Fe a Fe	! ! }	
Reseau microsty	/lolithique_argilo-pyri	+	
FENIES 1 : Fantomes de fentes plus anciennes a ciment de delomite en continuite avec la mosaique > tres fines limpides Cimentation par	la musaique microspari	tique	
 >cf. en echelons Ciment a crista > Fentes fines irregulieres, chevelues a epont > brunies et bouffees de pyrite en petits cut 	wx plus grands (80 mic .es .es	rons)	
Liment de dolomicrosparite a dolosparite	peu Fe	! limpide, parfois zonee	
	· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·		
Rescau microstylo FENTES 2, a ciment oriente fentes nombreuses et par	sous contrainte d'exp alletes (parfois en fa	anston (beef) : otome dans une	
Reseau microstylo FENTES 2, a ciment oriente fentos nombreuses et par dolosparite de rec	sous contrainte d'exp alletes (parfois en fa	nyrifeda: anston (beef) : nfome dans une rifere)	
Reseau microstylo FENTES 2, a ciment oriente fentes nombreuses et par dolosparite de rec Ciment de doosparite fibreuse	sous coutrainte d'exp sous coutrainte d'exp alteles (parfois en fa cristallisation peu fer ! non Fe	nston (beef) : ntome dans une rifere) 	
Reseau microstylo FENTES 2, a ciment oriente fentes nombreuses et par dolosparite de rec Ciment de doosparite fibreuse FENTES 3, du genre hreche hydraul (fantumes de fentes pl	sous contrainte d'exp alteles (parfois en fa ristallisation peu fer ! non Fe ique, mal orientees et us fines) = reprise de	pyriteda: ansion (beef) : ntome dans une rifere) 	
Reseau microstylo FENTES 2, a ciment oriente fentes nombreuses et par dolosparite de rec Ciment de doosparite fibreuse FENTES 3, du gebre hreche hydraut (fantumes de fentes pl Dolomacrosparite haroque	sous contrainte d'exp alleles (parfois en fa ristallisation peu fer ! non Fe ique, mal orientees et us fines) = reprise de	nston (beef) : ntome dans une rifere) 	
Rescau microstylo FENTES 2, a ciment oriente fentes nombreuses et par dolosparite de rec Ciment de doosparite fibreuse FENTES 3, du genre hreche hydraul (fantumes de Fentes pl Dolomacrosparite haroque Petite fractur	sous coutrainte d'exp sous coutrainte d'exp alleles (parfois en fa ristallisation peu fer ! non Fe ! non Fe ! pas a peu Fe ! pas a peu Fe	nsion (beef) : ntome dans une rifere) 	
Reseau microstylo FENTES 2, a ciment oriente fentes nombreuses et par dolosparite de rec Ciment de doosparite fibreuse FENTES 3, du genre hreche hydraul (fantumes de fentes pl Dolomacrosparite haroque Petite fractur Dolosparite geodique, automorphe,	sous contrainte d'exp alteles (parfois en fa ristallisation peu fer ! non fe ique, mal crientees et us fines) = reprise de ! pas a peu Fe ation, vecuoles, fente	rifere) 	
Reseau microstyld FENTES 2, a ciment oriente fentes nombreuses et par dolosparite de rec Ciment de doosparite fibreuse FENTES 3, du genre breche bydraul (fantomes de fentes p) Dolomacrosparite baroque Dolomacrosparite baroque Petite fractur Dolosparite geodique, automorphe, Periphecie brutalement non ferrifere	sous coutrainte d'exp alteles (parfois en fa ristallisation peu fer ! non Fe ique, mal orientees et us fines) = reprise de ! pas a peu Fe ation, vecuoles. fente ! tres Fe	rifere) 	
Reseau microstyld FENIES 2, a ciment oriente fentes nombreuses et par dolosparite de rec Ciment de doosparite fibreuse FENIES 3, du genre hreche hydraul (fantumes de Fentes pl Dolomecrosparite haroque Petite fractur Dolosparite geodique, automorphe, Peripheric brutalement non terrifere Arret de la cristallisation	sous contrainte d'exp sous contrainte d'exp alleles (parfois en fa ristallisation peu fer ! non Fe ique, mal crientees et us fines) = reprise de ! pas a peu Fe alion, vecuoles. fente ! tres Fe ! ! non Fe	nston (beef) : ntome dans une rifere) 	
Reseau microstyle FENTES 2, a ciment oriente fentes nombreuses et par dolosparite de rec Ciment de doosparite fibreuse FENTES 3, du genre hreche hydraul (fantumes de fentes pl Dolomacrosparite baroque Dolomacrosparite baroque Dolosparite geodique, automorphe, Petite fractur Dolosparite geodique, automorphe, Feripherie brutalement non terrifere Arret de la cristallisation Hende, pyrite, matiere organique r vitrinite ? Quartz authigene Giment de dolosparite	sous contrainte d'exp alteles (parfois en fa ristallisation peu fer ! non Fe ique, mal orientees et us finos) = reprise de ! pas a peu Fe ation, vecuoles. fente ! tres Fe ! ! non Fe	ansion (beef) : ansion (beef) : ansion (beef) : ansion (beef) : rifere) 	

DIAGENESE DE STNEMURIEN À COMBESCURE

٠

DIAGENESE DE L'HETTANGIEN AU COL DE BANE

.

.

	•		•
9 Dolomicrile stromatolithique et fenestree 1 l'homiero generation de fentes personnes par la delomismosparite	! -+ pigmentees	Fe poure	! ! Delemicrites et ! delemicrosciter
Dolomicrosparite (principalement a la peripherie des fenestrae)	.+ ! pigmentee	i I Fie	
Fracturation ; deuxieme generation de (entes, lar	.åbe	••••••••••••••••••••••••••••••••••••	
! Breche a elements de dolomicrosparite ! Pyrite ! et dolosparite (erriferes !	Breche a elements de dolomicrite ou dolemicrosparite pigmentee peu ferriferes		
Ciment de dulosparite automorphe geodique (L1) Ciments d'oxydes	! ! limpide	, coeur Fe	Pelomacrosparite baroque zonue a 3 bandes ferriferes
Lacune de cristal·lisation au niveau de	la derniere ba	ande ferrifere	
Encapuctionnements et ciments (L2) Dolosparite automorphe ou en mosaique tres effacante Attornance de zones pigmentess et limpides non ferriferes (L3, P, L4, P, L5)	! limpides ! pigment ! pyritets:	! non fe ! peu a pas Fe !	· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·
Fracturation des ciments			
Recristellisation syntaxiale des ciment	125		

Tableau 7 - Diagenèse de l'Hettangien au Col de Bane.

.

La succession de ces faciès dans les coupes étudiées est donnée dans les tableaux 4, 5, 6, 7 et 8.

6.2.5- Chronologie relative des cristallisations diagenétiques et épigenétiques des carbonates à l'aide de la cathodoluminescence

L'examen en cathodoluminescence de nombreuses lames minces nous a permis d'établir une chronologie des séquences de cristallisation des carbonates diagenétiques (figure 28). Chaque séquence est séparéee de la suivante par une phase de fracturation. La chronologie établie çi-dessous prend en compte un maximum de phases observées. Localement certaines peuvent être manquantes ou hyperdéveloppées.

Les différents faciès de luminescence sont présentés dans les planches photos 2 à 6.

Le fond de la roche apparait toujours BRUN .Il correspond au faciés 1 des dolosparites non ferrifères calciques en mosaique.

-----FRACTURATION F1-----

La première phase de fracturation est très discrète elle se marque par des fentes rectilignes et irrégulières en fantômes dont le ciment dolomitique n'est pas différentiable du reste de la dolosparite.

Cette phase n'affecte que l'Hettangien.

<u>DOLOMITE D1- ROUGE VIF-</u> Cette dolomite appartient au faciés pétrographique 1 elle constitue l'éssentiel des dolomies de la série. Cette dolomite resulte de la phase de dolomitisation soit:

- pénécontemporaine du dépôt du sédiment pour les faciès liés aux palécenvironnements de plate-forme interne infra littoral. Ce paysage est le plus frequent à l'Hettangien (figure 11).

-régionale ou tardive liée à l'installation d'un aquifère. Cette diagenèse phréatique qui reflète un nouvel état d'équilibre entre les eaux connées et la roche. carbonnatée affecte préfferentiellement les niveaux calcarénitiques, plus poreux, de l'Hettangien et du Sinémurien-Lotharingien.

La dolomite D1 peut être, à des états d'évolution différents suivant l'intensité des recristallisations, liée à la diagenèse regionale sans perdre ses caractéristiques de cathodoluminescence. Ainsi les recristallisations succéssives peuvent effacer plus ou moins les structures et les éléments figurés tels que oolithes ou bioclastes.

La dolomite D1 constitue la phase principale de dolomitisation. Les autres dolomites constituent des phases :de précipitation (dans des cavités de dissolution; dans des fractures), de cimentation avec recristallisation de la roche hôte. DOLOMITE D2-BRUNE ET ZONEE- Cette dolomite zonée appartient aux facies 1(calcique) et 2 (férrifère). Elle première manifestation représente la des recristallisations diagénétiques aboutissant à la formation des faciès de type" rhytmites" ou dolomies (faciés zébrés). Ce faciès se rencontre franciscaines préferentiellement dans les niveaux de l'Hettangien (basal) soit dans les dolomicrites de type stromatolithique, soit au toit des niveaux poreux calcarénitiques.

Cette phase est présente dans toute la zone étudiée (figure carrière de StJean du Gard, Corbes, la carrière de la Férrière, Barafort, Col de bane....) cependant elle n'affecte que de faible volume. Elle n'est pas associée à des sulfures et ne doit pas être confondue avec la dolomite zonée D4--->D6.

Ces structures diagénétiques semblent s'amorcer précocement par suite de contraintes mécaniques et hydrauliques dans un sédiment non complètement induré ou présentant une structuration particulière en feuillet (succession de lamines organo-argileuses et carbonatées).

-----FRACTURATION F2-----

Microfracturation intense qui forme un très fin reseau (un chevelu) orienté recoupant les dolomites D1 et D2.Localement les cristaux semblent avoir éclatés sous l'effet des tensions. Le ciment dolomitique est orienté sous contrainte d'expansion il est constitué par la dolomite D3.

Cette phase affecte l'Hettangien comme le Sinèmurien.

<u>DOLOMITE D3-ROUGE VIF</u>- La dolomite D3 appartient toujours au facies pétrographique 1 des dolomites calciques. Cette génération n'est caractérisable que par la cathodoluminescence. Cette technique montre ici tout son intérêt en permettant de souligner la continuité entre la cimentation des fractures (reliées à une phase de distension intense) et le nourrissage des cristaux fracturés. -----FRACTURATION F3-----

Ce troisième épisode de fracturation se caractérise par :

Xdes fentes régulières rectilignes, en relais ou en baionnettes qui recoupent les dolomites D1,D2 et D3. Xune importante bréchification liée a une fracturation hydraulique.

Cette phase de fracturation s'accompagne localement d'une intense dissolution des dolomites précédentes avec la création de veritables cavités pluticentimetriques colmatées ou non par les générations suivantes (D4 à D11).

> DOLOMITE D4 à D6 -JAUNE--->ROUGE SOMBRE--->BRUNE-Ces générations de dolomites appartiennent au facies petrographique 2 des dolosparites férrifères zonées. La zonation s'exprime en cathodoluminescence par des bandes jaunes(D4), rouges lie de vin (D5) et brunes. Ces zones correspondent aux variations de la concentration en fer entre les dolomites ferrifères et les ankérites (figure 27, photos 9, 10, 11).

V

Localement ces séquences peuvent être incomplètes en ménageant des meats et des cavités.L'évolution diagénétique s'arrête alors à ce stade .Seul la calcite tardive (phase pyrénéenne) pourra précipiter.

Ces dolomites se rencontrent aussi bien dans l'Hettangien que dans le Sinémurien-Lotharingien.On remarque cependant qu'elles se developpent particulièrement bien soit dans les niveaux fracturés précédemment dans et aux épontes des fractures, soit dans les niveaux a forte porosité (anciennes calcarénites) de l'Hettangien (Hettangien 1C) et du Lotharingien. Dans ce dernier cas la précipitation de ces dolomites s'accompagne d'une veritable digestion du paléosome dolomitique (D1 à D3).Cette transformation peut prendre des allures parfaitement stratiformes en suivant les bancs les plus poreux (coupe du Martinet) Ces dissolutions-précipitations peuvent aboutir à la formation de structures de type "rhytmites" par amplification des legers décollements se developpant au niveau des joints du litage avec dissolution de la dolomite D1 sombre et précipitation de dolomites blanche D4--->D11. Ces phénomènes localement geodiques trés spectaculaire affectent préferentiellement **1a** bordure du horst (Sondages CP1 et Cadeyer).

Cette sequènce de cristallisation acompagne la précipitation des sulfures pyrite-melnicovite, marcasite, blende et galène. Sulfures et dolomite (D4) sont agréssifs vis à vis des termes précédents qu'ils corrodent.

-----FRACTURATION F4-----

Cette phase de fracturation est discrète.Elle affecte les ciments précedemment précipités, elle se marque par une recristallisation syntaxiale qui souligne les discontinuités dans la croissance cristalline des phases précédentes.

Cette fracturation n'affecte pas toute la zone étudiée, elle affecte l'Hettangien comme le Sinémurien.

DOLOMITE D7 à D11 Zonées -

-ROUGE VIF--->BRUNE--->ROUGE ORANGéE--->BRUNE--->GRISE

Les dolomites zonées appartiennent au faciès 3 des dolosparites automorphes frèquemment hypercalciques. Ces dolomites peuvent précipiter à la suite des précedentes sans ruptures dans la succession. Il est très frequent que la sequence de cristallisation s'achève par deux bandes minces de dolomite rouge D9. Conjointement, des ciments de pyrite et de quartz (microcristallin ou automorphe) corrodent la dolomite et

(microcristallin ou automorphe) corrodent la dolomite et participent à la poronécrose. Ce faciés représente la dernière phase dolomitique de colmatage de la porosité résiduelle.

-----FRACTURATION F5-----

Dans les fractures tardives (pyrénéennes) et les meats intercristallins.

<u>CALCITE DRUSIQUE ZONEE -VERT OLIVE</u>- La calcite macro à mégaspathique (géodique) peut aussi cimenter des brèches à éléments dolomitiques ou sulfurés.

CATHODOLUMINESCENCE PLANCHE PHOTO 2

Photo 1 : Hettangien de Barafort, la dolomie DO est brèchifiée par la fracturation F1. La dolomie microcristalline D1 constitue la matrice de la brèche. Cette brèche n'est pas visible en lumière naturelle. (LM B9801 X125)

•

Photo 2 : Hettangien de Barafort, séquence de cristallisation des dolomites spathiques D1 -- D2. (LM9801 X65)

Photo 3 : Sinémurien de Combescure, intense microfracturation F2 de la dolomite D2 avec cimentation et nourissage par la dolomite D3. (LM 68007 x65)

Photo 4:Sinémurien de Combescure, fracturation F2 de la dolomite D2 avec cimentation et nourissage par dolomite D3. (LM 68007 X65)

•











CATHODOLUMINESCENCE PLANCHE PHOTO 3

Photo 5 : Hettangien IC du Martinet, facies recristallisé de dolomie microcristalline, vue en lumière naturelle. (LM B67995 X65)

Photo 6 : idem photo 5 vue en cathodoluminescence, le fond de la roche est constitué par la dolomie D2. La transformation de la dolomie D2 est initialisé par la fracturation F2 puis cristallisation de dolomite D3 (rouge). Ce sont les éléments de la brèche . La fracturation F3 suivie par la cristallisation de la dolomite D4 (jaune) donnent à la roche sont aspect de brèche de dissolution. (LM B67995 %65)

Photo 7 : Hettangien IC du sondage (CP1 104.25m),dolomie microcristalline fracturée montrant de la sphalérite disséminée. Lumière naturelle (X125).

Photo 8 : idem photo 7 vue en cathodoluminescence, le fond de la roche est constitué par les dolomies D2-D3(nourissage). La fracturation F3 s'accompagne de la précipitation de la dolomite D4 (jaune). La sphalérite se situe entre les phases D3-D4. (X125)









CATHODOLUMINESCENCE PLANCHE PHOTO 4

Photo 9 : Hettangien IC de La Ferrière, dolomie brèchique présentant la séquence de cristallisation : D2-F2-D3-F3-D4 avec des sulfures (pyrite) qui corrodent D4. Les élements de la brèche sont représentés par la dolomie D2 qui présente une première fracturation (F2) et cimentation par la dolomite D3. La deuxième phase de fracturation (F3) se marque par la précipitation en ciment de la brèche de la dolomite D4 et des sulfures. (LMP 8086 X125)

Photo 10 : Hettangien IC Sondage CP1 123,1m , la photo montre la même succession D2-F2-D3-F3-D4 avec les sulfures pyrite, sphalérite, galène dans la mine de La Croix de Pallières.(x125)

Photo 11 : Hettangien IC Le Martinet, La dolomie microcristalline D0 est corrodée par la dolomite spathique D4. Le sulfure (marcasite) croit avec D4 comme dans les photos 8,9 et 10 (B67998 X125).





CATHODOLUMINESCENCE PLANCHE PHOTO 5

Photo 12 : Hettangien du Martinet, séquence de cristallisation des dolomites spathiques D2-D3-D4. Les sulfures (pyritemarcasite) corrodent tous les phases de la sequence (LM B 67998 ¥65)

Photo 13 : Minerais de La Croix de Pallières (amas principal), les dolomites spathiques D3 et D4 sont corrodées par la mise en place des sulfures (LMP 8089 ¥125)

Photo 14 :Bathonien de La Boissière (St Hippolyte du Fort), dolomites spathiques D5-D6 aux épontes de fracture (B 68005 X125).

Photo 15 : Minerais de la Croix de Fallières (amas principal), corrosion de la dolomite spathique D7 (rouge) par la dolomite D8 (grise) à sulfures (LMP 8089 \$125)









CATHODOLUMINESCENCE PLANCHE PHOTO 6

.

Photo 16 : Lotharingien de Durfort, minerais, la dolomite spathique D7 est corrodée par la fluorine (bleu) (B74197 ¥125).

Photo 17 : Hettangien de la Ferrière, la dolomite spathique montre la séquence de cristallisation D4 à D6 puis D7 à D9 avec les deux bandes de croisance caractéristique de D9 (LMP 8086 %65)

Photo 18 : Sinemurien de Barafort : Facies peu fréquent des dolomites noires automorphe D11 (B67981 X125)

Photo 19 : Hettangien du Martinet : Croissance de calcite géodique zonée sur la dolomite spathique D4 (B67995 X65)









28 Chronologie des nates à l'aide de cristallisations diagénétiques la cathodoluminescence. et épigénétiques des

DISCUSSION

Il est remarquable de constater que les phénomènes de dissolution - précipitation observés, qui aboutissent à une cristallisation spathique des formations dolomitiques, sont initiés par des phases de fracturation et de bréchification intenses et répétées.

Chaque phase est suivie par une cimentation parfois optiquement obliterée par les recristallisations successives .L'interêt de la cathodoluminescence est de montrer qu'il existe une relation évidente entre les ciments des fentes et les différentes générations de nourrissages des cristaux (figure 28).

Les travaux précedents nous permettaient de reconnaitre le facies petrographique des dolomites associées aux minéralisations que lorsqu'il prennait un developpement important principalement à la périphérie des principales minéralisations (extension métrique à hectométrique). La caractérisation en cathodoluminescence de cette génération de dolomite et de sa position dans la séquence de cristallisation nous permet de discrimer les recristallisations même lorsqu'elles n'affectent qu'un faible volume ou qu'elles ne concernent qu'une cimentation de fracture.

Ainsi l'étenduz d'investigation de cet INDICATEUR PETROGRAPEIQUE se trouve considerablement accrue.

La caractérisation des dolomites des gangues associées aux amas minéralisés de Pallières permet ainsi de reconnaitre dans l'évolution diagénétique de la série les zones affectées par les fluides minéralisateurs. Ces zones d'étendue plus grande que le gite lui-même sont suceptibles de réveler une extension cachée du gisement.



Figure 29 - Diagramme température d'homogénéisation - Salinité des dolomites, sphalérite et barytine.

6.2.6- Les inclusions fluides des dolomites

Des études cryogéniques et microthermométriques ont été réalisées sur les inclusions fluides des dolomites spathiques associées aux minéralisations sulfurées. Ces dolomites post fracturation F3 appartiennent à la séquence de cristallisation D4-D6 (figure 28).

Les échantillons proviennent de l'Hettangien (mine Joseph nord HG 84-28 et travers banc de La Ferrière JFS 86-12-1).

Les inclusions sont biphasées, aqueuses avec un fort coefficient de remplissage. Compte tenu de la taille des inclusions (10-50 microns) et de la nature du minéral hôte (carbonate biréfringeant), il est difficile d'établir si les inclusions sont primaires. Une cinquantaine de mesures ont pu être réalisées (figures 16 et 29)

Les études de micro-cryométrie montrent que les salinités sont très variables entre les deux échantillons étudiés. Deux populations semblent s'individualiser, la première avec des salinités supérieures à 15% eq.NaCl (pour quelques inclusions on observe des températures d'eutectique entre -35 et -25 impliquant la présence d'autres ions que Na+, peut être Ca++ et Mg++), la seconde avec des salinités plus faibles comprises entre 5 et 10% eq.NaCl. Four toute ces inclusions les préssions minimum de piégeage sont faibles (de l'ordre de 3 bars). Ces deux types de fluides sont comparables à ceux observés dans les inclusions des quartz de la faille-dyke (figure 16).

La moyenne des températures d'homogénéisation se situe vers 140 degrés avec un bon regroupement (figure 16 et 29). Il n'est pas possible de distinguer les différents fluides par les températures d'homogénéisation. Ces températures sont tout à fait semblables à celles des inclusions des quartz.

On remarquera que dans un même échantillon il peut y avoir des variations de la salinité (entre 15 et 24%eq.NaCl). Cette variation, d'une amplitude plus faible que pour le quartz, témoigne de l'existence de deux fluides (mélange imparfait) pour une même température de piégeage.

* * *

7- ETUDES GEOCHIMIQUES DES CARBONATES

7.1- Présentation des échantillons étudiés

L'étude des phénomènes diagénétiques et épigénétiques affectant la série Trias-Lias a montré l'importance des circulations de fluides liėes à la tectonique distensive dans les recristallisations les précipitations de ou différentes générations de carbonates. En particulier les minéralisations sulfurées s'inscrivent dans des séquences caractéristiques de dolomites d'épigenèses (figure 28).

La reconnaissance des générations de dolomites qui témoignent de la circulation des fluides minéralisateurs, à des distances parfois importantes du gîte lui-même, nécessite de pouvoir situer ces sequences dans la chronologie des cristallisations. Or, malgré l'utilisation de la cathodoluminescence il n'est pas toujours possible de reconstituer l'enchaînement des séquences. de fractures représentent En particulier les ciments fréquemment un stade hyper-développé d'une génération de carbonates sans rapport observable avec les stades antérieurs de croissance.

Aussi une recherche de signatures géochimiques a été entreprise dans les principales générations de carbonates ubiquistes : calcite et dolomite, rencontrés à l'affleurement ou en sondage à la périphérie des gîtes et dans le bassin de Mialet-Thoiras (figure 30).

Une orientation préalable des échantillons a été réalisée dans le cas des ciments de fractures afin de positionner les carbonates dans l'évolution structurale (annexe 3).

Les signatures recherchées concernent les isotopes du carbone et de l'oxygène des carbonates.

Ces signatures isotopiques couplées aux données obtenues par l'étude des inclusions fluides nous permettent de préciser la nature ou l'origine des fluides (eau de mer, eau météorique) ainsi que la température des dépôts (fractionnement isotopique de l'oxygène).

- 1- Carrière de St Jean du Gard, calcite
- 2- La Parade, barytine
- 3- Le Pradinas, dolomite
- 4- Granite de Corbes, barytine
- 5- Le Roc Courbe, dolomite
- 6- Le Martinet-Thoiras, dolomite et calcite
- 7- La Ferrière, barytine

8- La Croix de Pallières, sondage CP1 et minerais, dolomite et calcite

- 9- Route de Barafort, dolomite
- 10- Sourière-La Rode, calcite
- 11- Combescure, dolomite
- 12- Mine Joseph-nord, dolomite
- 13- Mine Joseph-sud et mine Roman, dolomite
- 14- Vielle route d'Anduze, calcite
- 15- La Baraque, dolomite
- 16- Col de Banes, dolomite
- 17- Maison neuve, dolomite et calcite



Figure 30 - Analyses isotopiques (carbone, oxygène, strontium). Carte d'échantillonnage des dolomites, calcites et barytines dans le bassin de Mialet-Thoiras.

Sur les mêmes prélèvements nous avons réalisé le dosage du strontium et la mesure du rapport isotopique "Sr/"Sr. La géochimie du strontium nous permet d'aborder le problème de l'origine des solutions en fonction de la nature des roches léssivées et des series réservoirs (carbonatées, silicatées) ou le fluide acquiert son chimisme par interaction (dissolution, échange) avec les minéraux présents porteurs de Sr.

Ces données reunies nous permettent de retrouver l'empreinte des divers types de fluides qui ont participés à l'histoire diaépigénétique de la série jurassique. En particulier, caractériser les solutions associées aux dépôts des sulfures.

Les carbonates analysés correspondent à ceux définis par les études pétrographiques et chimiques (analyses ponctuelles à la microsonde de Ca,Mg,Fe,Mn,Zn) qui nous ont permis de différencier quatre principaux faciés de carbonates :

> -les calcaires (rares) ou les dolomies de recristallisation diagenétique de la série triasique ou jurassique, sans relation génétique directe avec les minéralisations sulfurées. Ces roches constituent l'essentiel des formations réservoirs (roches hôtes).

> -les dolomites spathiques épigénétiques (souvent zonées) et non minéralisées qui cimentent les fractures et les cavités de dissolution dans la série jurassique. présentent dolomites fréquemment Ces des faciès festons ou en structures "rythmiques" de particulier en dolomie sombre "banale" alternant avec une dolomite blanche spathique à croissance orientée de type géodique Ces faciés sont identiques à ceux décrits par Amstutz et al, 1964 ; Fontbote et Amstutz, 1986; sous le terme : "diagenetic cristallization rhythmites" (dolomites DCR). Ces dolomites correspondent aux séquences D4-D11 de Parfois il a été possible de prélever les luminescence. dolomites correspondant aux séquences D4-D6 et D7-D11 (figure 28).

> -Les dolomites et calcites spathiques qui constituent la gangue des minéralisations sulfurées (Pallières, Joseph, Durfort). Ces dolomites se rattachent au type précédant par les faciés qu'elles, présentent (dolomite DCR). Ce faciés n'est distinguén que par la présence de sulfures (sphalérite, galène et pyrite).

-Les ciments calcitiques tardifs des fentes et fractures non minéralisées.

Ces différents faciés ont fait l'objet, soit de macroprélèvement ^{RI} (1-2g), soit pour la plupart des générations de carbonates épigénétiques, de microprélèvement (50-100mg) sous binoculaire à la fraise de dentiste . Lorsque la taille des cristaux le permettait plusieurs générations de carbonates ont été prélevées sur le même échantillon (tableau 10).

Environ 70 prélèvements ont été réalisés ; la figure 30 montre la répartition spaciale des échantillons, qui ont fait l'objet de prélèvement, autour du horst de Pallières et dans le bassin de Mialet.

7.2- Techniques et protocoles analytiques utilisés

Les analyses isotopiques ont été réalisées au BRGM (A.M.Fouillac) et au Max Plank Institut de Mainz R.F.A.(H.Gorzawski) pour les isotopes du carbone et de l'oxygène. L'obtention du gaz CO2 des carbonates a été faite par réaction avec de l'acide phosphorique à 100% suivant la technique classique de Mc CREA (1950). Le standard pour le carbone est le FDB et pour l'oxygène le SMOW. L'érreur analytique est de 0.1% pour les deux éléments.

Les isotopes du strontium ont été dosés au BRGM (J.Y.Calvez). Les échantillons de carbonates ont été lessivés dans HCl (6,1N) de sorte que les silicates éventuellement présents dans l'échantillon ne soient pas dissouts.

Les échantillons de barytine ont été attaqués dans un mélange HF (48%)-HClO4. Dans tous les cas la dissolution est totale. Le strontium en solution ainsi obtenu est séparé des autres éléments par la technique conventionnelle d'échange anionique par résine. Le blanc total de procédure chimique est de l'ordre de 0.08ng de Sr.

L'analyse isotopique du Sr a été éffectuée par spectrométrie de masse (Finnigan MAT 261), en double collection.

Pendant la période d'analyse des échantillons de cette étude, la valeur moyenne du rapport "Sr/"Sr du standard NBS 987 a été de 0.7120279 + 0.000026 (26; 6 analyses).

Le détail des techniques utilisées et les résultats analytiques sont donnés dans l'annexe 8.

7.3- Résultats isotopiques

7.3.1- Isotopes du carbone et de l'oxygène

La figure 31 presente les histogrammes de fréquence des valeurs de delta¹³C et delta¹⁹O.

Le diagramme pour le carbone montre une dispersion importante des valeurs de delta ¹³C entre +3 et -7 correspondant à des échantillons très différents : les calcaires ou les dolomies diagénétiques du Lias et les calcites épigénétiques des fentes pyrénéennes. Ces différences mettent en évidence deux sources possibles pour le carbone :

> X eau de mer pour les calcaires ou les dolomies (roche totale) où la composition isotopique est conforme aux carbonates sédimentaires en milieu marin delta ¹³C compris entre +1 et +3 (Hoefs,1980 ; Land,1980)

> Xeau météorique enrichie en isotopes leger avec un rapport ¹³C/¹²C plus variable et plus bas(-7<¹³C/¹²C<-2) témoignant d'une contribution de CO2 d'origine organique (lessivage de sols)(Hoefs, 1980).

> L'essentiel des échantillons présentent des valeurs intermédiaires centrées autour de + 0.5. Cette valeur indique une relative contribution de carbone d'origine organique pouvant provenir soit de l'interaction des fluides d'origine marine avec la matière organique présente dans les roches réservoirs, soit d'un mélange avec un fluide d'origine météorique.

-Pour les isotopes de l'oxygène le diagramme 32 montre une grande dispersion des valeurs de delta¹⁶O entre +25 et +13%.vsSMOW. Cet important étalement des mesures correspond à des populations différentes de carbonates.













Figure 31 - Histogrammes de répartition des données isotopiques carbone, oxygène et strontium.



Figure 32 - Diagramme delta 180 versus delta 13C.

Il est ainsi possible de distinguer trois grandes populations de carbonates :

X Les dolomies du Trias, de l'Hettangien et du Lotharingien (roches hôtes) peu diagénétisées (séquences de cristallisation DO à D3, figure 28) et les calcaires du Lotharingien avec +20.5<delta¹⁸O (SMOW)<+25.

XLes dolomites et calcites spathiques des gangues des minéralisations avec +16.75<delta¹⁶O (SMOW)<+20.5. Cette population inclus l'éssentiel des dolomites et calcites spathiques épigénétiques non minéralisés appartenant aux séquences de cristallisation D4 à D11;

X Les calcites des fentes pyrénéennes avec +13< delta¹⁰O(SMOW)<+16.75.

Si l'on replace dans un diagramme delta¹³C versus delta¹⁶O les différents échantillons analysés (figure 32) les populations se disposent suivant deux chemins d'évolutions symbolisés par les flèches A et B.

<u>Pour l'évolution A</u> on note la nette corrèlation entre les diminutions en isotopes lourd de l'oxygène (¹⁸O) et, dans une moindre mesure, du carbone (¹³C) . Les variations importantes de delta ¹⁸O peuvent s'expliquer par le fractionnement induit par une élèvation de température.

Il est possible d'estimer la température de formation (ou d'équilibre isotopique) des carbonates par le degré d'évolution atteint par la matière organique (Karweil,1975 ; Bostick,1979) pour les roches hôtes et par les températures d'homogénéisations des inclusions fluides pour les carbonates spathiques .

Ainsi les inclusions fluides des dolomites épigénétiques α (figure 29) donnent des températures d'homogénéisations comprises entre 120 et 160 degrés.

Si l'on choisi l'échantillon le plus appauvri‡ (calcite en ciment de fracture) avec un delta ¹⁶O de +13 (delta ¹³C=-4.7), il peut avoir été déposé par un fluide à 125 degrés avec un delta ¹⁶O de -1 . Cette valeur correspond à une eau connés de bassin sédimentaire (Taylor 1974, Sheppard 1984).



Figure 33 - Diagramme delta ¹⁸O des carbonates versus température des eaux de formation. Les courbes représentent les valeurs isotopiques les plus basses pour les carbonates autigènes (Miliken et al., 1981). Les champs des carbonates actuels et des calcaires ayant subit une altération diagénétique (D.A.L.) sont marqués pour comparaison.
Si l'on considère un diagramme delta ¹⁶O versus températures maximales de dépôt des carbonates (figure 33) et que l'on compare les valeurs de nos échantillons à celles de la littérature obtenues pour les carbonates associés à des eaux de formations (Sheppard, 1984), on remarque que :

> Xle champ des calcaires et des dolomies (roches hôtes) correspond bien à celui des carbonates "altérés" par la diagenèse (D.A.L, figure 33) avec des températures d'équilibres comprises entre 50 et 75 degrés

> Xle champ des dolomites épigénétiques (températures comprises entre 125 et 150 degrés) se positionnert dans un domaine d'évolution comparable à celui observé pour les carbonates en équilibre avec les eaux très évoluées des grands bassins sédimentaires (Californie,Texas).

La figure 34 représente les valeurs de delta ¹⁶0 des fluides versus températures mesurées pour les forages des principaux champs pétroliers . Elle permet de situer le domaine des compositions en oxygène pour les eaux de formation suceptible d'avoir participé aux recristallisations et précipitations des carbonates. Sur cette figure sont reportées les courbes d'évolution du delta ¹⁶O des carbonates (calcite) à l'équilibre avec le fluide. Si nous superposons à ce diagramme les valeurs de delta ¹⁶0 de nos échantillons en tenant compte des températures estimées précedemment, nous obtenons les valeurs de delta ¹⁸0 du fluide en équilibre. Ces valeurs sont comprises entre -2.5 et +5 vs SMOV.

Ces données sont en accord avec une participation possible de fluides évolués provenant du bassin.

Cette hypothèse est confortée par les très fortes salinités (supérieures à 15% eq.NaCl) fournies par les fluides piégés dans les inclusions.

Ces fluides ont des compositions très proches de celles obtenues pour les gîtes de type "Mississippi Valley". Par exemple à Cavein-rock le fluide à un rapport compris entre +1.4 et +4.7 (Pinckney et Rye,1972) avec des salinités identiques (supérieures à 15% eq.NaCl (Roedder,1979).

Dans cette évolution (A) la faible et progressive diminution du rapport ¹³C/¹²C peut être attribuée à une contribution de carbone léger provenant de la maturation thermique de la matière organique présente dans ces formations sédimentaires (formation de CO2, decarboxylation).



Figure 34 - Diagramme delta 180 versus température pour des eaux de formations. Les droites qui rejoignent des échantillons sont du même forage. Les courbes représentent l'équilibre entre la calcite et une eau pour une température donnée (d'après S. SHEPPARD, 1984). Les domaines encadrés représentent les champs correspondant à cette étude.

<u>L'évolution B</u> se marque éssentiellement par une forte diminution de delta ¹³C traduisant une contribution importante en carbone léger. Les valeurs de delta ¹⁶O, entre +17 et +21, sont comparables à celles relevées pour les carbonates épigénétiques de l'évolution (A) elles témoignent de la participation de fluides évolués.

Les échantillons concernés par cet abaissement sont les calcites des fentes et des fractures pyrénéennes.

Pour ces carbonates la contribution de carbone d'origine organique est plus importante et ne semble pas réglée par une maturation thermique particulièrement forte (fractionnement des isotopes de l'oxygène identique à la population A). Dans ce cas la proportion d'eau météorique enrichie en CO2 biogénique serait plus importante dans un mélange avec les saumures en provenance du bassin.

7.3.2 - Strontium et Isotopes du Strontium

Le strontium présent dans la calcite ou l'aragonite du sédiment fur et est progréssivement évacué au à mesure des recristallisations diagénétiques (Lippman, 1973; Veizer, 1983) qui accompagnent la dolomitisation de la calcite. De même plus la dolomite a subi de recristallisation et plus elle est appauvrie en strontium. Ainsi dans les dolomies fortement recristallisées du Lias de l'environnement de la mine de la Croix de Pallières les valeurs comprises entre 20 et 90ppm de Sr sont tout a fait habituelles (Aubague et al, 1981). Les quelques niveaux de calcaire non dolomitisé de l'Hettangien montrent des teneurs comparables (300ppm) à celles des calcaires donnés par la littérature (Graf, 1960 ; Honjo, 1970).

Les mesures réalisées anterieurement (Aubague et al, 1981) sur des dolomies de l'Hettangien, (roches totales homogènes ne présentant pas de manifestations épigénétiques macroscopiques), montraient une diminution des concentrations en strontium à proximité du horst (figure 36) alors que le manganèse qui présente une forte affinité cristallochimique pour la dolomite (Rosenberg et al, 1979) augmente corrélativement.







Figure 36 - Histogrammes de fréquences des concentrations en strontium.

L'enrichissement en Mn peut traduire une contamination des fluides de la diagenèse (eaux connées) par des solutions hydrothermales étrangères à la formation hettangienne (Sureau et al,1984). Le fluide hydrothermal se marquant par d'autres indicateurs géochimiques comme l'augmentation du rapport Co/Ni dans les dolomies liasiques au voisinage du horst.

Ces premiers résultats obtenus sur roche nous permettent d'envisager une utilisation des signatures en strontium (concentration et rapport isotopique) sur des mineraux, sulfates (barytine) et principalement sur les carbonates (calcite et dolomite) de recristallisations dia- et épigénétiques témoins des circulations de fluides dans la couverture carbonatée liasique.

Les résultats sont donnés dans l'annexe 8 et présentés en histogramme de répartition des concentrations (figure 36) et du rapport isotopique (figure 32). $^{\Lambda}$

N14

X Les barytines

Dns le district étudié la barytine est un minéral assez fréquent associé aux minéralisations sulfurées. Elle est surtout présente dans le Trias gréseux ou argilo-dolomitique en ciment ou en remplissage de fracture. Flus largement on la rencontre en filon dans le socle et en liaison avec les failles majeures du horst de Pallières, du socle granitique à l'Hettangien, où elle subsiste en relique dans les zones silicifiées. Sur les échantillons de différents faciès, nous avons analysé le strontium et le rapport isotopique "Sr/"Sr.

Le strontium qui entre en solution solide dans le reseau du sulfate de baryum (BaSO4-SrSO4) fige la composition isotopique en Sr du fluide sans fractionnement. La signature isotopique de la solution est préservée par la barytine qui, par sa faible solubilité, est un minéral peu sensible aux recristallisations.

NUMERO	Sr ppm	^{€7} Sr∕ [®] Sr	Remarques						
1 2 3 4 5 6 7 8 9	3340 3240 2230 1870 2160 1750 5260 2010 7200	0.7076 0.7081 0.7083 0.7083 0.7079 0.7085 0.7102 0.7084 0.7133	HG84-1 HG84-22 HG83-53 HG84-15 YL83-60 YL83-63 BOJY YL84-15	Gare de Corbes, faille dyke Gare de Corbes,fente granite La Parade, Trias moyen La Parade, Trias moyen La Ferrière,Hettangien IA-dyke La Plaine, filon schistes Auzas, filon granite Le Moulinet, Trias brèche-SiO2 La Maline, filon Trias-granite					
10 11 12 13 14	1070 354 521 78 450	0.7097 0.7117 0.7095 0.7101 0.7183	La1 Pe8107 M3 S13-5 Co17	Lacan, filon gneiss Palanges Pessens, Hettangien inf. Najac, Permo-houiller Lacapelle, Permo-houiller Compobilat, Permien rhyolite					

Tableau 9 - Concentrations en strontium (ppm) et composition isotopique 87Sr/86Sr des barytines de la bordure sous-cévenole (1 à 9) et du golfe des Causses (10 à 14).



Figure 37 - Diagramme strontium versus 87Sr/86Sr dans les barytines.

141

Les échantillons proviennent du socle ou de la couverture du bassin de Mialet-Thoiras (tableau 9, figure 37). Ils représentent des barytines :

-en imprégnations stratiformes (La Parade-Le Pradinas) dans le Trias moyen argilo-dolomitique

-en ciment dans l'Hettangien au contact de la faille dyke silicifiée (La Ferrière)

-en remplissage de fractures et en filon dans le socle granitique (Corbes, Auzas, La Maline) ou schisteux (La PLaine) .

Quelques échantillons récoltés dans les gisements de barytine et indices du Lias du golfe des Causses et du socle gneissique où permo-houiller (annexe 9) ont été rajoutés à titre de comparaison (tab 3).

Les concentrations en strontium dans les barytines analysées sont très variables (de 78 à 7200ppm). Les rapports isotopiques Sr couvrent aussi un large champ de 0.7076 à 0.7183.

Les barytines des Causses (socle où couverture) sont les plus pauvres en Sr (inf. à 1100ppm, 354ppm à Pessens) mais elles présentent les valeurs les plus fortes en strontium radiogénique en particulier pour la barytine de Compobilat (0.7183) associée au volcanisme permien.

Four le bassin de Mialet-Thoiras et le Nord -Alés deux populations se distinguent :

1- Les barytines qui presentent un faible rapport isotopique (0.7076<"Sr/"Sr(0.7085) et des concentrations en Sr comprises entre 1800 et 3500ppm.

Cette population rassemble des échantillons provenant d'indices de typologie variée : fractures et diaclases du granite (Corbes), filon dans les schistes des cévennes (La Plaine), fractures et filons dans la couverture triasique ou héttangienne (Le Moulinet, La Parade et La Ferrière).

2- Les barytines plus riches en Sr radiogénique (*7Sr/**Sr>0.7100) et à strontium supérieur à 5000ppm. Cette population concerne les filons dans le granite (Auzas) ou au contact granite - Trias (La Maline). Les variations en concentration et composition isotopique du strontium des barytines montrent que les fluides qui ont précipités les sulfates ont des origines différentes .

Si nous prennons comme référence l'eau de mer nous savons que la composition isotopique en Sr a varié au cours des temps géologiques (Fetermann et al 1970, Burke et al 1982). Cependant pour une époque donnée la composition isotopique peut être considérée comme constante même pour des bassins semi-fermés où l'influence du strontium provenant des eaux météoriques ou continentales reste faible (quelques ppb pour 8ppm dans l'eau de mer et 60ppm pour des saumures précipitant CaSO4).

Les rapports isotopiques en "Sr/"Sr de l'eau de mer à la fin du Trias (Norien) et à l'Hettangien sont proches de 0.7080 (Burke et al,1982). Cette valeur est voisine de celles obtenues sur les barytines de la population 1 du bassin de Mialet (figure 37). Les fluides qui ont précipités les sulfates peuvent donc dériver de l'eau de mer soit par évaporation ou par lessivage d'évaporites triasiques.

Le lessivage du Trias évaporitique est plausible compte tenu des concentrations en sels mesurées dans les inclusions fluides de la barytine. Ainsi la barytine de La Parade présente des inclusions monophasée à forte salinité de 1à5-20 eq.% NaCl (figure 29).

Les minéralisations dans les fractures du socle granitique (Corbes) ou schisteux (La Plaine) qui présentent un rapport isotopique voisin de celui de l'eau de mer au Trias, peuvent êtres reliées, soit à des circulations de fluides en relation avec la paléo-surface anté-triasique (Corbes), soit à la l'expulsion des eaux du bassin évaporitique d'Alès (La Plaine, Le Moulinet).

Pour les échantillons de la population 2 (Auzas, La Maline) enrichis en Sr et en isotope radiogénique ⁶⁷Sr il faut faire intervenir un fluide d'une autre composition (rapport isotopique plus élevé que dans l'eau de mer).

Il n'est pas nécessaire cependant de faire intervenir un fluide autre que l'eau de mer . Une interaction plus forte de la solution à forte salinité avec les minéraux silicatés du granite, riche en strontium radiogénique (présence de Rb non négligeable), suffit à expliquer les enrichissements en "Sr des fluides. Ces dissolutions de silicates peuvent être amplifiées par l'augmentation de la température des fluides liée à un épisode hydrothermal qui accompagne la réactivation des structures au Trias et au Lias. Nous aurions alors, pour les barytines du bassin de Mialet et d'Alés, deux types de fluides différents par leur température et . qui dériveraient de l'eau de mer triasique-liassique .

Si nous comparons les résultats du strontium obtenus sur les gîtes des Cévennes avec ceux des gîtes des Causses-Rouergue (Pessens, Lacan) nous remarquons (figure 37) que ces dernières minéralisations se caractérisent par de faibles concentrations en Sr (<1100ppm) et des rapports isotopiques élevés (0.7095<"Sr/*Sr<0.718) supérieurs à ceux de l'eau de mer au Trias.

Pour la genèse de ces barytines, l'association des deux paramêtres : faibles teneurs en Sr et rapport isotopique élevé laisse penser à la participation importante de solutions d'origine continentale, pauvre en strontium, lessivant un socle riche en minéraux silicatés . On remarquera que les barytines stratiformes du gros gisement de

Pessens ont des compositions isotopiques élevées et des teneurs en strontium basses comparables à celles des gîtes filoniens du district (Lacan,Compobilat).

L'étude du strontium dans les barytines du bassin de Mialet-Thoiras nous permet de montrer que les fluides qui déposent ces sulfates ont une signature isotopique voisine de celle de l'eau de mer au Trias-Lias . Les concentrations en Sr de restant relativement faibles (inférieures à 5000ppm). des barvtines Ces minéraux deposés le plus souvent dans des formations triasiques ou en relation avec la paléo-surface triasique ont compositions homogènes auelaue soit la de des nature l'encaissant: granite, schistes paléozoíques, grés triasiques. Seuls les échantillons prélevés dans le socle ou à son voisinage immédiat à la périphérie du bassin presentent une influence de fluides contaminés par le strontium radiogénique provenant du léssivage des silicates du socle cristallin. Cet enrichissement qui va de paire avec l'augmentation des concentrations en Sr est la marque d'un changement dans les conditions physico-chimiques du dépôt.

Une comparaison avec les gîtes et indices de barytine des Causses montre que les fluides impliqués dans les dépôts de sulfates n'ont pas les mêmes signatures en particulier en ce qui concerne les teneurs en strontium plus faibles dans le bassin des Causses. Cette observation associée aux fortes valeurs du rapport isotopique du strontium suggère une importance plus grande des eaux continentales dans les fluides minéralisateurs.

X Calcite et dolomite

Le dosage du strontium montre, avec une moyenne de 60 ppm pour les dolomites, des valeurs tout à fait comparables à celles obtenues en roche totale (figure 37) . Pour les calcites deux populations semblent s'individualiser. La première population présente des valeurs en strontium proches de celles des dolomites (90ppm), la seconde population est proche des valeurs des calcaires (300ppm). Ces deux populations de calcite en ciment de fentes ou de fractures ne sont pas associées systèmatiquement aux mêmes familles de directions tectoniques . Toutefois les plus fortes valeurs (calcites) sont associées à la phase de distension pyrénéenne.

Les analyses isotopiques du strontium ont été réalisée sur des dolomies et des calcaires du Trias et du Lias en choisissant les faciés les moins diagénétisés et recristallisés. Ces données serviront de référence par rapport à celles obtenues sur les ciments (fractures et cavités de dissolution) ou sur les gangues des minéralisations.

<u>Pour les roches encaissantes</u> le rapport isotopique varie entre 0.7082 (dolomie, Hettangien IA) à 0.7093 (dolomie Trias sup. et calcaire Hettangien IB).

Les valeurs les plus basses (0.7082) sont proches de celles estimées pour l'eau de mer au Trias-Lias (0.7080) et de celles des barytines de la population 1.

Les valeurs plus élevées, mesurées pour cette population de roches totales, montrent que nous n'avons pas pu nous affranchir totalement de la diagenèse qui se marque par une légère augmentation en isotopes radiogèniques "Sr. Cette augmentation peut être le fait de l'interaction entre les fluides connés par le sediment et les minéraux silicatés détritiques présents.



Figure 38 - Diagramme de répartition des isotopes du strontium en fonction de l'âge de l'encaissant pour les analyses en roches totales et en fonction du type de ciment pour les carbonates épigénétiques.

On peut remarquer que les plus fortes valeurs du rapport isotopique ^{67/86} Sr se trouvent dans les échantillons de la base de la série plus riche en minéraux phylliteux détritiques enrichis en isotopes radiogéniques (Trias sup.-Hettangien basal). Le niveau de dolomie micritique laminée de l'Hettangien basal présente la valeur la plus proche (0.7083) de celle présumée de l'eau de mer à cette époque.

<u>Pour les carbonates en ciment des fentes, des fractures ou des figures diagénétiques</u> le rapport isotopique ⁶⁷Sr/⁶⁶Sr presente un étalement des valeurs important compris entre 0.7085 et 0.7133 (figures 32 et 38).

Aux valeurs les plus basses correspondent des ciments géodiques ou de recristallisations diagénétiques. Ces figures de diagenèse sont peu importantes en volume, on les rencontre principalement dans l'Hettangien ("franciscaines" de diagenèse précoce). Pour ces échantillons les valeurs des autres paramêtres delta ¹⁸O et delta ¹³C restent voisines de celles mesurées sur la roche totale peu diagénétisée (paléosome). Ainsi la dolomite blanche des rythmites de l'Hettangien à Barafort (point 9, figure 30) avec ⁶⁷Sr/⁶⁶Sr = 0.7085, delta 180 = 21.79 et delta ¹³C = 2.04 présente des valeurs proche de celles de l'Hettangien peu diagenetisé du Martinet (point 6, figure 30) avec ^{67/66}Sr=0.7090,^{10/16}O=22.13,^{13/12}C=0.77).

Pour ces échantillons on peut estimer que ce sont les fluides dérivés de l'eau de mer piégés par les sédiments qui sont responsables de ces recristallisations.

Si l'on considère les dolomites et calcites spathiques épigénétiques : -des gangues des minéralisations,

-des ciments de fractures liès aux distensions liasiques et pyrénéennes, -des figures diagenétiques ("rythmites","faciés franciscains") correspondants aux sèquences de cristallisation D4 à D11 observés en cathodoluminescence,

nous constatons que les valeurs du rapport isotopique ^{67/66}Sr sont plus élevées (0.7095 à 0.7133) que la moyenne pour les roches hôtes (0.7090). Les valeurs les plus fortes (moyenne : 0.7117,n=8) correspondent aux dolomites en ciment des fentes en distension liées à l'épisode liasique.

Cette valeur est très proche de celles mesurées dans les gangues dolomitiques des mineralisations de Pallières (0.7112-0.7116).

Les calcites spathiques à mégaspathiques associées aux distensions pyrénéennes présentent un rapport isotopique strontium (0.7092-0.7119) plus étalé. La moyenne sur 8 analyses (0.7104) est cependant inférieure à celle observée sur les dolomites (0.7117).

Cette valeur moyenne correspond aux données mesurées sur la calcite des gangues des minéralisations.

La calcite est dans ce cas : soit co-génétique des sulfures comme à Durfort (0.7100) ou cimente dans des bréches des sulfures remaniés comme à Pallières (0.7105).

Les fortes valeurs du rapport isotopique "Sr/"Sr confirment la signature chimique spécifique des fluides responsables de l'évolution épigénétique de la série jurassique.

Les mesures isotopiques du strontium montrent que les fluides qui déposent la gangue dolomitique de la minéralisation ont la même signature que celles des dolomites des ciments des fentes en distension mesozolques.

Cette signature radiogénique des fluides minéralisants se retrouve aussi dans les précipitations de dolomite blanche spathique (D4-D11), zonée et souvent automorphe liée à un reseau de cavités de dissolution qui affecte les réservoirs carbonatés de l'Hettangien ou du Lotharingien à la periphérie du horst de Pallières.

Cette signature montre que ces fluides se sont largement enrichis en strontium radiogénique par rapport à l'eau de mer. Cet enrichissement pouvant être lié à un léssivage important de roche cristalline (granite sous-jacent) ou de roches détritiques en dérivant (Trias arkosique ou argileux).

Si on couple dans un diagramme binaire les mesures isotopiques du strontium avec les teneurs en strontium des carbonates (figure 39) on remarque une certaine corrélation pour les dolomites et surtout les calcites entre l'augmentation des teneurs en stontium et celle du rapport isotopique "Sr/"Sr.

Cette tendance peut traduire une augmentation des concentrations en Sr des solutions mais surtout une élèvation de la température des fluides qui va augmenter le coéfficient de partage solidesolution pour le Strontium dans les carbonates.







Figure 40 - Diagramme delta 180 versus strontium (ppm) pour les dolomites.

Cette même tendance pour une corrélation négative se retrouve lorsque l'on compare l'évolution de delta ¹⁸O des dolomites et la concentration en strontium (figure 40). La diminution en isotopes leger de l'oxygène étant interprètée comme un effet du fractionnement thermique lors de la précipitation du carbonate.

Ces températures élevés sont en accord avec les mesures des températures d'homogénisation des inclusions fluides des dolomites (figure 29) qui indiquent des températures de 120-160 degrés pour les dolomites spathiques d'épigenèses.

Un diagramme "Sr/"Sr versus detla "O permet de bien caracteriser deux familles de carbonates en fonction de l'évolution des paramêtres physico-chimiques du fluide (figure 41) :

-les roches hôtes (essentiellement dolomitiques) et les recristallisations diagenétiques correspondants aux faciés pétrographiques D1 à D3 se caractérisent par des valeurs isotopiques peu radiogéniques proche de celle de l'eau de mer au Lias.

Les isotopes de l'oxygène presentent un fractionnement par rapport à l'équilibre carbonate-eau de mer à 25 degrés (apauvrissement en isotope leger) que l'on peut attribuer essentiellement à l'élévation thermique liée à l'enfouissement.

Ces carbonates trouvent leur origine dans les recristallisations diagenétiques qui accompagnent les dolomitisations stratiformes (figure 25) à partir des fluides connés.

-les dolomites spathiques épigénétiques des séquences pétrographiques D4 à D11 et les calcites tardives qui montrent un changement dans la nature des fluides soulignés par l'augmentation du rapport ⁶⁷Sr/⁶⁶Sr tandis que l'effet thermique s'accentue (anomalie thermique liasique) et se marque par un fractionnement plus prononcé des isotopes de l'oxygène.

Les gangues des minéralisations appartiennent à cette deuxieme population de carbonates.



Figure 41 - Diagramme 87Sr/86Sr versus delta 180 dans les carbonates.

.

		del	ta ¹⁰ SMOW	 C	lelta ¹³ C PDB	⁶⁷ Sr/ ⁶⁶ S	r S1	r ppm	Remarques
CP 1	104,25	AB	21	4	0.30	0.7	089 116		Dol. Hettangien Dolomite blanche
CP 1	128,40	A B	21. 20.	- 70 80	0.60	0.7	089 088		Dol. Hettangien Dolomite blanchel
CP 1	136,15	C A D	19. 21.	40 99	-2.80) 0.7 3 0.7	089 096	18	Dolomite blanche2 Dol. Hettangien
CP I	140,55	A B	10. 19. 14.	80 80	-0.02 1.20 -0.90	0.7 0.7 0.7	087 119	40 33 79	Dolomite blanche Dol. Hettangien Dolomite blanche
JOSE	SPH 84-2	28 A B C	21. 20. 16.	10 88 80	0.60 -0.09 -1.40) 0.7 9 0.7 9 0.7	083 090 107	35 56 79	Dol. Hettangien Dolomite blanchel Dolomite blanche2
T ALL		A B	19. 17.	65 51	0.02 -0.51	8 0.7 0.7	085 124	114 80	Dolomiteblanchel Dolomite blanche2
BARA	FORT 8	5-1 A B	21. 17.	79 99	2.04 -0.23	0.7 0.7	085 110	37 74	Dolomite blanchel Dolomite blanche2
	IARI'INEI	A B C D	22. 19. 20. 18.	54 0 45 45	0.96 -0.29 -0.45 -5.89	0.7 0.7 0.7 0.7	093 108 126 095	61 66 136 157	Dol. Hettangien Dolomite blanchel Dolomite blanche2 Calcite
MAIL	SUN NEUN	A B C	24. 19. 13.	85 53 46	-0.10 -0.03 -1.34	0.7 0.7 0.7	088 132 102	114 26 209	Calc.Lotharin. Dolomite N57 Calcite N20

Tableau 10 - Analyses isotopiques et dosage du strontium sur les différentes générations de carbonates d'un même échantillon.

•

Afin de mieux cerner l'évolution de ces fluides par l'étude géochimique des différentes générations de carbonates en ciment de fractures nous avons regroupé sur le tableau 10 les analyses isotopiques et dosage du strontium réalisés sur des échantillons présentant plusieurs générations de carbonates. La figure 41 représente deux échantillons qui permettent de caracteriser des ciments différents dans des fractures orientées.

La succession typique est schématisée par la suite : dolomie sombre (Hettangien) - dolomite blanche 1 - dolomite blanche 2 calcite.

La technique du microprélèvement ne permet pas ici de distinguer plus précisement les différents faciés pétrographiques observables en cathodoluminescence. Cependant la dolomite blanche 2 correspond le plus souvent à la série des faciés d'épigenéses D4 à D11.

Les analyses confirment les observations réalisées précedemment sur l'existence d'un changement important dans la composition des fluides qui précipitent les carbonates épigenétiques et qui accompagnent par ailleurs le dépôt des minéralisations sulfurées.

Ce changement se marque par l'abaissement des delta ¹³C et surtout delta ¹⁹O alors que le rapport ⁸⁷Sr/⁹⁶Sr augmente. Fréquemment les teneurs en strontium suivent cette augmentation du strontium radiogénique (figure 42).

7.4- Conclusions

Les résultats obtenus, sur les échantillons de carbonates diagénètique ou d'épigénèse, mettent en évidence l'évolution et le changement des signatures isotopiques des ciments suivant la nature des fluides impiqués et les changements dans les conditioons thermiques du dépôt. Ils permettent de mettre en relations les venues de fluides en fonction des différentes phases de fracturations.

Ainsi la phase hydrothermale liasique mise en évidence par les différents indicateurs de paléo-thermicité (matière organique, fluides) depôts des inclusions et qui accompagne le minéralisations sulfurées se traduit par des signatures isotopiques spécifiques dans les ciments des fractures et dans les cristallisations des carbonates épigénetiques caractérisés par ailleurs en cathodoluminescence.



87 Sr / 86 Sr = 0,7192

LE MARTINET - THOIRAS (SH 39) HETTANGIEN IC DOLOMIE (B) fentes calcitiques (cm) N2O ۵ N 87 Sr δ¹⁸0 δ¹³ C Sr 86 Sr roche totale SMOW PDB ppm 0.7128 Α В 0.7109 +13.87 -2.74 102 2 cm C 0.7093 +22.6 +0.96 С 61 Ά dolomite N70 LIASIQUE

Figure 42 - Compositions isotopiques 87Sr/86Sr, delta 13C, delta 18O et concentration en Sr dans les différentes générations de carbonates des fractures liasiques et pyrénéennes. Exemple du calcaire Lotharingien du Col de Banes et de la dolomie de l'Hettangien du Martinet. Les techniques d'analyses des isotopes stables du carbone et de l'oxygène des carbonates associées à la mesure du rapport des isotopes du strontium, nous permet non seulement de mieux caractériser la nature et l'origine des solutions mais aussi de tracer les circulations du fluide métallogénique dans les différents drains solicités (niveaux réservoirs, fractures) et ainsi accroître la transparence du phénomène minéralisateur dans la couverture sédimentaire.

XXX

•



Figure 44 - Carte de positionnement des principaux indices et gites étudiés.

8- MINERALOGIE ET GEOCHIMIE DES MINERAIS

8.1- Localisation géographique et disposition spaciale des indices minéralisés .

Le but de ce travail est de complèter les études realisées antérieurement sur les paragenéses sulfurées (Aubague et al, 1981; 1984) en augmentant les points d'observations et en utilisant la géochimie des éléments en traces et les isotopes du soufre et du plomb comme indicateurs des processus métallogéniques. Les principales minéralisations étudiées se situent à la périphérie du bassin de Mialet sur le flanc ouest et sur le faîte du horst de Pallières -Générargues, le dôme de Durfort et le Nord-Alés (figure 44). Les gîtes sont nombreux et variés ils peuvent atteindre des caractéristiques de niveau économique comme à Saint Sébastien d'Aigrefeuille (30000t de Pb et 20t d'Ag) ou à La Croix de Pallières (100000t Pb + Zn avec Zn/Pb=4) (Leenhardt, 1972).

On ne peut les résoudre à un modèle unique, on peut distinguer :

-Les gîtes et indices dans le substratum granitique ou métamorphique en filon ou en remplissage de fractures (Corbes). Les filons (La Plaine, Auzas, La Maline) sont à barytine dominante avec blende et galène. Ils peuvent parfois pénetrer dans la couverture triasique (La Maline).

-Les gîtes en milieu gréseux à minéralisation disséminée dans le Trias basal arkosique (St Sébastien d'Aigrefeuille-Carnoules, La Parade)



Figure 45 - Position des principaux indices et gîtes étudiés dans la colonne stratigraphique.

-Les gîtes dans le Trias médian argilo-dolomitique ou l'imprégnation sulfurée est à blende dominante (St Jean du Pin, Le Pradinas).

-Les gîtes en milieu dolomitique à minéralisation massive rubanée ou en ciments de brèche à blende dominante qui peuvent passer latéralement à des minéralisations disséminées en ciment d'anciennes calcarénites liasiques (Pallières - Durfort). Pour ces minéralisations la plus grande partie des minerais économiques se situe dans des cavités de dissolution creusées par les fluides minéralisateurs dans les dolomies du Lias.

Nous nous sommes surtout interessés à ce dernier type de gisement qui presente des potentialités économiques plus importantes dans le secteur considéré (amas principal de Pallières 70000 tonnes de Zn).

8.2 Minéralogie des minerais

Une étude sytèmatique des sections polies et de lames minces polies a éte réalisée sur les échantillons prélevés à l'affleurement principalement à la périphérie du horst (figures 9, 44) sur des chapeau de fer qui jalonnent la structure faillée.

Un échantillonnage complémentaire a été réalisé sur les manifestations sulfurées dans les fractures et fissures du Lias et plus particulièrement de l'Hettangien du bassin de Mialet (Combescure, La Rode, La Baumelle : figure 44 et 45) et du nord Alés (Catusse, Clairac, Perret). Les résultats des diagnoses sont donnés dans l'annexe 8. La figure 46 résume les principales espèces minérales rencontrées dans les différents secteurs.

Ces résultats confirment les observations réalisées précedemment sur la succèssion paragénétique des minerais héttangiens de Pallières-Joseph (figure 46) (Aubague et al 1981).





La minéralisation à Pallières se dépose dans les volumes dégagés par les phases de fracturation-dissolution liées à la tectonique post-lotharigiénne. Les sulfures vont colmater les vides et imprégner latéralement les niveaux dolomitiques les plus poreux de la base de l'Hettangien et du Lotharingien.

Les premiers dépôts sont des sulfures rubanés, principalement des sulfures de (melnicovite, fer pyrite et marcasite) aui participent avec la schalenblende et la galène à des structures de croissance de type concrétionné. Les pseudo-morphoses de sulfates automorphes (anhvdrite. par des sulfures (blende et plus rarement galène) sont barvtine) fréquentes dans ces minerais. Elles traduisent des phénomènes de réduction de sulfates en sulfures importants dans les fluides.

Les dépôts rubanés de melnicovite, de schalenblende ou de galène squelettiques témoignent de croissances rapides à partir de gels précipités par des solutions fortement saturées.

Localement (La Croix de Pallières) se dépose la "blende chocolat" microgrenue qui constitue l'éssentiel de l'amas principal.

Entre les dépôts rubanés et la blende massive se situe une phase de fracturation qui remanie les premiers minerais . Les recristallisations sont nombreuses et peuvent obliterer la structure bréchique elle même.

En fin de paragénèse précipite de la blende miel puis la gangue de dolomite férrifère (faciés D4-D11). Le passage entre la blende rubanée et la blende miel se marque trés frequemment par une phase de silicification de la dolomie encaissante et la précipitation de quartz automorphe.

Une des caractéristiques de la zone de Pallières-Joseph est la frequence des inclusions de sulfo-arséniures et sulfoantimoniures dans la galène. La présence de l'arsenic et de l'antimoine se manifeste dés les premiers stades de la minéralisation. les minerais massifs Dans on rencontre principalement lā boulangérite, la jordanite et la géocronite. L'arsenic natif est présent à la mine Joseph dans le minerai plombeux silicifié, l'arsenic est alors bordé par une auréole réactionnelle de tennantite et tétraédrite .

Cette dernière minéralisation de la mine Joseph présente la particularité d'une paragénése plus riche en galène et en minéraux de cuivre (chalcopyrite, tennantite, tetraedrite, bournonite, digénite, covellite). Cette paragénése semble particuliérement développée dans les zones les plus silicifiées de la mine . Ce minerai présente beaucoup de similitudes géochimiques par les éléments présents avec celui rencontré dans le panneau Cadeyer ou la faille-dyke silicifiée présente une paragenése à pyrite, mispickel, cuivre gris, sulfosels, galène et blende.

8.3- Etudes des inclusions fluides de la blende

La géneration de blende miel, transparente, a pu faire l'objet d'une étude d 'inclusions fluides (planche photos 1). Les échantillons proviennent de minéralisations disposées tout au long de la zone étudiée :

> -au nord Alés, les fractures minéralisées de l'Hettangien du Perret et de Bessourides ;

> -dans la zone de Pallières, les blendes des diaclases dans le minerai massif (chocolat) de l'Hettangien et dans les fractures silicifiées du Lotharingien (Bois Noir).

Les mesures ont aussi èté réalisées sur les blendes en imprégnation du Lotharingien à la mine Joseph (Joseph sud).

La blende est le sulfure dominant dans tout les échantillons . On observe fréquemment des plages de galène qui présentent de nombreuses inclusions de sulfosels (boulangérite et jordanite)(planche photos 1) . La boulangérite se presente en aiguilles rayonnantes dans la blende miel. Ces observations montrent la pérénnité de l'arsenic et de l'antimoine dans les fluides déposant les sulfures.

Les inclusions fluides sont biphasées. Les mesures de fusion de la glace et d'homogénéisation ont été réalisées sur les inclusions les plus grosses (50-100 microns), les résultats sont présentés sur la figure 47.



Figure 47 - Diagramme des températures d'homogénéisation versus salinité des inclusions fluides des blendes miel (génération II).

On peut observer que pour l'essentiel des inclusions la salinité des solutions est comprise entre 14 et 20% eq.NaCl. Pour la blende de Bessourides deux mesures donnent une faible salinité de 3-4 % eq.NaCl. Ces valeurs basses doivent correspondre à des recristallisations plus tardives dans des fluides plus dilués.

Les températures d'homogénéisation varient de 80 à 150 degrés avec un maximun de points de mesure vers 100 degrés.

Si l'on compare ces résultats avec ceux des dolomites encaissant ces minéralisations (figure 47), on remarque que les salinités sont identiques à celles des fluides les plus concentrés des carbonates. Ces salinités sont du même ordre que celles des barytine du Trias de La Parade (figure 47), Par rapport aux inclusions des quartz des silicifications de la faille dyke (figure 17) les inclusions dans la blende présentent des valeurs intermédiaires proches de celles à fortes salinités.

Les fluides qui précipitent la blende miel se caractérisent donc par des salinités fortes comparables à celles rencontrées dans les quartz et les dolomites . Les températures de depots apparaissent en moyenne plus faible (100 degrés) que pour les degrés). Cette différence minėraux de la gangue (140 de température peut s'expliquer par un refroidissement du fluide hydrothermal lors de la précipitation de cette deuxième génération de blende qui cimentent les diaclases ou les fissures postérieures aux principaux dépôts de sulfures et de gangues (carbonates et quartz).

Les minéralisations sulfurées apparaissent donc comme inscrites dans les processus hydrothermaux qui accompagnent l'évolution tectonique de la marge sous cévenole au cours du lias (figure 48).



Figure 48 - Schéma d'évolution des roches et des phases minérales au sein des dolomies hettangiennes à Pallières.

166

8.4- Geochimie des minerais

8.4.1- Les éléments en traces

Des analyses d'élements en trace ont été réalisées sur les principaux sulfures (pyrite, blende, galène) des différents types de minerais (Pallières et Joseph) et sur des pyrites provenant des fissures et diaclases dans le granite à Corbes et dans la faille silicifiée du horst de Pallières (La Ferrière).

Les prélèvements ont été réalisés sous binoculaire à la fraise de dentiste afin d'éviter au maximum la contamination d'un échantillon par d'autres sulfures.

Pour chaque échantillon à été dosé par absorption atomique les éléments majeurs des sulfures : Fe - Pb - Zn - Cu afin de juger de l'importance de la pollution par des micro-inclusions . Les traces : Ag-As-Sb-Cd-Co-Ge-Cu-Se-Ni-Tl-Hg ont été analysées par absorption atomique sans flamme . Les résultats sont donnés dans l'annexe 8 et dans le tableau 11.

Un premier traitement statistique (tableau 12) montre les principales corrélations entre les éléments majeurs des sulfures: Fe (pyrite), Zn (blende), Pb (galène) et les traces . On note les fortes corrélations :

> - Fe-As-Tl qui confirme la présence de thallium et d'arsenic dans les sulfures de fer de Pallières (Duchesne,1964; Aubague et al 1981).

> -Zn-Cd-Ge, la blende de Pallières est réputée germanifère (Leenhardt,1972) cet élement pouvant atteindre 350ppm (Aubague et al,1981). Les concentrations en cadmium de 2500 à 5000 ppm sont classiquement rencontrées dans ces minerais . On notera que localement le cadmium peut s'exprimer sous la forme de greenockite dans la zone d'oxydation.

> -Pb-Sb-Ag, la présence de sulfo-antimoniures dans la galène est très fréquente ainsi que les micro-inclusions de cuivre gris argentifère (freibergite). L'argent peut aussi se trouver en substitution du plomb.

		Λs	Δg	Sb	Cd	Со	Ge	Cu	Se	Ni	T1	Hg
Pallières CP1 128.4m	BLENDE	270	27	130	2500	100	12.5	800	1	70	20	5.5
type "amas principal"	GALENE	1300	211	3850	113	3	2	500	1	5	15	0.25
CP1 104m	PYRI'FE	2425	25.5	414	13	5	2.5	1600	1	41.5	400	245
ΜΛΙ	GALENE	1155	46	2500	62	3	2	1200	1	10	8	6.6
PAL 220	BLENDE	180	22.5	88.5	3100	125	12.5	600	1	50	7.5	25.5
	GALENE	390	120	1050	113	3	1.5	400	1	5	8	2.5
3773 BSS	PYRITE	840	26.5	145	56	6	1	400	1	30.5	325	5.5
type" amas principal"	BLENDE	77.5	57.5	157	4750	150	1	2600	1	50	20	27.5
	GALENE	130	36	2625	37	1	2	14500	1	10	3	0.25
Joseph 2727 BSS	GALENE	1	31	450	24	10	1	84400	1	1000	1	1.6
HG 84-33	BLENDE	72.5	14	405	2750	50	0.5	4400	1	50	1.5	17.5
HG 84-115	PYRITE	1937	55	285	1	5	2	2000	1	25	750	4
Corbes granite 84-1	PYRITE	2615	21.5	189	7	5	2	2300	1	50	210	1.55
JF 83-50	PYRITE	4705	64	590	8	1250	2	2500	1	690	150	3
L <u>a Ferrière</u> dyke IIG 84-14	PYRITE	3445	15	107.5	2	200	1.5	200	1	70	310	17.2

Tableau 11 - Concentrations en éléments en traces (ppm) dans les principaux sulfures des minerais.

.

168


k

.

Tableau 12 - Coefficients de corrélation entre éléments majeurs et éléments en traces des principaux sulfures.

-

-Cu-Ni, aucun sulfures de cuivre n'a éte analysé pour lui même aussi les fortes concentrations en Cu rencontrées principalement dans la galène de la mine Joseph (jusqu'à 8.5%) montre l'importance des inclusions de sulfures de cuivre dans ce minerai. La presence de corrélations Cu - Ni confirme la particularité des minerais plombeux silicifiés de la mine Joseph .

-Co-Ni, le cobalt est présent dans pratiquement dans tous les minerais (Aubague et al,1981) nous constatons dans les analyses des sulfures que les principaux porteurs sont la pyrite et la blende. Dans la pyrite les concentrations peuvent dépasser 1000ppm et 600ppm pour Ni. Ces deux élements peuvent aussi s'exprimer sous la forme d'inclusions de sulfures du groupe des linnéites (linnéite s.s et Ni3S4, violarite).

Le mercure est présent dans pratiquement tous les minerais et jusqu'à de fortes concentrations (245ppm). Aucun minéral spécifique du mercure n' a été rencontré .Les principaux porteurs sont la pyrite où cet élément est associé au thallium et arsenic et la blende ou Hg peut dépasser 20ppm. La présence de Hg caracterise des zones à volcanisme et à forte orogénèse. Il peut contaminer la couverture sédimentaire par le jeu des failles de socle, soit en phase vapeur, soit en solution dans des eaux thermales où ont le retrouve lié à As.Sb.Fe et Tl

dans des eaux thermales où ont le retrouve lié à As,Sb,Fe et Tl (Weissberg,1969). Tous ces élements sont présents dans les minéralisations étudiées du bassin de Mialet-Thoiras .

Le contenu et la répartition des éléments en trace dans les sulfures des différents minerais attestent d'apports étrangers aux dépôts de la série sédimentaire liasique vehiculés par des fluides hydrothermaux et en provenance du socle et du tégument détritique de la base du Trias. Ces métaux peuvent s'exprimer au travers d'espèces minérales qui donnent à la paragénèse sulfurée un cachet meso-thermal. Ces éléments qu'ils s'expriment sous forme chimique où minérale présentent une zonalité verticale qui traduit la circulation des fluides chauds et salins (figure 49), (Aubague et al, 1982).



Figure 49 - Distribution des éléments dans les minerais suivant leurs positions dans la série stratigraphique.

8.4.2- Les isotopes du soufre

Des analyses des isotopes du soufre (delta 34S vs CD) ont été réalisées sur les différents sulfures pyrite, blende, galène provenant des principaux minerais du secteur Pallières-Joseph . Les résultats sont donnés dans le tableau 13 .

A titre de comparaison nous avons réalisé des analyses isotopiques du soufre des sulfates (barytine) presents dans le Trias (La Parade) ou au contact Trias - socle (Corbes, La Maline, La Ferrière).

Pour les sulfates des valeurs de delta 34S comprises entre +14 et +20, qui montrent un enrichissement en isotopes lourd, sont compatibles avec une origine eau de mer (Ohmoto et Rye 1979). Le delta 34S des sulfures marins du Trias et du Jurassique varient entre +13 et +17%.

Les analyses montrent pour les isotopes du soufre de la blende et de la galène (mine de Pallières) des valeurs comprises entre -18 et -20 pour la blende, -20et -24 pour la galène. Ces valeurs homogène plaident pour un milieu ouvert vis à vis du soufre .

Pour la mine Joseph les valeurs pour la blende (-10 et -20%.) et la galène (+0.5%.) sont plus dispersées et moins pauvre en isotopes lourds ³⁴S. La blende de première génération présente des valeurs comparables à celles observées à Pallières.

Les pyrites présentent aussi des valeurs plus dispersées entre -5 et -23%.. Les valeurs les plus basses correspondent aux pyrites de la mine de Pallières.

Ces variations dans les valeurs isotopiques du soufre peuvent représenter la trace d'effets cinétiques causés par un appauvrissement en soufre des solutions. Le système se ferme vis à vis du soufre. Elles peuvent aussi marquer une évolution locale des paramêtres physico-chimiques (température, pH, oxydoréduction).

172

+			
	³⁴ s	Numero	Localisation
PYRITE	-10.8	HG 84-1	Corbes diaclases granite
	-8.4	CP1 -104.25	Sondage CP1, Pyrite rubannée Hettangien
	-16	3773 BSS	Pallières mine
	-22.3	MA 1	Pallières mine
 	-5	HG 84-115	Mine Joseph
GALENE	-20.8	CP1 128.4	Sondage CP1, imprégnation type "amas principal"
	-23.6	PAL 220	Pallières mine
	-23.9	3773 BSS	Pallières mine
	-24.1	MA I	Pallières mine
 	+0.5	2727 BSS	Mine Joseph ,minerai massif
BLENDE	-19.2	CP1 128.4	Sondage CP1, imprégnation type " amas principal"
	-21.6	PAL 220	Pallières mine
	-21.2	3773 BSS	Pallières mine
	-18.Ì	MA 1	Pallières mine
	-20	HG 84.33	Joseph Sud, Lotharingien (Blende 1)
 	-10.1	HG 84.33	Joseph Sud, Lotharingien (Blende 2)
BARYTINE	+15.9	HG 84-1	Corbes diaclases granite
	+14.3	HG 84-22	La PARADE
	+15.9	HG84-15	Dyke siliceux La Ferrière (frias)
	+20	YLN 84-15	La Maline (filon)
1 1			

•

Tableau 13 - Analyses isotopiques du soufre des sulfures (en % vs CD).

Compte tenu des températures mesurées dans les inclusions fluides des blendes la température des dépôts sulfurés se situe entre 90 et 150 degrés. Ces températures excluent une origine simplement bactérienne des sulfures (sulfato-réduction). L'origine la plus vraisemblable consiste en une réduction abiogénique des sulfates par la température en présence d'agents réducteurs tel que le carbone organique ou le fer ferreux present dans la série sédimentaire (pyrite framboïdale).

Une estimation des températures de précipitation a été tentée sur la base de l'équilibre isotopique entre la sphalérite et la galène. Les couples retenus proviennent du même échantillon. Les températures ont été estimées selon la formule (Ohmoto et Rye, 1983):

T (degréK)=((0.85+0.03) / $\Delta 1/2$)1000

où T est la température en degré Kelvin et Δ = delta 34S(blende)- delta 34S(galène)

L'incertitude estimée sur les températures est de + 50 degré.

Cette formule appliquée sur les sulfures de Pallières donnent des valeurs de températures comprises entre 70 et 400 degrés.

Cet étalement des températures semble indiquer que l'équilibre isotopique n'est pas realisé entre ces sulfures. Cependant le minerai 3773 Pallières où blende et galène sont étroitement associes donne une valeur proche de 200 degrés . Cette valeur serait plus en accord avec les données des inclusions fluides.

8.5- Utilisation du mercure en prospection

La prospection des anomalies en teneur de mercure dans les roches et surtout les sols a été développée avec succès en recherche minière (amas sulfurée, filons épithermaux) depuis de nombreuses années.



Figure 50 - Dosage du mercure dans les chapeaux de fer jalonnant le horst de Pallières.

OXYDES DE FER - DOSAGE DU MERCURE (ppb)



GITE DE LA CROIX DE PALLIERES SONDAGE CPI Analyse du Mercure en roche (60 échantilions)

Figure 51 - Gites de la Croix-de-Pallières. Sondage CP1. Analyse du mercure en roche.

En particulier la création d'appareils de terrain très sensibles qui permettent d'analyser des concentrations de l'ordre du ppb a permis d'améliorer la rapidité et l'efficacité de cette prospection. Cependant cette technique est peu, voire pas utilisée dans la prospection des gîtes Fb, Zn de couverture sédimentaire.

La decouverte dans les minerais du gîte de La Croix de Pallières de mercure associé aux élements en trace As,Sb,Tl nous a conduit à rechercher cet élements dans les chapeaux de fer qui jalonnent la structure faillée du horst afin de reconnaitre la persistance de l'anomalie en Hg dans la zone oxydée.

Les analyses ont été réalisées par absorption atomique sans flamme.

Les resultats de cette étude sont présentés dans la figure 50, ils montrent la permanence du signal mercure dans les oxydés de fer avec des concentrations pouvant atteindre 8000ppb dans la zone des Terres Rouges au sud de la mine.

Les dolomies de la série liasique traversées par le sondage CP1 (realisé dans l'emprise des anciens travaux miniers) ont été testées afin de voir l'empreinte des fluides minéralisateurs dans les carbonates des réservoirs de l'Hettangien. Les résultats sont donnés dans la figure 51. Les teneurs en mercure sont plus faibles en moyenne que dans les chapeaux de fer (inférieures à 400 ppb). Les niveaux minéralisés se marquent par de fortes anomalies (15

Les niveaux mineralises se marquent par de fortes anomalies (15 ppm Hg) mais aussi par une augmentation du fond mercure dans les dolomies stériles de l'encaissant. Le sondage CP1 realisé au voisinage de l'amas principal présente dèjà un fond géochimique en mercure (200 ppb) fortement supérieur à celui rencontré dans la série liasique (50 ppb).

Ces données établies, nous avons jugé que le mercure pouvait représenter un bon indicateur des circulations des fluides hydrothermaux liés aux minéralisations de type Pallières-Joseph. Cet élement volatil pouvait être utilisé dans la recherche d'une extension cachée du gîte de référence par une prospection de géochimie en sols.



Figure 52 - Géochimie stratégique en sols du secteur de Pallières, cartographie de J'arsenic.

Cette approche à été utilisée à l'échelle tactique dans le bassin de Mialet.

La zone de Combescure-La Ferrière a été sélectionnée à partir de la prospection stratégique multiéléments. Ce secteur présente une anomalie poly-métallique : Pb-Zn-Ag-Sb avec une anomalie en arsenic bien structurée (figure 52) soulignant et prolongeant la grande faille silicifiée de la bordure du horst de Pallières en la faisant déborder largement dans le bassin de Mialet.

Les analyses ont été réalisées sur la fraction inférieure à 0.125mm de 565 échantillons de sols selon une grille 100%200m ressèrée à 50%100m. Le plan d'échantillonnage est donné dans l'annexe 8 ainsi que les résultats analytiques.

Le mercure a été analysé en utilisant un spectromêtre d'absorption atomique Scintrex HGG-3.

Deux techniques d'extraction ont été testées :

-une extraction chimique sulfo-nitrique avec reduction du mercure par le chlorure stanneux afin d'éliminer la possible influence de la matière organique ou des sulfures dans le dosage de Hg. La vapeur de mercure est retenue sur "SYROSORB" avant pyrolyse à 450 degrés.

-pyrolyse directe du soil dans le four à 600 degrés.

La comparaison entre les deux techniques sur 40 échantillons montre une très bonne corrèlation (figure 53). Aussi la pyrolyse directe a été utilisée en routine. Elle permet d'augmenter considérablement le nombre d'échantillons analysés par jour, elle rend possible l'utilisation opérationnelle de cette technique.

Un test de pyrolyse en température programmée a été réalisé à: 200, 300, 400, 600 et 750 degrés. A 400 degrés tout le mercure mobile est vaporisé de l'échantillon.



Figure 53 - Diagrammes de corrélations entre les analyses réalisées par extraction chimique (HG) et par pyrolyse directe (HG2).





Figure 54 - Histogramme de fréquence des concentrations en mercure dans les sols du secteur Combescure-La Ferrière.

ŧ

Les resultats analytiques sont donnés dans l'annexe 8, l'histogramme de répartition du mercure (figure 54) montre une distribution log-normale entre 20 et 700 ppb. Des valeurs maximales (supérieures à 2000 ppb) sont fournies par les échantillons du chapeau de fer de la Ferrière, au contact de la faille dyke.

La cartographie du mercure (figure 55) montre des halos anomaliques suivant les formations réservoirs de l'Hettangien dans la zone de La Rode. Les indices du Lotharingien du Bois Noir forment une anomalie Hg. Par ailleurs, au sud-ouest de la zone étudiée, dans la région du Vallat de Combescure, l'anomalie mercure marque une direction ESE-WNW qui correspond à une importante zone faillée.

Ces résultats sont en bon accord avec les autres indicateurs Ag-Sb et As (figure 55). Aussi le mercure peut être considéré comme un bon indicateur de dispersion primaire où secondaire dans la recherche de minéralisations cachées de type Pallières en bordure sous cévenole.

Figure 55 - Géochimie tactique du secteur Combescure-La Ferrière, cartographie de l'arsenic et du mercure.



184

8.6-Géochimie du plomb des gîtes et indices de la bordure sous cévénole

8.6.1-Introduction

La Province métallogènique sous-cévenole est constituée par de nombreux gîtes et indices qui représentent dans leur ensemble une accumulation d'environ 1,5Mt Pb+Zn et 1Kt Ag.

Ces concentrations apparaissent en bordure du craton hercynien du Massif Central à differents niveaux de la couverture sédimentaire mésozoique du Trias au Jurassique dans des séries carbonatées ou gréseuses à caractère épicontinental.

Les minéralisations sont toujours liées à des structures épirogéniques dans des sites sédimentaires induits par cette activité. L'activité de la marge cévenole est à mettre en relation avec les distensions écalpines qui utilisent des traits structuraux hérités du tardi-hercynien. Ainsi la grande faille des Cévennes, méga flexure permanente, joue un rôle essentiel, comme zone mobile, au cours des phases de distension du Lias et du Jurassique (naissance de la Téthys).

Les minéralisations sulfurées à plomb et zinc dominant présentent à l'échelle régionale un caractère stratoide marqué avec des degrés variables de conformité aux couches porteuses (figure 44 et 45). La morphologie des principaux gîtes consiste:

- en cavités de dissolution (dans le substratum hercynien ou dans la couverture carbonatée),

- en imprégnation de réservoirs poreux (gréseux ou dolomitique),

- en filons de couverture, réseaux de fractures.

les trois presentations peuvent coexister dans un même gîte ou se rencontrent les métallotectes : structure et réservoir.

Ces considérations génerales mettent en évidence le rôle joué par les circulations de fluides susceptibles de mobiliser (problème de la source) et de concentrer (problème des mecanismes) les métaux aux différents stades d'évolution (le moteur des transferts de fluides) du bassin et de ses marges.

Figure 56 - Isotopes du plomb, présentation des résultats sur la bordure cévenole.



Figure 56 - Isotopes du plomb, présentation des résultats sur la Bordure Cévenole.

8.6.2-Cadre géologique local

La zone étudiée constitue la partie médiane de la bordure cévenole (figure 44). Elle s'étend sur 15 Km entre Alès au Nord et St Hippolyte du Fort au Sud. Elle comprend des terrains d'age triasique à jurassique qui forment une bande de 5 Km de large entre le socle granitique ou schisteux et la faille de Corconne -Anduze. Deux principales unités peuvent être individualisées :

-Le horst de Pallières-Générargues, au sud d'Alès, qui perce la couverture sédimentaire liasique et ramène à l'affleurement le granite du Liron et le Trias (figure 44). Cette arête granitique isole deux domaines sédimentaires:

Xvers l'Ouest le bassin "marginal" triasique et liasique de Mialet-Thoiras qui renferme les principales minéralisations du secteur,

Xvers l'Est, les séries jurassiques qui se raccordent au bassin languedocien par des marches d'éffondrement successives.

-Le dôme de Durfort, séparé du horst de Pallières par les grands accidents du faisceau cévenole, est constitué par un bombement liasique lié au plissement pyrénéen. Le Lotharingien dolomitique renferme des mineralisations à zinc et fluor.

8.6.3-Caractère généraux des minéralisations étudiées.

Dans ce district les gîtes et indices sont nombreux et variés, ils ne peuvent être réduits à un unique modèle typologique :

> +filons de socle (granite) recoupant la couverture triasique : La Maline (Ba, Pb, Ag, Cu) Corbés (Ba, Pb, Cu) ; ou brèche hyper-silicifiée au contact granite-Lias: Cadeyer (Zn, Pb, Cu, As, Sb)

+minéralisations disséminées dans les grès de base du Trias à Pb, Ag dominant : Carnoules, St Sébastien d'Aigrefeuille, La Parade, Joseph (Zn, Cu, As, Sb) +minéralisations disséminées ou en amas dans la série argilo-dolomitique du Trias moyen et supérieur : L'Espinette, le Pradinas, Amas du mur (Pallières) (Pb, Zn, Sb, As)

+minéralisations massives en amas ou en ciment de brèche (à zinc dominant) dans le Lias dolomitique : La Croix de Pallières (amas principal), Bessourides, Joseph (avec Pb et Cu)

+minéralisations en ciment de brèches de cavités de dissolution à l'interface mur dolomitique et toit argileux et en imprégnation (zinc dominant) :Durfort (Zn,F)

+minéralisations en ciment de fractures sécantes sur la série liasique dolomitique (zinc et plomb) : Col du Puit, Nord Alès (Perret, Clairac, Redoussas, Catusse)

Il faut souligner pour toutes ces minéralisations l'importance des contrôles structuraux dans la localisation des gîtes qui se situent tous en bordure d'accidents actifs. La liaison entre tectonique et phases de minéralisations est particulièrement sensible dans la zone du horst ou l'évolution polyphasée de la structure, dès la sédimentation (Aubague et al, 1982; Bonijoly, annexe 3), s'accompagne de circulations de fluides hydrothermaux déposant les sulfures.

Ces circulations peuvent être mises en évidence par les différents ciments (quartz, dolomite, calcite) des fentes et fractures crées par pendant les phases de distensions NV-SE qui au cours du Trias et du Jurassique ouvrent fentes et fractures (cf.chapitre 6 et 7).

La source des métaux peut être locale (remobilisation) ou plus lointaine (lixiviation des formations sous jacentes).

8.6.4- Données antérieures et échantillonnage

La géochimie isotopique du plomb n'a été abordée que sporadiquement par les travaux de Lancelot et al. (1971), Brévart et al. (1982), Michard-Vitrac et al (1982) et Charef (1983). Ces analyses réunies ne représentent que 25 échantillons pour les gîtes sulfurés et les roches du socle (annexe 8).

Afin de combler le manque de données isotopiques du plomb nous avons procédé à l'échantillonnage des minéralisations décrites précédemment (figure 44).

Les analyses isotopiques du plomb ont essentiellement porté sur des galènes, auxquelles se sont ajoutées quelques pyrites et quelques blendes.

Le choix des échantillons analysés découle des études minéralogiques puisqu'il s'est éfforcé de prendre en compte les différents types de minerais recencés : karstiques, massifs, remobilisés, concrétionnés, etc...

Ainsi dans le gîte de la Croix de Pallières les analyses ont porté sur le minerai précoce à pyrite concrétionnée, sur les minerais massifs de l'amas et sur les minerais bréchiques remaniés tardivement (Aubague et al., 1980).

Les analyses isotopiques du plomb en roches ont été réalisées sur les principales formations géologiques régionales :

-socle métamophique (schistes et quartzites feldspathiques de St Roman de Cadière)

-granites du Mont Lozère et du Liron-Pallières (feldspaths potassiques et roches totales),

-série sédimentaire non métamorphique du socle (dolomie du géorgien) ou de la couverture (arkose du Trias et argilites du Rhétien).

La technique et les résultats analytiques sont donnés dans l'annexe 8 et représentés sur la figure 56.

8.6.5- Présentation des résultats

Les compositions isotopiques du plomb des gîtes cévenols (figure 56) dessinent un champ de répartition assez étendu (²⁰⁶Pb/²⁰⁴Pb = 18.28 à 18.95 ; ²⁰⁶Pb/²⁰⁴Pb = 38.37 à 38.90). Compte tenu du faible interval de temps dans lequel sont comprises ces minéralisations (220 à 140 Ma) ce vaste champ de répartition laisse augurer de l'influence de nombreuses sources métalliques.

La fréquence "anormale" de valeurs isotopiques élevées et l'absence de valeurs faibles (206Pb/204Pb inférieures à 18.25) découlent de l'âge récent (mésozoïque) de ces minéralisations qui permet un enrichissement notable du plomb des roches sources en isotopes radiogéniques. Cet enrichissement est très marqué dans les milieux uranifères,

cet enrichissement est tres marque dans les milieux uranifères, représentés en Cévennes par les granites à biotite tardihercyniens (gîtes d'uranium des Bondons, de la Bastide, des Vieilles).

Aucune des signatures isotopiques relevées n'a permis de déceler l'existence de minéralisations plombo-zincifères d'âge Cambrien dont le rapport ²⁰⁶Pb/²⁰⁴Pb, bien connu en Montagne Noire (Brevart et al.,1982) varie entre 17.70 et 17.90. Toutes les minéralisations analysées, y compris la minéralisation karstique des Malines (Sanguinéde) doivent être rapportées à une métallogénèse triasico-jurassique. Les gîtes plombo-zincifères d'âge Cambrien semblent donc réservés exclusivement à la Montagne Noire ; la seule exception pourrait être la minéralisation 0 des Malines encaissée dans le substratum paléozoíque .

Les valeurs mesurées ne se corrèlent généralement pas avec l'étage stratigraphique porteur de la minéralisation. La dispersion observée est en effet tout aussi importante si l'on considère que les gîtes encaissés dans l'Hettangien (Redoussas, amas principal de La Croix de Pallières, Bessourides, Cadeyer) ou dans les formations anté-Hettangien (Largentière, Carnoules, La Parade, Le Pradinas, Corbes, La Maline).

Les similitudes isotopiques sont cependant plus franches entre les gîtes d'une même unité géographique qu'entre les gîtes d'un même étage stratigraphique. Ce concept de "régionalisme" du plomb (Zartman, 1974; Marcoux, 1986) est bien illustré par les gîtes du horst de Pallières (Pallières, Cadeyer, Joseph, La Parade, Le Pradinas) qui possèdent des signatures isotopiques voisines (206Pb/204Pb =18.50 à 18.68 ; 206Pb/204Pb = 38.66 à 38.87) malgré un encaissant de nature (granite, grès, argile, dolomie) et d'âge (Trias et Lias) variés (figure 57).

A l'interieur d'un gîte, on note des différences isotopiques parfois très marquées entre les différents types de minerai, l'exemple le plus didactique des Cévennes reste celui du gisement de La Croix de Pallières dans lequel les rapports ²⁰⁶Fb/²⁰⁴Pb s'échelonnent de 18.56 à 18.65, soit une variation de 0.5% (figure 60). Ce phénomène s'apparente, toute proportions gardées, aux zonalités isotopiques relevées dans les gîtes du type Mississippi Valley (Cannon et al, 1963, Doe et Demevaux, 1972).

8.6.6-Implications génétiques et discussion

a) Source du plomb

Pour approcher le problème de la source du plomb et des métaux connexes, nous avons réalisé des analyses isotopiques du plomb sur les principales formations géologiques de la région (figure 57).

L'étude de l'évolution isotopique des granites cevenols (massifs du Mont Lozère et du Guiral-Liron dont dépend le granite de Pallières, se révèle instructive et démontre le rôle joué par ces granites dans la métallogènie du district.

Pour calculer l'évolution isotopique de ces granites, les rapports isotopiques initiaux (à 290 Ma, Vialette,1972 ; Baubron,cette étude) ont été mesurés sur feldspaths potassiques (Michard-Vitrac et al 1981; Brévart et al,1982; cette étude), milieux dépourvus d'uranium et donc à composition isotopique du plomb figée, et les rapports isotopiques actuels sur roche totale.

Figure 57 - Isotopes du plomb des minéralisations du horst de Pallières-Générargues et de la périphérie du bassin de Mialet-Thoiras. Comparaison avec les compositions isotopiques des roches sources potentielles.







SOURCES DU PLOMB

Les équations permettant de calculer les rapports isotopiques à différents temps t sont du type : $(2^{06}Pb/2^{04}Pb)_{t} = (2^{06}Pb/2^{04}Pb)_{t0} + u_{3} (e^{\lambda \omega_{-}} e^{\lambda t})$ (1) avec $(2^{06}Pb/2^{04}Pb)_{t0} = composition isotopique initiale mesurée sur feldspaths potassiques,$ to = 290 Ma $<math>\lambda$ = constante de désintégration de $2^{28}U = 0.15512510-9/an$ (Jäger et Steiger, 1977) u = rapport $2^{28}U/2^{04}Pb$ de la roche après cristallisation.

A l'actuel l'équation (1) devient : $(2^{6}Pb/2^{0}Pb)_{t} = (2^{6}Pb/2^{0}Pb)_{t0} + u_{3} (e^{\lambda_{10}} - 1)$ (2)

L'équation (2) permet de calculer μ 3 (et W3 = ²³²Th/²⁰⁴Pb dans l'équation correspondante pour ²⁰⁶Pb). μ 3 et W3 sont respectivement de 21,8 et 58,8. A partir de là on peut calculer ²⁰⁶Pb/²⁰⁴Pb, ²⁰⁷Pb/²⁰⁴Pb, et ²⁰⁹Pb/²⁰⁴Pb pour différentes époques.

Les rapports isotopiques des deux granites précédents sont proches et évoluent rapidement à cause des valeurs élevées de μ 3 et W3. On peut en effet admettre que l'évolution du granite de l'Aigoual est semblable à celle du granite du Mont Lozère dont il est chimiquement et chronologiquement très proche.

Vers 220 Ma les rapports ²⁰⁶Pb/²⁰⁴Pb et ²⁰⁹Pb/²⁰⁴Pb du granite se situent respectivement vers 18,58 et 38,65, c'est-à-dire des valeurs très voisines de celles du feldspath de l'arkose triasique de Colpart (18,55 et 38,68). La genèse de cette arkose provient donc d'un démantèlement du socle dans lequel l'apport granitique et plus précisément l'apport du granite de Fallières a été déterminant. L'argilite rhétienne de Pradinas admet des valeurs un peu plus élevées (²⁰⁶Fb/²⁰⁴Fb = 18,62 ; ²⁰⁶Fb/²⁰⁴Fb = 38,82) mais il s'agit de valeurs mesurées sur une roche totale de surcroît plus récente (≈205 Ma) que l'arkose de Colpart. On peut donc admettre pour cette argilite une genèse identique à celle de l'arkose et confirmer ainsi l'influence du granite dans la genèse des roches détritiques du horst de Pallières (figure 57).

Figure 58 - Isotopes du plomb des minéralisations de la bordure cévenole sur substratum paléozoique au nord et au sud du horst de Pallières-Générargues à socle granitique.

192



206 Pb / 204 Pb

Cette influence est en accord avec la proximité du massif granitique du Mont Aigoual dont la réapparition locale à la faveur d'une faille (sous le nom de "granite de Pallières"), indique la proximité sous la couverture mésozofque depuis Alès jusqu'à St Hippolyte du Fort.

Cette influence granitique se manifeste dans tous le horst de Pallières puisque les minéralisations triasico-liasiques de cette entité géologique possèdent des compositions isotopiques très proches entre elles (cf. chap. II) et qui se regroupent toutes dans le champ des valeurs les plus élevées (²⁰⁶Pb/²⁰⁴Pb supérieurs à 18,50).

Le champ ainsi défini comprend également les compositions isotopiques du granite de Fallières entre 240 et 190 Ma, ce qui cautionne son rôle de source principale vis-à-vis des minéralisations de la bordure cévenole (figure 57).

L'éloignement du horst de Pallières se traduit au niveau des minéralisations par une baisse des valeurs isotopiques du plomb (2°Pb/2°Pb compris entre 18,28 et 18,45) qui va de paire avec un changement notable du contexte géologique local dominé par le socle cristallin (au Nord) et sédimentaire (au Sud) et non plus par les granites hercyniens (figure 58). Les compositions isotopiques des roches de ce socle (gneiss des Bories, quartzite feldspathique, dolomies du Géorgien) sont en effet beaucoup moins radiogéniques que celles du granite puisque la valeur maximale (mesurée sur roche totale) est de 18,57. Vers 240-200 Ma ces roches du socle admettent donc des valeurs isotopiques proches de 18,30, c'est-à-dire identiques à celles des minéralisations extérieures au horst de Pallières.

La diversité géologique de la région est donc responsable de la dispersion isotopique observée dans les minéralisations. Les gîtes du horst de Pallières subissent une nette influence granitique due à la proximité du massif de l'Aigoual, tandis que les autres puisent l'essentiel de leur plomb dans le socle antégranitique. Ces résultats mettent donc en évidence le rôle primordial de l'environnement géologique local dans l'acquisition d'une signature isotopique.

Cette influence du socle se traduit également par l'apparition dans les paragenèses minérales de sulfosels d'antimoine, de plomb et/ou d'argent (freibergîte, boulangérite, semseyite). Ces minéraux sont révélateurs de la participation du socle cévenol, riche en filons à antimoine, plomb, argent, à la genèse des minéralisations stratiformes mésozoiques. La remobilisaton et la

Figure 59 - Isotopes du plomb des pyrites et oxydes de fer du horst de Pallières et du Bassin de Mialet. Comparaison avec les signatures isotopiques des galènes des gîtes de Carnoules, La Croix de Pallières et Joseph.

ISOTOPES DU PLOMB - PYRITE ET OXYDES



redistribution du plomb à composition isotopique figée des filons du socle dans ces minéralisations stratiformes sont très probables. Ce phénomène d'héritage contribue à abaisser les compositions isotopiques du plomb des minéralisations voisines du socle relativement à celles jouxtant le granite puisque ces filons admettent des valeurs toujours basses (206 Pb/ 204 Pb = 18,30 à Vialas, Marcoux, 1986).

Les fréquentes anomalies en Hg et Tl dans les roches de la couverture mésozolque ont probablement une origine identique.

L'hétérogénéité parfois très marquée d'un gîte stratiforme relève, à notre avis, du facteur temps. La genèse de ces gîtes s'étale en effet sur une longue durée (une genèse que l'on pourrait qualifier de "stalagmitique") et s'inscrit dans un mégacontexte de subsidence qui sous-tend une pérennité des circulations hydrothermales et des failles synsédimentaires guidant les solutions minéralisées.

Le bassin drainant et les circulations dans le socle ont donc toute latitude pour varier au cours du temps, par les jeux de fractures, ou simplement par l'évolution physico-chimique de la "source" (élévation de la température, changement de la salinité par exemple). Les apports successifs sont autant d'épisodes minéralisateurs superposés, même si l'un peut dominer tous les autres, pouvant induire des phénomènes annexes de remaniement. Une conjugaison de tous ces facteurs laisse augurer de la complexité gîtologique (et isotopique) que peut acquérir un gîte stratiforme.

Une étude isotopique sérieuse d'un gîte stratiforme de ce type doit donc s'appuyer sur une bonne connaissance structurale de la minéralisation. La représentativité d'un échantillon est limitée dans le temps et l'espace, à la stricte catégorie gitologique à laquelle il appartient.

Cette hétérogénéité isotopique ne se retrouve pas dans les filons hydrothermaux monophasés à Ba-Pb-F pour les mêmes raisons d'ordre chronologique (E. Marcoux et M. Jébrak, 1987).

La minéralogie et la texture rubanée de ces gîtes filoniens les apparentent à des paléo-sources thermales débouchant à proximité de la surface (A. Ziserman, 1980 ; M. Jébrak, 1978, 1983). Les rubans barytiques matérialisent les pulsations successives de solutions minéralisées circulant le long d'un chenal unique. Le comblement de ce chenal intervient rapidement, probablement en moins de 100000 ans, un laps de temps généralement trop court pour permettre un changement ou même une évolution dans l'alimentation. Une constance isotopique marquée résulte de ce processus dans le cas d'homogénéisation de la solution, une

gîte

condition apparemment bien respectée dans ce type de

b) Rôle et origine des fluides

monogénique.

L'hétérogénéité isotopique constatée entre gîtes voisins permet de préciser les modèles génétiques habituellement proposés. En effet, cette hétérogénéité entre gîtes géographiquement proches (figure 44), appartenant parfois à un même bassin, ne peut s'expliquer que par une disjonction au niveau des sources.

La charge métallique véhiculée par des eaux de surface ou des eaux de formation dans le bassin subit nécessairement un brassage qui tendrait à homogénéiser les compositions isotopiques. Cette absence d'homogénéisation entre gîtes voisins montre que l'essentiel de la charge métallique a été acquise en profondeur. fluides profonds (plutôt d'origine météorique que juvénile) Les remontent à la faveur d'accidents draînants et restituent au mieux les différences isotopiques des roches lessivėes. La discontinuité réseau rhégnatique permettant pas du ne d'homogénéisation isotopique d'ensemble, chaque émergence possède donc ses caractéristiques isotopiques propres, même si on ne peut exclure une participation minime du plomb superficiel véhiculé par les eaux de surface et les eaux de formation.

Cette intervention d'eaux profondes fournit un volume "lixiviable" beaucoup plus considérable que ne l'aurait permis un lessivage par des eaux superficielles, et plus en rapport avec les tonnages accumulés dans ces gisements. Elle cautionne une nouvelle fois la liaison spatiale gisements-fractures majeures et souligne le rôle de métallotectes de ces derniers (A. Ziserman et al., 1982).

La découverte de signatures isotopiques étrangères (87Sr) à l'environnement géologique immédiat (zone externe du horst de Pallières) démontre l'intervention de ces fluides profonds.

8.6.7. Consequences en prospection minière

a) Bases de la méthode de prospection par géochimie isotopique

La "finger-print technique" est une méthode originale d'évaluation des potentialités minières d'un prospect développée par Cannon et al. (1961, 1971), Delevaux et Al. (1967) puis Doe et Stacey (1974). Elle est basée sur une comparaison à l'intérieur d'un district entre les compositions isotopiques des gisements reconnus et celles des prospects en cours de reconnaissance pour évaluer dès premiers stades de l'identification leurs potentialités les économiques. La mesure sur un prospect d'une signature isotopique identique à celle des gisements prouvés de la région ou du district doit être considérée comme un signe révélateur des bonnes potentialités de ce prospect. La signature isotopique dn plomb fournit donc un diagnostic supplémentaire pour évaluer les potentialités économiques des prospects, son but étant de rapporter (ou de ne pas rapporter) le prospect à un type de gîtes usuellement économiques dans la région de recherche.

La démarche adoptée nécessite des points de référence, c'est-àdire des gisements reconnus dans la région prospectée, dont la signature isotopique doit être constante et spécifique pour avoir une valeur réelle de sélection.

Les meilleurs résultats ont été obtenus dans la prospection des gîtes hydrothermaux-sédimentaires (Gulson, 1976, 1984) mais le champ d'application de cette méthode peut s'étendre à certains types de filons et à des gîtes stratiformes de couverture (E. Marcoux, 1986). Les Cévennes fournissent un exemple de ce dernier type d'application.

b) La prospection par géochimie isotopique du plomb en domaine cévenol

mise en route de la méthode est ici difficile car un gîte La possède une signature isotopique souvent variable (La Croix de Pallières, mine Joseph, Largentière, Les Malines). Cependant, la minéralisation principale relève souvent d'un épisode minéralisé unique dont la signature isotopique est constante à l'échelle du gîte et très probablement à celle du district (figure 59). Les valeurs isotopiques de l'ensemble de la mine de Pallières s'échelonnent (rapport 206Pb/204Pb) de 18,56 à 18,65 mais celles de l'amas principal (70 % du minerai de la mine) ne varient que très peu (18,62 à 18,65) (figure 60). Cette valeur isotopique peut être considérée comme symptomatique des amas économiques dans une unité géologique restreinte englobant le gisement de La Croix de Pallières. Dans le gisement même, elle permet de tracer l'amas principal et d'en préciser la géométrie. La minéralisation rencontrée en sondage à 101 m a ainsi pu être rapportée de l'amas principal, alors que celui-ci n'était "attendu" que vers 160 m.

Figure 60 - Isotopes du plomb des galènes du gîte de la Croix de Pallières (Mines de la Vieille Montagne). Comparaison avec la signature du chapeau de fer de La Rode.



Ce décalage souligne le rôle important de la faille relevée dans les travaux miniers aux abords de la zone exploitée de l'amas. Cette unité est cependant délicate à préciser mais semble s'identifier au horst de Pallières puisque, pour l'instant, cette signature isotopique "favorable" n'a jamais été mesurée dans les amas faiblement minéralisés qui le parsèment.

Le fait que le champ défini par les compositions isotopiques de l'amas Joseph ait une partie commune avec celui de La Croix de Pallières ne peut être considéré comme encourageant puisque cette intersection ne se réalise pas au niveau de la composition isotopique de l'amas riche de La Croix de Pallières mais au niveau de celle du minerai concrétionné précoce, beaucoup plus pauvre. Ce diagnostic rejoint le calcul de réserves qui fait état à la mine Joseph d'un stock métal 10 fois plus faible qu'à La Croix de Pallières.

c) L'application aux chapeaux de fer

La géochimie isotopique du plomb est un outil également utilisé sur les chapeaux de fer (B. Gulson et K. Mizon, 1979, Gulson, 1984) pour obtenir des informations complémentaires sur la minéralisation sous-jacente. En effet, dans le cas des "bons" chapeaux de fer, à l'apex de la structure, la composition isotopique de l'amas sous-jacent est préservée grâce à un échange permanent de plomb entre la zone superficielle remobilisée et le stock métallique. Cet échange sans contamination est rendu possible par la grande quantité de plomb contenue dans l'amas qui est suffisante pour imprimer sa composition isotopique au chapeau de fer sus-jacent sans être perturbée par le plomb "étranger" des roches ou des argiles superficielles. Nous nous retrouvons donc dans le cas d'analyses isotopiques sur gites de sulfures massifs. La réponse isotopique obtenue doit alors être comparée à celles des gisements de la région pour évaluer les potentialités économiques du prospect. Cette méthode permet donc d'établir une hiérarchie des potentialités des indices d'une région. Dès que l'on s'èloigne de la structure minéralisée, la diffusion du plomb de l'amas s'atténue et le plomb de l'encaissant, souvent plus radiogénique dans les milieux sédimentaires, se mélange au plomb du gisement et conduit à une hétérogénéité de composition isotopique.

Dans le cas du horst de Pallières, les minéralisations oxydées doivent, pour être considérées comme des jalons de surface d'une minéralisation intéressante, posséder des compositions isotopiques identiques à celles de l'amas principal de Pallières (206Pb/204Pb = 18,61 à 18,65) (figures 59 et 60). Nous avons réalisé des tests sur le minerai oxydé de La Rode interprété comme une résurgence du niveau hettangien minéralisé connu à La Croix de Pallières à St Joseph (figure 60).

La composition isotopique mesurée (²⁰⁶Pb/²⁰⁴Pb = 18,55) semble bien confirmer la structure supposée du horst puisqu'elle est caractéristique du plomb hettangien dans le horst de Pallières. Cependant, cette valeur mesurée fournit un diagnostic réservé quant à l'existence de réserves métalliques appréciables puisque cette composition isotopique est caractéristique, non pas de la venue minéralisée à l'origine de l'amas principal de Pallières, mais de la venue précoce concrétionnée de La Croix de Pallières et de la faible minéralisation de la mine Joseph. L'existence d'un amas massif proche dans le gîte aux mêmes caractéristiques géométriques que La Croix de Pallières reste cependant plausible.

* * *

.

. .
9-SYNTHESE ET CONCLUSIONS GENERALES

La province métallogénique sous cévenole renferme de nombreux gîtes et indices qui representent une accumulation d'environ 1,5 Mt Pb+Zn et 1Kt Ag.

Ces concentrations apparaissent en bordure du craton hercynien du Massif Central à differents niveaux de la couverture sédimentaire mésozoique allant du Trias au Jurassique; ces séries sont carbonatées ou gréseuses à caractère épicontinental.

La présence d'indicateurs pétrographiques et géochimiques de minéralisations cachées a été recherchée à la périphérie des zones minéralisées entre Alès et Saint Hyppolite du Fort (bassin de Mialet-Thoiras) à partir des signatures spécifiques mises en évidence dans les minéralisations -gangue et minerais- des gisements et indices connus (mines de Fallières et de Durfort). Une révision stratigraphique de la série triasique et liasique ainsi qu'une cartographie de détail a éte réalisée dans les zones fortement diagenétisées.

ETUDES GEOLOGIQUES ET GITOLOGIQUES

Les travaux de géologie structurale ont permis de mettre en évidence des phénomènes de fracturation visible depuis l'échelle de l'affleurement jusqu'à celle de la lame mince et d'établir ainsi:

-une chronologie des processus diagenètiques,

-des corrélations entre les périodes de tectonique distensive et les phases de dolomitisation-silicificationminéralisation.

Les minéralisations sont toujours liées à des structures épirogéniques dans des sites sédimentaires induits par cette activité. Ainsi, la faille des Cévennes joue un rôle essentiel comme zone mobile au cours des phases de distension (rifting) du Lias et du Jurassique (naissance de la Téthys). Les principales minéralisations sulfurées à plomb et zinc dominant présentent dans ce district un caractère stratoide marqué avec des degrés variables de conformité aux couches porteuses. La morphologie des principaux gîtes consiste :

-en cavités de dissolution (dans le substratum hercynien ou dans la couverture carbonatée)

-en imprégnation de réservoirs poreux (gréseux ou dolomitiques)

-en filon de couverture et réseau de fractures.

Les trois présentations peuvent coexister dans un même gîte (La Croix de Pallières) ou convergent les métallotectes: structure et réservoir.

Deux grands types de paragenèses sulfurées peuvent être rencontrés dans la série liasique:

-Le type "Fallières" à pyrite-melnicovite-marcasite sphalérite-galène caractérisé par de nombreux minéraux en traces représentés par des sulfures (Cu,Co,As-Fe) et des sulfo-sels (Ag, Cu, As, Sb); ceux-ci donnent un cachet épi à mésothermal aux minéralisations. Le type "Fallières" se retrouve essentiellement localisé dans les minéralisations en amas, de fracture ou disséminées dans les dolomies liasiques recoupées par la structure en horst du granite.

-Le type "Durfort" à sphalérite-galène -fluorine, pauvre en sulfures de fer et à paragenèse peu variée se développe dans la zone tectoniquement moins perturbée du dôme de Durfort à substratum cristallophyllien .Il se dispose en amas stratoides dans des cavités de dissolution au voisinage de failles et en imprégnation plus distale dans le réservoir arènitique du Lotharingien. Une inconformité intra-lotharingienne pourrait servir de drain aux solutions.

Ainsi la définition d'indicateurs pétrographiques et géochimiques, pour ces types de minéralisations, passe par la mise en évidence de l'empreinte des circulations de fluides qui mobilisent et concentrent les métaux aux différents stades d'évolution du bassin et de sa marge.

La connaissance des mécanismes moteurs de ces circulations de fluides est abordée par une étude régionale de l'évolution thermique de la marge sous-cévenole.

Les principaux résultats ont été obtenus par la mesure du degré d'évolution de la matière organique (pouvoir réflecteur de la vitrinite et pyrolyse Rock-Eval). Ils montrent l'existence d'anomalies thermiques au Trias et au Jurassique.

La présence de "points chauds" et de drains vehiculant des solutions salines et chaudes (15-25% eq.NaCl-100 à 150c) est confirmée par les études d'inclusions fluides dans des minéraux néoformés (dolomite-quartz-sphalérite). Ainsi la faille bordière du horst de Pallières - Générargues constitue un de ces grands drains qui recoupe les principaux niveaux minéralisés. La comparaison de ces données avec des datations K/Ar, obtenues sur des minéraux hydrothermaux (muscovite, biotite) ou sur des roches hypovolcaniques (spillites) en filons dans le socle granitique sous jacent, montre que les principales périodes d'activité thermique de la marge se situent au Trias moven (220MA) et dans la période allant du Callovien au Bathonien (150-180 MA).

Ces nouvelles données permettent maintenant de proposer un schéma d'évolution des processus post-sédimentaires (dolomitisation et silicification) intégrant les phases de minéralisations. Ainsi la répartition des figures diagenètiques (dissolution des carbonates -précipitation de dolomite spathique blanche) qui accompagnent habituellement les minéralisations Pb-Zn en environnement dolomitique est commandée en premier lieu par l'existence d'anciens niveaux calcarénitiques (faciés grainstone colithique ou à pellets) formant des volumes réservoirs séparés par des horizons de lithologie différente jouant le rôle d'écran imperméable (dolomicrite, marne, argile).

Ces niveaux qui représentent des réservoirs potentiels, sont individualisés à l'Hettangien, au Sinémurien et au Bathonien . Cette notion de réservoir peut être étendue aux corps clastiques à forte porosité de la base du Trias.

ETUDES PETROGRAPHIQUES

couples Les résultats de la cathodoluminescence des carbonates études pétrographique et cristallochimique (microsonde) des aux qu'il carbonates, montrent existe. dans les réservoirs liasiques, relation dolomitiques une directe entre les différentes phases de cimentation des fentes ou des cavités de et les phases de nourrissage des dolomites dissolution (cimentation du réservoir).

Il est ainsi possible de définir une organisation très stricte dans la chronologie des différentes phases autigènes. L'apparition des sulfures peut être replacée dans une séquence type d'enchainement de phases de croissance séparées par des discontinuités (fractures, dissolution, brèches).

Les zones les plus fortement minéralisées (Croix de Pallières. Joseph) affectées par une profonde transformation de la roche originelle présentent des dolomites spathiques de gangue caracterisées par une luminescence spécifique et une répartion zonée du fer (dolomite ferrifère -ankérite). Ce caractère petrogenètique particulier qui s'inscrit dans une séquence de cristallisation, peut être considéré comme une signature de la phase métallogénique. Il a été retrouvé dans des dolomites à la périphérie des amas minéralisés même lorsque les recristallisations n'affectent qu'un faible volume des roches encaissantes. De tels indicateurs permettent ainsi de reconnaitre les zones pétrographiques minéralisateurs affectées par les fluides au delà de l'environnement proche du gîte.

ETUDES GEOCHIMIQUES

Compte tenu du petit nombre de données géochimiques existantes sur les gîtes de la Bordure Sous Cévenole, la recherche d'indicateurs géochimiques applicable à cette province métallogénique a necessité une étude des signatures en éléments -traces et une caractérisation isotopique des principaux types de gangue et de minerais.

ETUDE GEOCHIMIQUE DES MINERAIS

ETUDE DES ELEMENTS EN TRACE

Les minerais de type "Pallières" se caractérisent par la présence d'élements en trace, non exprimés minéralogiquement, tels que le germanium, le mercure, le thallium, ces métaux forment des associations géochimiques du type :

-Fe-As-Tl-Hg :le minéral porteur dominant correspond aux sulfures de fer (pyrite, marcasite et surtout melnicovite), -Zn-Cd-Hg-Co-Ge :le minéral porteur dominant est représenté par la sphalérite,

-Pb-Sb-As-Ag :les minéraux porteurs sont essentiellement la galène et sulfosels.

A Durfort, le cortège géochimique est beaucoup plus pauvre (Cd,As-Sb); seule la présence de fluor (fluorine) singularise la gangue de ces minerais.

La présence à Pallières de mercure en trace à la fois dans les l'amas principal, dans les chapeaux de fer et dans minerais de l'encaissant dolomitique, confirme les apports par des fluides hydrothermaux d'éléments chimiques étrangers à la couverture carbonatée. Cette observation nous a conduit à rechercher cet dont l'analyse peut être facilement mise en element volatil, oeuvre, comme indicateur de minéralisations cachées dans : -les oxydés jalonnant la structure faillée du horst,

-les dolomies prélevées dans les sondages miniers recoupant le Trias-Lias (150 ech),

-les sols (565 ech.) prélevés sur une zone sélectionnée à la suite d'une campagne de géochimie stratégique et qui présentait une anomalie polymétallique (Pb-Zn-As-Sb-Ag)

L'analyse du mercure par absorption atomique (Scintrex HGG-3) montre une bonne persistance du signal Hg dans les oxydés de fer et les sols.

Une cartographie de la répartition du mercure souligne l'existence d'anomalies Hg superposées aux niveaux réservoirs des liasiques. Ce résultat est en bonne correlation avec formations les autres indicateurs As-Sb-Ag. Localement, la distribution des mercure se structure suivant anomalies importante en une direction ESE-WNW correspondant à une faille normale.

Ainsi, pour l'exploration de cette zone, le mercure peut être considéré comme un bon indicateur de dispersion primaire ou secondaire à partir de la minéralisation cachée recherchée.

ETUDES ISOTOPIQUES DES MINERAIS

Des études isotopiques (isotopes du plomb et du soufre) ont été entreprises sur les principaux sulfures (pyrite, sphalérite, galène) et barytine .

isotopes du soufre des sulfures nous Les apportent des renseignements sur les conditions de genèse des minéralisations. Ils montrent des valeurs homogène en delta "S pour la galène et la sphalerite.Les valeurs négatives (delta "S varie de -18 à -24) indiquent une origine sédimentaire pour le soufre et un milieu ouvert vis à vis des sulfates. Four les minerais de type Pallières, bien que l'équilibre isotopique ne soit pas atteint tous les couples blende galène, dans les températures de précipitation déduites à partir de la comparaison du fractionnement du couple sphalérite-galène ($\Delta \simeq 3\%$,) donnent une valeur proche de 200 degrés voisine de celles obtenues par les inclusions fluides (150 degrés).

Pour la pyrite, les valeurs sont plus dispersées (entre -4.9 et - -22.3),elles indiquent pour ce mineral ubiquiste, un milieu de formation plus hétérogène, évoluant localement (mine Joseph) en système clos.

La géochimie isotopique du plomb, (mesure des rapports isotopiques ²⁰⁶Pb/²⁰⁴Pb,²⁰⁷Pb/²⁰⁴Pb et ²⁰⁰Pb/²⁰⁴Pb), a été utilisée dans un premier temps pour caractériser les signatures des principales minéralisations du secteur. L'interprétation de plus de 70 mesures, réalisées éssentiellement sur la galène, montrent:

-Un champ de répartition étendu des valeurs des compositions de plomb de type "Hercynien" d'un gîte à l'autre (2007Pb/204Pb=18.28 à 18.95 ; 2007Pb/204Pb=38.37 à 38.90), souligne l'influence de nombreuses sources métalliques à l'échelle de la province.

-L'existence d'une empreinte régionale du plomb qui permet de différencier les minéralisations de la couverture sédimentaire : (I) du Bassin de Mialet-Thoiras, Pallières sur substratum granitique, enrichies en isotopes radiogéniques (granite à biotite tardi-hercynien uranifère), (II) du dôme de Durfort, des Malines, de Bois-Madame ou d'Alès sur substratum paléozoique schisteux ou carbonaté plus pauvre en plomb radiogénique.

-Une composition homogène des compositions du plomb pour un même gisement ; elle est indépendante de l'age de l'encaissant (Trias ou Jurassique). Cette homogénéité souligne les phénomènes d'héritages et de remobilisation locale.

-La possibilité d'utiliser la technique isotopique des "finger-print" sur les chapeaux de fer (conservation de l'information isotopique) afin d'évaluer la potentialité d'un indice de surface par comparaison avec la signature d'un gisement proche.

CARACTERISATION GEOCHINIQUE DES GANGUES CARBONATEES

A la suite des études pétrographiques et chimiques effectuées à la microsonde (analyse ponctuelle de Ca, Mg, Fe, Mn, Zn), quatre types de carbonates ont été différenciés :

-les dolomies de l'encaissant,

-les dolomites spathiques épigenètiques (fréquemment plus riches en fer) cimentant les fractures et les cavités de dissolutions -les dolomites et calcites de la gangue des minéralisations.

-les ciments calcitiques des fentes et fractures non minéralisées.

Ces différentes générations de carbonates correspondent aux principales séquences de cristallisation révélées par la cathodoluminescence.

La caractérisation géochimique de ces minéraux ubiquistes a été renforcée par le couplage de techniques d'analyses isotopiques comme la mesure des rapports "0/"0,"C/"C et "Sr/"Sr

réalisée sur des phases séparées par microprélevement . L'interprétation de plus de 70 mesures permet de distinguer deux grandes populations de carbonates :

-La première population correspond aux dolomies stériles de l'encaissant qui resultent de la dolomitisation diagenètique des calcarénites liasiques. Elles se caracterisent par un rapport ⁶⁷Sr/⁶⁴Sr voisin de 0.7090, (proche de celui de l'eau de mer à cette époque =0.7085) et un rapport ¹⁶O/¹⁶O (smow) compris entre +20 et +25. Celui-ci montre un léger appauvrissement en isotopes lourds attribuable au faible effet thermique dû à l'enfouissement (maxi. 1500 m).

-La seconde population comprend les carbonates associés des minéralisations et aux recristallisations aux gangues épigénétiques (dolomites type DCR-rythmites) ou en ciment de fentes et de fractures. Cette population se distingue à la fois augmentation strontium par une en radiogénique et תנו appauvrissement en isotopes lourds de l'oxygène. Les mesures du rapport ¹³C/¹²C présentent une même tendance à la diminution des isotopes lourds avec des delta ¹³C qui varient de (vs FDB) +2.6 pour les dolomies encaissantes à -4 pour les

ciments des fentes.

Ces résultats peuvent être interprétés comme un changement dans la nature des fluides au cours de l'évolution diagenètique des carbonates en particuliers lors de la mise en place des minéralisations sulfurées.

Far ailleurs l'augmentation en strontium radiogénique et la diminution du rapport ¹³C/¹²C marquent l'influence d'eaux d'origine météorique recyclée dans un bassin sédimentaire où elle léssive soit le granite altéré, soit les niveaux détritiques ou confinés du Trias basal.

Le fluide peut ainsi réagir avec des silicates (enrichissement en "Sr) et dissoudre sulfates et sels comme en témoignent les inclusions fluides à forte salinité (15 à 25% eq.NaCl).

L'appauvrissement très net en oxygène 18 indique un fractionnement isotopique due à l'élèvation de température du fluide; ce processus est confirmé par les températures d'homogénisation des inclusions fluides (Th moyen=150 degrés).

Ces données confortent le schéma génetique proposé antérieurement par Aubague et al, 1982 et Sureau et al, 1984. Ces auteurs considèrent en effet ces minéralisations comme des dépôts dus à des circulations hydrothermales ascendantes . Par ailleurs l'utilisation de ces techniques isotopiques permet de différencier les carbonates épigenètiques qui précipitent à minéralisateur, partir du fluide des de dolomies recristallisation diagenétique, contribue à définition la de nouveaux indicateurs du passage du fluide métallogénique.

CONCLUSION GENERALE

L'action de recherche concertée nous a permis de replacer les principales minéralisations de la zone étudiée dans le contexte géodynamique de l'évolution de la marge téthysienne (chronologie des événements thermiques). Le cadre géologique (cartographie) et la stratigraphie locale ont été révisés.

Une étude structurale détaillée a mis l'accent sur l'importance des phases de distension liasiques dans la mise en place des minéralisations sulfurées.

Un lien a pu être établi entre l'évolution tectonique, les processus dia et épigenétiques affectant la couverture carbonatée liasique et les concentrations minérales.

Après avoir replacé les phases métallogéniques dans l'histoire diagenétique des roches encaissantes et vérifié l'importance des moteurs et des processus qui ont abouti aux concentrations métalliques, il est possible de proposer à l'exploration minière, des techniques pétrographiques (cathodoluminescence) et géochimiques (éléments traceurs, isotopes) susceptibles de fournir une signature spécifique des gîtes de référence et de servir d'indicateurs possibles de concentrations cachées.

10-BIBLIOGRAPHIE

ARNAUD H., GIDON M., PAIRIS J.L., (1977) - Précisions sur la structure des chaines subalpines méridionales dans la région de Faucon-Turriers-Clamensane (Alpes-de-Haute-Provence). Géologie alpine, 53, pp. 5-34, 16 fig.

ARRONDEAU J.F.,(1982) - Etude sédimentologique du Lias inférieur carbonaté du seuil caussenard et de ses abords. Thèse 3 cycle Nantes.

AUBAGUE M., ORGEVAL J.J., SOULIE M., (1977) - Les gîtes minéraux de la terminaison méridionale du massif central et de sa bordure languedocienne (éssai de synthèse)., Bull.B.R.G.M., section II, n 3,pp 139-181.

AUBAGUE M., GIOT D., LE NINDRE Y.M, L'HOMER A., LELEU M., SUREAU J.F., BARBIER J., ORGEVAL J.J., BODEUR Y., LE STRAT P., (1980) - Recherche de guides de prospection pour les gîtes Pb-Zn liés aux strates en environnement carbonaté. Juin 1980, A.C. DGRST 76 07 0024.

AUBAGUE M., COUMOUL A, LE NINDRE Y.M., L'HOMER A., SUREAU J.F., (1981) - Recherche de guides de prospection pour les gîtes Pb-Zn liés aux strates en environnement carbonaté. Deuxième phase. Le gîte de la Croix de Pallières (Bordure cévenole, Gard). A.C. DGRST, 70 07 0211.

AUBAGUE M., LEFAVRAIS-RAYMOND A., (1974) - Lias et Dogger de la Bordure cévenole. (Retombée orientale du dôme de Gorniès). Implications paléogéographiques. Bull. B.R.G.M., Fr., section I, nx 1, p. 11-22.

AUBAGUE M., LEFAVRAIS-RAYMOND A., L'HOMER A., MICHARD A.G., (1977) - La sédimentation liasique carbonatée du Bassin Caussenard. Symposium "Jurassique Ouest-Européen", Paris. AUBAGUE M., GIOT D., SUREAU J.F., (1986) - Le gîte de Bois-Madame (Herault) : Une minéralisation Pb-Zn de milieu confiné en plateforme carbonatée. Sci. Geol., Bull., 39, 3, pp 251-262.

BARFETTY J.C., GIDON M., (1980) - Fonctionnnement synsédimentaire liasique d'accidents du socle dans la partie occidentale du massif du Pelvoux (région de Venosc, Isère). Bull. B.R.G.M. Fr., I, nx 1, pp. 11-22.

BARFETTY J.C., GIDON M., (1982) - Conséquences paléotectoniques de la découverte de l'âge jurassique supérieur d'une partie de la couverture ouest du massif du Pelvoux. C.R. Acad. Sci. Fr., 294, (2), pp. 1013-1016, 1 fig.

BAUDRIMONT A.-F., DUBOIS P., (1977) - Un bassin mesogéen du domaine périalpin : le Sud-Est de la France. Bull. Centres Rech. Explor.- Prod. Elf Aquitaine. Pau, 1, nx1, pp 261-308, 24 fig., 1 tabl.

BEAUDOIN B. (1977) - Méthode d'analyse sédimentaire et reconstitution du bassin : Le Jurassique terminal - Bérriasien des chaines subalpines méridionales. Thèse Doctorat Etat, Caen, 339 pages.

BEAUDOIN B., (1980) - Le bassin subalpin au mésozíoque. Mém. B.R.G.M. Fr. nx 107, pp 284-291, fig. 8-20 à 8-27.

BEAUDOIN B., FRIES G., PINOTEAU B., (1985) - Calcul des coefficients de décompaction et estimation des paléorecouvrements. GPF 1- Thème 11, Doc., B.R.G.M., 81-11.

BERNIER P. (1967) - Etude géologique du Jurassique moyen et du Jurassique supérieur du Sud des Cevennes. Thèse 3 cycle, Paris.

BODEUR Y. (1976) - Le complexe récifal jurassique supérieur au sud des cévennes : architecture sédimentologique. C.R. Acad. Sci. Paris, 282, pp 835-837.

BODEUR Y. (1976) - Evaluation de l'amplitude du décrochement cévenol par le décalage des faciès récifaux portlandiens des environs de Ganges (Herault). C.R. Acad. Sci. Paris, 282,pp 961-963.

BOILEAU G., MONTADERT L., LEMOINE M., BIJU DUVAL B., (1984)- Les marges continentales actuelles et fossiles autour de la France. Eds Masson, Paris. France.

BONIJOLY D., GERMAIN H., (1982) - Histoire tectonique post- hercynienne du Bassin d'Alès (Gard). Rapp. B.R.G.M. Orléans, nx 82 SGN 693 GEO, 24p., 13 fig., 2 pl.

BONIJOLY D., DELFONT G.(1982) - Etude du Bassin des Causses et de la bordure cévenole par la télédetection et la géologie structurale. Doc., B.R.G.M.,46.

BOSTICK N; (1979)- Microscopic measurement of the level of catagenesis of solid organic matter in sedimentary rocks to aid exploration for petroleum and to determine former burial temperatures- a review. SEPM Spec. Pub., 26, 17-43.

BOURBON M., (1980) - Evolution d'un secteur de la marge Nord-Téthysienne en milieu pélagique : la zone briançonnaise, près de Briançon entre le début du Malm et l'Eocène inférieur. Thèse, Strasbourg, 580 p., 32 pl.

BREVART O., DUFRE B., ALLEGRE C., (1982)- Metallogenic provinces and the remobilization process studied by lead isotopes : lead zinc deposit from the southern Massif Central (France). B.R.G.M. ed., (1984) - Synthèse géologique du Sud-Est de la France. 2 vol. Mémoires B.R.G.M. nx125 (Stratigraphie et paléogéo-graphie) et nx126 (Atlas).

BRUNET M.F., (1984)- Subsidence de la bordure ardéchoise du bassin du sud-est. GPF 1 : Thème 11, Doc. B.R.G.M.,95-11. COADOU A., BEAUDOIN B., (1972) - Manifestations tectoniques du Lias moyen au Dogger dans les chaines subalpines méridionales. C.R. som. Soc. Géol. Fr. nxô, p. 236, 1 fig.

BURKE W.H. et al (1982)- Varition of seawater 87Sr/86Sr throughout Phanerozoic time. Grology, V10, pp 516-519.

CANNON R.S., PIERCE A.P., ANTWEILLER J.C., BUCK K.L.(1961)- The data of lead isotope geology related to problems of ore genesis. Econ.Geol. 56, 1-38.

CANNON R.S., PIERCE A.P., ANTWEILLER J.C (1971)- Suggested uses of lead isotopes in exploration. Proc.Third Int. Geoch.Explor.Symp.Canadian Inst. mining metal.Spec. 11,457-469.

CHAREF A. (1983)- Les minéralisations cambriennes et karstiques Pb-Zn du district des Malines (Gard, France). Geochimie isotopique, pétrographie et phases fluides. Doct. Spec., INPL, Nancy.

COLONGO M., ELMI S. & SFY-ANDERSON, (1979)- Changements dynamiques dans le comportement tectono-sédimentaire d'un secteur de la marge cévenole au passage Trias-Jurassique (région des Vans, Ardèche). Réun. ann. Sci. Terre, Lyon, p. 122.

CONNAN J., ORGEVAL J.J., (1977) - Un exemple d'application de la géochimie organique en métallogénie : La mine des Malines (Gard, France). Bull. Centr. Rech. Elf Aquitaine 1,1, pp 59-105.

COUMOUL A., LE NINDRE., (1984) - Le Lias inférieur entre Alés et

214

Durfort (bassin de Mialet Thoiras, dôme de Durfort). GPF1. Thème 11. Doc. B.R.G.M., 81-11.

COUREL L., CULA P., GAUBERT J.C., GIOT D., ROGER J., VINCHON C., (1985) - Caractérisation des ensembles sédimentaires de la partie inférieure du Trias de la Bordure ardéchoise (Région de Privas). G.P.F.2, th. 11, Subsidence et Diagenèse (Ardèche), documents du B.R.G.M nx 95-11.

DARDEAU G., (1978) - Un dispositif seuil-bassin dans le Lias et le Jurassique des Alpes maritimes, prolongement vers le Sud-Est des structures du Bassin de Gap - Digne. C.R. som. Soc. Géol. Fr., nx4, pp. 173-177, 3 fig.

DE CHARPAL O., TREMOLIERES P., (1974)- Un exemple de tectonique de plate-forme : les grands causses (Massif Central, France). Technip eds. vol. XXIX,5, 74028.

DELEVAUX M.H., DOE B.R., BROWN G.F.(1967)- Preliminary lead isotope investigations of brine from the red sea galena . Earth Planet.Sci.Lett., 3, 139-144.

DELFAUD J.,(1973) - Un élément majeur de la paléogéographie du sud de la France au Jurassique moyen et supérieur : le haut fond occitan. C.R.som.Soc.Géol.Fr.,p 59.

DELFAUD J. (1977) - La sédimentologie en liaison avec la dynamique de Bassin : role du climat. Bull.Centr.Rech.Expl.Elf Aquitaine,1,1,191-216,13 fig.

DOE B.R., STACEY J.S. (1974)- The application of lead isotopes to the problem of ore genesis and ore prospect evaluation : a review. Econ.Geol., 69, 757-776.

DUBOIS F., YAPAUDJIAN L., (1975) - Excursion dans le Jurassique moyen et supérieur des Causses et du Bas-Languedoc. 9x Congr. Intern. Sédim. Nice, excursion 21. DUCHESNE J.C. (1964)- Présence de Thallium dans les sulfures de fer de la mine de Pallières (Gard, France). Ann.Soc.Géol.Belgique., 87, 7, pp225-231.

DUCHESNE J.C., ROUHART A., SCHOUMACHER C., DILLEN H., (1983)-Thallium, nickel, cobalt and other trace element in iron sulfides from Belgian lead- zinc vein déposits. Mineralium deposita, 18, pp303-313.

ELMI S., (1980) - Jurassique de la bordure ardéchoise du massif central français in P. C. DE GRACIANSKY et M. LEMOINE : paléomarge de la Téthys dans les Alples occidentales : du massif central français aux ophiolithes liguro-piémontaises. Géol. alpine, Grenoble, t. 56, p. 126-129.

ELMI S., (1967) - Le Lias supérieur et le Jurassique moyen de l'Ardèche. Doc. Lab. Fac. Sci. Lyon, nx19, fasc. 1-3, 845 p., 206 fig., 17 pl.

ELMI S., (1975) - Feuille Largentière à 1/50000 et notice géologique (partie jurassique).

ENAY R., (1966) - L'Oxfordien dans la moitié sud du Jura français. Etude stratigraphique. Nouv. Arch. Mus. Hist. nat. Lyon, nx 8, 1-2, 624 p., 178 fig., 40 pl.

GRAF D.L. (1960)- Geochemistry of carbonate sediments ans sedimentary carbonate rocks. Circular 301 Illinois State Geological Survey.

Géologie profonde de la France. Thème 11 - Subsidence et diagenèse de la bordure ardéchoise du Bassin du Sud-Est. Docum. B.R.G.M., Orléans, nx 81-11, p. 45-58, 4 text. fig., 6 pl.

GOTTIS M. (1957) - Contribution à la connaissance géologique du bas-Languedoc. Thèse Etat Montpellier, eds TEX, Bordeaux,344p.

Groupe Français d'étude du Jurassique (1971)- Les zones du Jurassique en France. C.R.som.Soc.Geol.Fr., pp 76-102.

Groupe Français d'étude du Jurassique (1980)- Synthèse paléogéographique du Jurassique français. Doc. Lab. Géol. Lyon, 5,210 pages.

GULSON B.L. (1976)- Exploration and mapping around a base metal sulphide deposit using trace lead isotopes. Mineralium Deposita, 11,1-5.

GULSON B.L. (1984)- Uranium lead and lead-lead investigations of mineral from the Broken Hill lodes and mine sequence rocks. Econ.Geol. 79, 476-490.

HOEFS J. (1980)- Stable isotopes geochemistry. in ,Mineral, Rocks and Inorganic Materials. vol.9, Springer-Verlag.

HIRN A., (1980) - Le cadre structural profond d'après les profils sismiques, in Evolution géologique de la France, A. Autran & J. Dercourt (ed.), Mém. B.R.G.M., 107, p. 34-39.

HONJO S., TABUCHI H., (1970)- Distribution of some minor elements in carbonate rocks. Pacific Geology 2, 41-79.

JEBRAK M. (1978)- Le filon des Farges et les minéralisations à barytine fluorine, galène du district d'Ussel dans leur cadre géologique (Massif Central Français). Thèse 3 cycle Orleans.

JEBRAK M. - Un hydrothermalisme Permien supérieur à fluorine sur ls marges du fossé bourguignon. C.R.Acad.Sci.Fr., série C, 484-488.

KARWEIL J. (1975)- The determination of paleotemperatures from the optical reflectance of coaly particles in sediments. Coll. CNRS, Paris 1973, pp195-203.

LANCELOT J., SARAZIN G., ALLEGRE C.J. (1971)- Composition isotopique du plomb et du soufre des galènes liées aux formations sédimentaires. Interprétation géologiques et géophysiques. Contr.Mineral.and Petrol., 32, 315-333.

LANCELOT J., DE SAINT ANDRE B., DE LA BOISE H. (1984)-Systèmatique U-Pb et évolution du gisement d'uranium de Lodève (France). Mineralium Deposita, 19, 44-53

LAND L.S. (1980)- The isotopic and trace elements geochemistry of dolomite the state of the art. S.E.P.M. Special Pub. 28.

LEENHARDT R. (1972) - Le gîte plombozincifère de la Croix de Pallières. Bull. B.R.G.M., II, 3, pp1-21.

LE NINDRE Y.M., COUMOUL A., (1984) - Le Lias inférieur entre Alès et Durfort (bassin de Mialet-Thoiras, dôme de Durfort) bordure cévenole - Gard - France, in Cooloque national :

LEMOINE M. (1985) - Structuration jurassique des Alpes occidentales et palinspatique de la Téthys ligure. Bull.Soc.Géol.Fr.,1, pp 126-137.

LE STRAT F., (1981) - Jurassique des Causses, languedoc, bordure cévenole ; essai de synthèse géologique. 2ème semestre 1980. A.C. DGRST 008 79 07 MPPF.

LIPMANN F. (1973) - Sedimentary carbonate minerals : in Springer Verlag eds.

MAC CREA J.M. (1950)- The isotopic chemistry of carbonates and a paleotemperature scale. J.Chem.Phys., 18, 849.

MARCOUX E. (1986)- Isotopes du plomb et paragenèses métalliques, traceurs de l'histoire des gîtes minéraux. Document BRGM 117.

MERCIER D., (1977) - Les modalités de la transgression jurassique dans la zone Briançonnaise (région de Briançon, Hautes Alpes). Etude stratigraphique et sédimentologique. Thèse 3x cycle, Paris, pp. 1-351, (51 fig., 5 tabl., V pl., 20 pl. photos.

MICHARD A.-G., AUBAGUE M., LEFAVRAIS-RAYMOND A., L'HOMER A., (1979) - Le Lotharingien supérieur dans le bassin des Causses. Stratigraphie et évolution du bassin. Bull. Soc. Geol. Fr. (7), 21, nx 1, pp 3-70.

MICHARD A.G., COUMOUL A. (1978)- La sédimentation liasique des Causses: Controle des minéralisations Zn-Pb associées au Lotharingien. Bull., B.R.G.M., sect. II, 2, pp57-120.

MICHARD-VITRAC A., ALBAREDE F., ALEGRE C.J. (1981)- Lead isotopic composition of hercynian granitic K-feldspars constrains continental genesis. Nature, 291, 461-464.

MILLIKEN K.L., LAND L.S., LOUCKS R.G., (1981)- History of burial diagenesis determinated from isotopic geochemistry ,Frio formation, Brazoria county, Texas.AM.Assoc.Pet.Bull., 65, 1397-1413.

OHMOTO H., RYE R.O. (1979) - Isotopes of sulfur and carbon. in Geochemistry of hydrothermal deposits 2nd edition. Barnes eds. Wiley- interscience.

PETERMAN Z.E, HEDGE C.E., TOURTELOT H.A. (1970)- Isotopic composition of strontium in sea water throughout Phanerozoic time. Geoch.Cosmo.Acta, 34, pp 105-120.

PINCKNEY O.M., RYE R.O., (1972)- Variation of 180/160, 13C/12C, texture and mineralogy in altered limestone in the Hill Mine,

Cave in Rocks district, Illinois. Econ.Geol., vol.76, pp 1-18.

POIDEVIN J.L. (1973)- Etude métallogénique de la partie orientale du massif granodioritique de Saint Guiral Liron et de son encaissant métamorphique. Thèse 3 cycle Montpellier.

RECROIX F., (1981) - Etude géologique et métallogénique du Bassin triasique d'Alès : sédimentologie, paléogéographie ; relation des minéralisations avec les ombilics de subsidence à évaporites et les structures positives à séries réduites. Thèse Doc. 3 Cycle, Paris, 214 p.

ROEDDER E. (1979) - Fluid inclusion evidence on the environments of sedimentary diagenesis, a review. SEFM Spec. Pub., 26, 89-107.

ROSENBERG H.H., FOIT F.F., (1979) -The stability of transition metal dolomites in carbonates systems : a discussion.Geoch. Cosmoch.Acta, 43, pp. 951-955.

SFY-ANDERSON F.L., (1980) - La bordure vivaro-cévenole au Trias dans la région des Vans (Ardèche) : histoire tectonosédi- mentaire, évolution diagénétique d'encroûtements dolo-mitiques de piémont et de plaine alluviale. Thèse Doct. Spéc. Lyon, inédit 158 p., 50 fig., 6 tabl., 3 pl., 2 cartes.

Synthèse Géologique du Sud Est de la France (1984) - mémoire B.R.G.M. n 184.

SHEPPARD S.M.F. (1984)- Stable isotope studies of formation waters and associated Pb-Zn hydrothermal ore deposits.in Themal Phenomena in sedimentary basin. Coll.Colloques et Seminaires n 41. Technip eds.

SAPIN M., HIRN A. (1974)- Presults of explosion seismology in the southern Rhône valley. Ann. Geophys., 30, 2,pp 181-202.

SCHMITT J.M., BAUBRON J.C., BONHOMME M.G. (1984)- Pétrographie et datations K/Ar des transformations minérales affectant le gîte uranifère de Bertholène (Aveyron). Mineralium Deposita, 19,pp123-131.

SUREAU J.F., AUBAGUE M., LENINDRE Y.M., LHOMER A., (1984)- Acase of complex diagenesis with thermal events in dolomitic series : the Pb-Zn ore deposit of the Croix de Pallières (Gard, France). in Themal Phenomena in sedimentary basin. Coll.Colloques et Seminaires n 41. Technip eds.

TAYLOR H.P. (1974)- The application of oxygen and hydrogen isotope studies to problems of hydrothermal alteration and ore deposition. Econ.Geol.69,843-883

VERAES G. (1980)- Contribution à l'étude de la province métallogénique sous cévenole : Les gîtes de Montardier, La Sanguinède et 102, district des Malines (Gard, France). Thèse Montpellier.

VITRY F., (1982) - La bordure orientale du massif central au Lias inférieur dans le Mont d'Or lyonnais et le Bas-Beaujolais (Rhône). Sédimentation, diagenèse et paléogéographie. Thèse 3x cycle, Univ. Cl. Bernard Lyon I, 173 p., 64 fig., 5 pl.

ZARTMAN R.E. (1974)- Lead isotopic provinces in the cordillera of the western U.S.A. and their geologic significance. Econ.Geol. 69, 792-805.

ZISERMAN A. (1964) - Etude géologique et métallogénique de la région Alzon, Le Vigan (Gard). Thèse Doctorat Paris.

ZISERMAN A. et al. (1980)- Les gisements baryto-fluorés du bassin de Chaillac (Indre). 26e CGI, D3, mémoire BRGM n 104.





Г

 \vdash

ł

1

PLAN

.



1



ANNEXE 1

87 DAM 012 DEX mars 1987

Contrat nº MSM-041-F

Y. M. LE NINDRE C. JEUDY DE GRISSAC

BUREAU DE RECHERCHES GEOLOGIQUES ET MINIERES SERVICE GEOLOGIQUE NATIONAL Département Carte Géologique et Géologie Générale BP 6009 - 45060 ORLEANS CEDEX 2 (France)



\$

RESUME

La description détaillée des faciès les plus caractéristiques du Lias moyen et supérieur et du Dogger basal dans la zone sous cévenole permet de définir d'une manière assez précise une série de référence pour cette région. La succession observée illustre divers aspects de la sédimentation de plateforme externe et de bassin qui prend place au cours de la mégaséquence transgressive liasique. L'approche biostratigraphique associe au découpage en zones d'Ammonites * les informations apportées par l'examen de la microfaune.Par rapport à notre contribution de GPF1 (1984), des précisions sont apportées concernant le Carixien et l'Aalénien supérieur.

Les milieux de dépôt se répartissent du domaine circalittoral au domaine bathyal. Dans ce contexte des influences de talus sont mises en évidence.

La série argilo-calcaire de la période Domérien-Bajocien, simplement abordée ici par un de ses faciès sera ultérieurement étudiée sous divers aspects.

-:-:-:-:-:-

* Grâce à la collaboration de A. LEFAVRAIS. ** B.R.G.M. - SGN/GED - ORLEANS



Figure 1 - Plan de Position des Stations Echelle 1/100.000

Les dépôts du Lias et du Dogger basal s'organisent globalement dans la zone sous-cévenole au Sud-Ouest d'Alès en une mésaséquence marine transgressive (1).

Cependant, des précisions restaient à apporter quant à la stratigraphie locale du Lias et l'interprétation des milieux de dépôt. L'aspect stratigraphique a déjà été abordé pour les formations comprises entre le Rhétien et le Carixien du Bassin de Mialet-Thoiras et du Dôme de Durfort (2). Il y manquait une typologie à différentes échelles des facies caractéristiques permettant de tendre vers la définition d'une série de référence. Pour des raisons d'homogénéité du thème et des méthodes, nous avons choisi de focaliser nos observations sur les séries post-hettangiennes en les poursuivant jusqu'au terme jugé le plus profond.

L'approche du contexte sédimentaire a été faite à partir d'une coupe stratigraphique type peu diagénétisée où l'évolution des facies est progressive du Sinémurien au Carixien (Coupe des Puechs), complétée par des observations faites au Nord de Saint Hyppolyte du Fort (Lotharingien-Carixien de l'église de Cros) et dans la région d'Anduze (Aalénien) (Figure 1).

La coupe des Puechs montre des facies de biocalcarénite fine à faisceaux argileux avec ou sans chailles, des arénites plus grossières à encrines lithoclastes et quartz présentant des rides et des stratifications des bancs massifs à gryphées, des calcaires bleutés fins durs à cassure noire silexoïde et interbancs argileux (Fiches YLN 84 - 24 à 32).

A l'église de Cros, on observe une alternance entre des calcaires silicifiés noirs ou des cherts, des biocalcarénites fines slumpées et des calcarénites plus grossières avec de brefs intermèdes à encrines et litheclastes. L'analyse des microfaciès montre l'identité de ce contexte avec la coupe des Puechs, les phénomènes d'instabilité étant ici plus manifestes (Fiches YLN 84 - 16 à 18).

La plupart de ces échantillons sont des biomicrites à Silispongiaires et (ou) à Crinoïdes.

Ce sont des faciès riches en biophase et souvent bioturbés.

La micrite est fréquemment imprégnée de pigments pyriteux.

La faune est largement dominée par des débris de macrofaune, surtout des débris de Crinoïdes et de Silispongiaires.

La microfaune est représentée par des Foraminifères benthiques peu diversifié s essentiellement des Nodosariidés, parfois juxtaposés à quelques tests arénacés de type Verneuilinidé.

Aucune forme ayant une valeur biostratigraphique précise n'a pu être identifiée.

les Nodosariidés observés sont des formes déterminables en résidu de lavage et non en lame mince.

Aucun spécimen de l'espèce très caractéristique *Involutina liassica* (JONES) n'a été recensé. Cette forme est fréquente dans le Lias alpin.

En l'absence de tout "marqueur", seul un âge liasique indifférencié peut être attribué à cet ensemble d'échantillons par la microfaune.

En fonction de divers critères :

- l'absence d'Involutines,
- la présence quasi-exclusive de Nodosariidés,
- la fréquence des Silispongiaires et des C rinoïdes qui constituent un dipôle et se remplacent alternativement,
- la rareté de tout autre organisme à part quelques bioclastes épars,
- l'examen des structures sédimentaires,
- la comparaison avec les faciés du Lias des Alpes. du Maroc. d'Oman

Il paraît logique de rapporter cet ensemble à des dépôts de milieu profond, de l'étage circalittoral à batyal ; la biophase y est probablement en partie allochtone provenant d'un milieu infralittoral distal à circalittoral ; l'apport de silice et l'exploision des Spongiaires traduisent directement les phénomènes d'ouverture océanique, les venues détritiques issues de l'amont (encrinites de la plate-forme, lithoclastes dolomitiques, quartz) en sont les conséquences.

Des contextes semblables sont actuellement connus à la périphérie des Bahamas ((6) WILBER, 1976;(4)MULLINS et al. 1980).

Le milieu de dépôt, les mélanges observés, la formation de corps sableux et l'existence de courants et de pentes nous permettent d'envisager l'existence de sédiments de type turbidite ou contourite en contexte de talus.

L'examen de formations du type 'schistes cartors' noirs à petits bancs de calcaire noir très dur silicifié en chert et rapportés à l'Aaleno-bajocien a montré une microfaune très différente de celle des niveaux précédemment observés et similaires aux associations décrites dans l'Aalénien supérieur du Jura méridional (3), (5), (7), (Fiches YLN 84 -34 à 37). L'association de Foraminifères est composée :

- d'abondants tests de *Planiinvolutina carinata* LEISCHNER
- des Ophthalmidium spp.fréquents
- des Nodosariidés unisériés, parfois à enroulement initial
- des Glomospira sp. ou Glomospirella sp. assez fréquents
- des Verneuilinidés.

A ces Foraminifères sont juxtaposés des spicules de Silispongiaires et de rares fragments de Crinoīdes. la microfaune est appauvrie par rapport aux faciès du Lias.

Des Radiolaires sont présents, souvent mal identifiables car très recristallisés.

Les microfaciés observés traduisent un confinement très marqué, une profondeur d'eau importante, des apports détritiques fins : R. WERNLI (1971) note que ces faciés sont associés à des Cancellophycus. Ces Alcyonaires caractérisent des profondeurs comprises entre 200 m et 1 000 m. Ceci n'est pas en contradiction avec la pr ésence de formes porcelanées fines et de Glomospires qui subsistent entre 1 000 m et 2 000 m de profondeur ; il est vraisemblable qu'elles vivaient fixées sur des Alcyonaires ou des Spongiaires. Ces niveaux sont donc interprétés comme des dépôts profonds en étage épibathyal.

REFERENCES

- (1) BAUDRIMONT A.F., DUBOIS P. (1977) Un bassin mésogéen du domaine périalpin : le Sud-Est de la France - Bull. Cent. Rech. Explor. prod. Elf Aquitaine I, l pp. 261 - 308.
- (2) LE NINDRE Y.M., COUMOUL A. (1984) Le Lias inférieur entre Alès et Durfort - GPF 1, Thème 11, Documents BR.G.M., nº 81 - 11.
- (3) LOMBARD A., WERNLI R. (1977) Stratigraphie et Microfacies du Trias supérieur et du Lias à Champ-Fleuri (Môle), Préalpes médianes (Haute-Savoie, France) - Arch. Sc. Genève, vol. 30, fasc. 2, pp. 137 - 142.
- (4) MULLINS H.T. et al (1980) Carbonate sediment drifts in the northern Straits of Florida - AAPG Bull. V 64, p. 1701 - 1717.
- (5) WERNLI R. (1971) Planiinvolutina Carinata (LEISHNER) 1981 (Foraminifères) dans l'Aalénien supérieur du Jura méridonal (France). - Arch. Sc. Genève, vol. 24, fasc. 2 , pp. 219 - 226.

- (6) WILBER R.J. (1976) Petrology of submarine lithified hardgrounds and lithoherms from the deep flank environment of Little Bahama Bank Durham, N.C. Duke Univ. M.S. Thesis 241 p.
- (7) ZANINETI L. (1977) Etude paléontologique du Trias supérieur et du Lias de Champ-fleuri (Môle) Préalpes médianes (Haute-Savoie, France) - Arch. Sc. Genève, vol. 30, fasc. 2, pp. 149 - 160.

BRGM - SGN/GEO - Service Sédimentologie et Pétrographie Sédimentaire

DIAGNOSE PÉTROGRAPHIQUE

1	Demandeur: Localisation: Le Puechs				
ļ	Etage : S Diagnose	Sinému établie pa	rien Y.M	inférie LE NIND de GRIS	eur DRE SSAC
	orientation LM : 1 -// au litage - indéterminée ?				
ioto :	LN	LP	LR	x	
	YLN I	l[°]éch . 34 − 2	4 В	N°LN 61618	N



DENOMINATION DE LA ROCHE : Biomicrite bioturbée à Silicisponges

<u>AFFLEUREMENT</u> : Echantillon type du Sinémurien : calcaire noduleux à l'entrée d'un petit chemin montant vers le SE.

<u>DESCRIPTION MACROSCOPIQUE</u> : Calcaire noduleux gris pâle à faisceaux plus argileux jaunâtres, bioturbé à faune flottante : Mytilidés, lamellibranches, divers, crinoïdes (Pentacrines) faune silicifiée, terriers.

Wackestone à Packstone noir finement bioclastique et pelletoïde ; petits pellets limoniteux. Cassure conchoïdale ; toucher très légérement rapeux.

MICROFACIES :

- STRUCTURE : Bioturbée et micropelletoïde
- TEXTURE : Packstone à wackestone
- BIOPHASE : Très abondante, en fins débris ou micro-organismes, bien triés.

 - <u>Microfaune</u> : Foraminifères benthiques (R) - Nodosariidés (de taille réduite)
- BIOSTRATIGRAPHIE : Sinémurien inférieur par la présence de Coroniceras bucklandi (zone à bucklandi)

MILIEU DE DEPOT : Circalittoral à bathyal probable



 $LN \times 28$

BRGM - SGN/GEO - Service Sédimentologie et Pétrographie Sédimentaire

DIAGNOSE PÉTROGRAPHIQUE

- 3	Demandeu	ır :				
1	Localisatio	on: Le	s Pue	chs		
	Etage : S Diagnose (Sinému établie pa	rien Y. r: C	infér M. LE -DE GI	ieur NINDRE RISSAC	
	orientation LM : 1 -// au litage - indéterminée ?					
oto :	LN	LP	LR	x		
	1	V°éch.		N°	LM	
	YL	84 -	25	B 61 (619	



DENOMINATION DE LA ROCHE :

Biomicrite à Crinoïdes et Silicisponges

AFFLEUREMENT : Evolution du faciès noduleux vers le faciès à chailles.

DESCRIPTION MACROSCOPIQUE : Patine gris brunâtre, aspect grenu, rapeux. Chailles, bioaccumulations, essai de stratification (vannage). Bancs plus massifs ou plus individualisés ; peu de macrofaune, beaucoup de petits débris.

Cassure noire, un peu spathique, nombreuses sections brillantes d'échinodermes. Texture packstone, très arénitiques mais fine, à nombreux pellets limoniteux (plus abondants). Silicifications. En résumé, aspect plus arénitique que les noduleux, moins d'hétérométrie (série encore très "sinémurienne").

MICROFACIES :

STRUCTURE :	"litage" perturbé
TEXTURE :	Packstone
BIOPHASE :	Très abondante
	<u>Macrofaune</u> : - articles de crinoïdes (I.A.) - spicules de Silispongiaires (A) - débris de Mollusque (R)
	<u>Microfaune</u> : - Formainifères benthiques (F)
	Nodosariidés unisériés (<i>Nodosaria,</i> <i>Marginulina</i>)
DIAGENESE :	Forte compaction, ciment syntaxique des pièces d'échinodermes Silicification des bioclastes
BIOSTRATIGRAPHIE :	Cachet "liasique" typique (voir Lias alpin) de la microfaune
MILIEU DE DEPOT :	Epibathyal probable



 $LN \times 28$

BRGM - SGN/GEO - Service Sédimentologie et Pétrographie Sédimentaire DIAGNOSE PETROGRAPHIQUE Demandeur : Localisation : Le Puechs Lotharingien inférieu Etage : Y.M. LE NINDRE Diagnose établie par: C. -DE GRISSAC orientation LM : ⊥ -// au litage - indéterminée ? LN LP Х LR : 0101 N°éch. NIM B 61 620 YLN 84 - 26

DENOMINATION DE LA ROCHE :

Biosparite à Crinoïdes (Encrinite)

AFFLEUREMENT : Début d'un style différent mais évolution progressive.

DESCRIPTION MACROSCOPIQUE : Patine encore plus brun sombre ; sédimentation en bancs individualisés très lenticulaires : bancs de 0,15m-lenticulaires, et interbancs plus fins. Concrétisation des stratifications en berceaux très plats (cf. Cazalis) ; donne l'impression de pente, tendance au load casting, vannage plus important, tiges d'entroques bien conservées Cassure noire, encore plus spathique, grainstones assez grossier, entroques abondantes.

MICROFACIES :

- STRUCTURE : Arénite stratifiée à granulométrie bimodale
- TEXTURE : (Packstone) Grainstone

BIOPHASE : Très abondante et fragmentée

Microfaune : Foraminifères benthiques (F)

Ammobaculites (?) sp. Lenticulina (morphogenres Planularia et Marginulina probables) Nodosaria sp. Incertae sedjs débris très micritisés d'origine inconnue

PHASE TERRIGENE :Quartz rareDIAGENESE :Ciment syntaxique des pièces d'échinodermes très développéBIOSTRATIGRAPHIE :Lias par la microfauneMILIEU DE DEPOT :Circalittoral à bathyal







DIAGNOSE PÉTROGRAPHIQUE

C)emandeu	r :					
1	ocalisatio	n:Le	es Pue	chs			
F	Etage : Diagnose é	Lotha tablie pa	ringi Y.M ^{r:} C.	en infe . LE N -DE GR	érieur INDRE ISSAC		
	orientati 1 -//a	orientation LM : 1 -// au litage - indéterminée ?					
o :	LN	LP	LR	x			
	N	l°éch.		N°L	M		
	YLN	34 - 2	7 1 8	61 62	1		

)t



DÉNOMINATION DE LA ROCHE : Lithobiosparite

AFFLEUREMENT : Après une récurrence du style noduleux.

DESCRIPTION MACROSCOPIQUE : Faciès grenu principal, belles stratifications type climbing ripples aplatis de 0,50 m environ de longueur d'onde, très marqués. Niveaux d'encrinites à lithoclastes. Rudite grainstone à grosses tiges d'encrines et lithoclastes limoniteux très abondants ; stratification cf 26 ou plus oblique, pâtine grise ; bancs variables de 0,07 m à 0,20 m, toujours de style lenticulaire;quartz très abondant, arrondi blanc, granulométrie environ 1,5 mm en moyenne ; quelques gros lamellibranches ; présence de lits plus fins.

Litage par rassemblement des lithoclastes ; cassure noire à plus beige (lithoclastes oxydés). Grainstone grossier.

Evolution sommitale vers des faciès plus fins.

MICROFACIES :

- TEXTURE : Grainstone grossier
- STRUCTURE : microconglomératique :litho-rudite stratifiée

CONSTITUANTS Lithophase (T.A.)

Lithoclastes plus ou moins arrondis de :

- Dolomicrite sombre à fins débris
- microsparite
- quartz fréquent, présence de feldspaths

Biophase (F)

- Débris de Crinoïdes (F)
- petits débris divers (Bryozoaires, Mollusques Pinna)
- Foraminifères benthiques (R)

Nodosariidés unisériés

DIAGENESE : Forte compaction, notable développement des ciments spathiques

BIOSTRATIGRAPHIE : Absence de critère

MILIEU DE DEPOT : Circalittoral à bathyal Possible faciès turbiditique




 $\text{LN} \times 28$

BRGM - SGN/GEO - Service Sédimentologie et Pétrographie Sédimentaire

DIAGNOSE PÉTROGRAPHIQUE

1	Demandeur: Localisation: Les Puechs					
1	Etage : Diagnose (Lotha établie pa	ring: Y. #: C.	ien in .M. LE DE	férieu NINDR GRISSA	r E C
	orientation LM : 1 - // au litage - indéterminée ?					and she
10to :	LN	LP	LR	x		
	YLN	l°éch . ∣84 -	28	N° B 61	'L M 622	



DÉNOMINATION DE LA ROCHE : Biomicrite à Crinoïdes

AFFLEUREMENT : Faciès du type Lotharingien supérieur.

DESCRIPTION MACROSCOPIQUE : Calcaire à patine grise, grain fin en bancs rappelant le Sinémurien de 0,40 m environ, mais se débitant non en nodules mais en amygdales par le jeu de films argileux noirs flexueux ; calcaire bioturbé ; pas de chailles, quelques récurrences d'encrinites.

Biocalcarénite très fine à microfaune, quelques pellets limoniteux, très noir , charbonneux, un peu argileux.

MICROFACIES :

STRUCTURE :	Litée secondairement bioturbée		
TEXTURE :	Wackestone à Packstone selon les lits		
BIOPHASE :	Très abondante Macrofaupe : - débris de cripoïdes et échipides		
	 spicules de Silispongiaires recristallisés en calcite 		
	<pre>Microfaune : Plus riche à Foraminifères benthiques (F) - Nodosariidés (Nodosaria, Lenticula (morphogenre) Planularia, Marginulina)</pre>		
	-Ophthalmidium (?) sp. (T)		
PHASE TERRIGENES :	Composante silteuse notable		
MATRICE :	Micrite argileuse		
BIOSTRATIGRAPHIE :	Lias par la microfaune, Lotharingien inférieur par la présence d' <i>Asteroceras</i> (zone à <i>obtusum</i>)		
MILIEU DE DEPOT :	Circalittoral à bathyal		



 $LN \times 28$

8RGM · SGN/GEO · Service Sédimentologie

et Pétrographie Sédimentaire

DIAGNOSE PÉTROGRAPHIQUE

Den	nandeur				
Loc	alisation	1: l	es P	uechs	
Eta	ge:	otha:	cingi Y.J	en moy 1. LE	en NINDRE
Oia	gnose ét	ablie pa	r: C.	-DE G	RISSAC
or	ientatio	n LM ·			
1	-// au	litage -	indéterr	ninée ?	
d	LN	LP	LR	x	
-	N	°éch.		N°I	.M
	YLN 8	34 - 1	29	B 61	623



DENOMINATION DE LA ROCHE :

Biomicrite à Gryphées

Faciès à Gryphées et Pinna.

AFFLEUREMENT : Bancs massifs métriques ou demi-métriques à patine grise, à Lamellibranches très abondants. Aspect grenu.

DESCRIPTION MACROSPIQUE : Cassure noire, grainstone, spathique, biodétritique.

MICROFACIES :

- STRUCTURE : Non litée Arénite à caractère très détritique
- TEXTURE : Packstone
- BIOPHASE : Irès abondante

Macrofaune :

- débris de Crinoïdes et d'Echinides (A)
- spicules de Silispongiaires (F)
- débris de Lamellibranches (Gryphées)
 (R), Brachiopode possible (R)

Microfaune :

- Foraminifères benthiques (F)
- Nodosariidés (Nodosaria, Flanularia, Marginulina ou Marginulopsis sp.)

DIAGENESE : Forte compaction, silicification des gryphées

- BIOSTRATIGRAPHIE : Lias par la microfaune, l'association à *Pianuria* et *Marginulopsis* est Sinémurienne s.l.,Lotharingien "moyen" par référence à YLN 84 - 28 2t 30.
- MILIEU DE DEPOT : Circalittoral à bathyal







 $LN \times 28$

8RGM · SGN/GEO · Service Sédimentologie et Pétrographie Sédimentaire DIAGNOSE PETROGRAPHIQUE Demandeur : Les Puechs Localisation : Etage: Lotharingien supérieur Y.M. LE NINDRE Diagnose établie par : C. -DE GRISSAC orientation LM : ⊥ - // au litage - indéterminée ? LP X LN LR to N°LM N°éch. YLN 84 - 30 B 61624

DENOMINATION DE LA ROCHE : Biomicrite à Silicisponges et Crinoïdes

<u>AFLEUREMENT</u>: Surmonte et précède un peu le faciès à gryphées. Bancs très différents à profil ondulé (convexe-concave) avec des chailles parfois très abondantes, contournées et parfois très grosses. Niveau à Ammonites à la base. Tiges d'encrines, Belemnites Toucher finement grenu. Les films argileux persistent, les chailles peuvent former des bandeaux mais le débit amygdaloïde disparaît.

DESCRIPTION MACROSCOPIQUE : Cassure noire franche du faciès calcaire ; biopelcalcarénite fine, packstone à ponctuations limoniteuses.

MICROFACIES :

- STRUCTURE : Perturbée
- TEXTURE : Packstone

BIOPHASE : Très abondante

Macrofaune :

- Spicules de Silispongiaires (A)
- Débris de Crinoïdes (A) dont un article complet de *Pentacrinus sp.*
- débris de brachiopodes (R) et Mollusques (R),

Microfaune :

- * Foraminifères benthiques (F) pyriteux
 - Verneuilinidés
- Nodosariidae (Nodosaria, morphogenres Planuria, Marginulina, Marginulopsis...) (formes lisses, costulées et épineuses) Glomospira ou Glomospirella sp.
 Ophthalmidium sp.
 * Ostracodes
- BIOSTRATIGRAPHIE : Lias par la microfaune. L'association à Planularia et Marginulopsis est sinémurienne s.l. ; Locharingien supérieur par la présence de Paltechioceras et Echioceras (zone à raricostatum) MILIEU DE DEPOT : Circalittoral à bathyal



 $LN \times 28$



LN x 112

BRGM - SGN/GED - Service Sédimentologie

et Pétrographie Sédimentaire

DIAGNOSE PÉTROGRAPHIQUE

	Demandeu	IT 4			
	Localisatio	on: L	es Pu	lechs	
	Etage : Diagnose (Lotha établie pa	iringi Y.M	len su 1. LE -DE (périeu NINDRE GRISSAC
	orientati	ion LM : iu litage -	indéterr	ninée ?	
to :	LN	LP	LR	х	
	N Yln	l [°] éch. 84 -	-31	N° B 6.	° lm 1 625



DENOMINATION DE LA ROCHE: Biomicrite à Silicisponges et Nodosariidés

<u>AFFLEUREMENT</u>: calcaire en bancs bien individualisés à patine gris pâle ; encore quelques faisceaux argileux dans la masse,mais déjà, des joints bien individualisés.

DESCRIPTION MACROSCOPIQUE : Faciès déjà très fin et noir mais encore quelques éclats spathiques. Présence de spicules un peu limoniteux et de figures microstratifiées (?)

MICROFACIES :

STRUCTURE : Bioturbée

TEXTURE : Wackestone à packstone selon les plages

BIOPHASE : Très abondante

Macrofaune :

- Spicules de Silispongiaires (A) recristallisés
- débris de Crinoïdes (F)
- débris de Mollusque (R)
- Microfaune : Foraminifères benthiques (A)
- Nodosariidés (F) avec formes unisériées type Nodosaria, Lenticulina (morphogenres) Flanularia ou Marginulina ou Marginulopsis
- Verneuilinidés(F)
- Petits Ataxophragmiidés (R)

BIOSTRATIGRAPHIE : Lotharingien supérieur terminal à Carixien basal par référence à YLN 84 - 30 et 32

MILIEU DE DEPOT : Circalittoral à bathyal



 $LN \times 28$



 $LN \times 112$

BRGM - SGN/GED - Service Sédimentologie et Pétrographie Sédimentaire

DIAGNOSE PÉTROGRAPHIQUE

Demandeu	r :		
Localisatio	n: L	es P	uechs
Etage :	Cari	xien	
Disapore é	tablic par :	Y.M	- LE NINDRE
Diagnose e	tablie par .	L	-DE GRISSAU
orientati	on LM :	14.	
1 - // 8	u litage - in	determ	
LN	LP	LR	х
N	°éch.	1	N°LM
YLN 8	34 - 32		B 61 626

h



DÉNOMINATION DE LA ROCHE : Biomicrite à Silicisponges et Nodosariidés

AFFLEUREMENT : Carixien des Puechs en bancs compacts bien individualisés de 0,20 à 0,40 cm ; patine bleu clair à jaunâtre.

DESCRIPTION MACROSCOPIQUE : Calcaire dur à cassure silexoïde noire coupante mudstone à wackestone à microfaune , bioturbé à petits terriers.

MICROFACIES :

STRUCTURE : Bioturbée

TEXTURE : Wackestone envasé à mudstone

BIOPHASE : Abondante

Macrofaune :

- Spicules de Silispongiaires (A)

- débris de Crinoïdes (R), Echinide ? (T)
- fins débris indéterminés (F)

<u>Microfaune</u>: Foraminifères benthiques (F) : Nodosariidés (F) avec *Nodosaria sp, Lenticulina* (morphogenres divers)... Verneuilinidés (R)

BIOSTRATIGRAPHIE : Carixien moyen par la présence de Uptonia jamesoni, Acanthopleuroceras maugenesti et plus particulièrement dans cette station de Tropidoceras (zone à Ibex)

MILIEU DE DEPOT : Circalittoral à bathyal



 $LN \times 28$



 $LN \times 112$

BRGM - SGN/GEO - Service Sédimentologie

et Pétrographie Sédimentaire

DIAGNOSE PÉTROGRAPHIQUE

	Demandeur :						
	Localisatio	on: E	Eglise de Cros				
	Etage: Lotharingien - Carixie Y.M. LE NINDRE						
	Diagnose	établie pa	r: C.	-DE C	RISSA		
	orientst	ion LM : au litage -	indétern	ninée ?			
noto :	LN	LP	LR	x			
	١	√ [°] éch.		N°LM			
	I YLN	16 à 1	8 B	61 61	à 61		





BRGM - SGN/GED - Service Sédimentologie et Pétrographie Sédimentaire

DIAGNOSE PÉTROGRAPHIQUE

Demandeur: Localisation: L'Ourne Etage: Aalénien supérieur Y.M. LE NINDRE Diagnose établie par: <u>C. -DE GRISSAC</u> orientation LM: 1 - // au litage - indéterminée ?



 LN
 LP
 LR
 X
 28

 N°éch.
 N°LM

 YLN
 84 - 34
 B
 61
 627



DÉNOMINATION DE LA ROCHE : Biomicrite (à biomicrosparite) finement quartzeuse DESCRIPTION MACROSCOPIQUE

calcaire noir microspathique dur en bancs de 0,20 m réguliers, à petites fentes blanches ; quelques chailles ou silicifications. Débit parfois amygdaloîde

MICROFACIES	
STRUCTURE :	Bioturbée
TEXTURE :	Packstone
BIOPHASE :	Très abondante, en petits débris ou microorganismes bien triés
	Macrofaune :
	- Spicules de silispongiaires recristallisés en calcite (F) - Débris d'Echinoderme (R)
	Microfaune : Foraminifères benthiques (A)
	Planiinvolutina carinata LEISCHNER (A) Ophthalmidium sp. Nodosaria sp. et autres Nodosariidés unisériés Glomospira sp. ou Glomospirella sp. (F) Radiolaires (R) très recristallisés
BIOSTRATIGRAPHIE :	Lias à Oxfordien typique faciès Aalénien supérieur des Alpes
MILIEU DE DEPOT :	Circalittoral distal à bathyal

BRGM - SGN/GED - Service Sédimentologie et Pétrographie Sédimentaire

DIAGNOSE PÉTROGRAPHIQUE

0	Demandeur: Localisation : Panissière					
Etage : Aalénien supérie Y.M. LE NI Diagnose établie par : C. DE CRIS					leur NINDRE ISSAC	
	orientati	ion LM : iu litage -	indétern	ninée ?		
'hoto :	LN	LP	LR	х	112	
	N [°] éch. YLN 84 36/37			N° 3 61 6	LM 529/39	



YLN 84 - 36 DÉNOMINATION DE LA ROCHE :

Biomicrosparite à biosparite partiellement silicifiée

DESCRIPTION MACROSCOPIQUE :

calcaire siliceux ou chert noir en petits bancs de 0,05 à 0,10 m avec inter bancs d'argiles plaquetées, associé à des schistes carton.

MICROFACIES

STRUCTURE :

TEXTURE : (Wackestone) ?

BIOPHASE :

Abondante, mais souvent oblitérée par la recristallisation, en petits bioclastes ou microorganismes

Macrofaune : - Spicules de Silispongiaires

Microfaune : Foraminifères benthiques (A)

- Planiinvoluta carinata LEISCHNER (A) (A)

- Ophtahalmidium sp.
- Glomospira spp. (F)
- Glomospirella sp.
- BIOSTRATIGRAPHIE : Lias à Oxfordien Faciés Aalénien supérieur des Alpes

MILIEU DE DEPOT : Circalittoral à bathyal

BORDURE SOUS CEVENOLE ETUDE PALYNOLOGIQUE DES FORMATIONS TRIASIQUES ET LIASIQUES

ANNEXE 2

87 DAM 012 DEX mars 1987

Contrat nº MSM-041-F

D. FAUCONNIER Y.M. LE NINDRE 87 GEO SED. 007

BUREAU DE RECHERCHES GEOLOGIQUES ET MINIERES SERVICE GEOLOGIQUE NATIONAL Département Carte Géologique et Géologie Générale BP 6009 - 45060 ORLEANS CEDEX 2 (France)



Cette étude regroupe les analyses effectuées entre 1977 et · 1987 sur la bordure sous cévenole, principalement dans le Trias et le Lias. (rares échantillons d'âge jurassique moyen et supérieur).

La région a été subdivisée en cinq secteurs du Nord au Sud :

- Bassin d'Alès
- Horst de Pallières Générargues
- Dôme de Durfort
- Bassin de Mialet Thoiras
- Seuil Caussenard

Des résultats interessants ont été obtenues pour le Trias permettant des datations assez précises, une **bonne** approche de l'environnement et des corrélations entre les coupes. La plupart des niveaux stratigraphiques compris entre l'Anisien et le Rhétien ont été reconnus.

Une publication sera tirée de cette étude après discussion des résultats.

Résumé des résultats obtenus : Stratigraphie du Trias sous-cévenol :

- Nord Alès :

Laval-Pradel	22370	Anisien sup., Ladinien inf.
	22372	Anisien moyen
	22373	Anisien - Ladinien
	22375	Anisien - Ladinien
	22376	Ladinien inférieur
Le Soulier	20469	? Keuper possible
	20471	Anisien - Ladinien
L'espinette	20473	? Keuper possible id ^o 20469
	20474	Anisien - Ladinien

- Horst de Pallières - Générargues :

Coupe de l'Eglise	13820	Trias supérieur (Rhétien inclus) continental
Le Château	12684	Trias supérieur marin
Le Clos du Mûrier	21324	Trias moyen à supérieur marin
Le Roc Courbe	22718	Anisien sup. Ladinien inf.
	22719	Trias supérieur continental
		Norien probable
Mine Joseph	21170	Irias supérieur continental
		(Norien à Rhétien)

- Bassin de Mialet - Thoiras :

Le Ponteil	20344	Rhétien marin
	20367	Rhétien marin
Vabres	21944	Ladinien supérieur continental
	21985	Ladinien, id ^o 2]944

- Seuil Caussenard :

19885	Rhétien	
19886	Rhétien	inférieur
19887	Keuper	supérieur
19883	Carnien	?
19884	Anisien-	Ladinien

BASSIN D'ALES

Trias du Bassin d'Alès (partie Nord) - Sondages de Laval - Pradel :

LAV 1 - 16,20 - Lame 22370 - YLN 85 155

Matière organique à débris ligneux. Microflore composée de rares pollens disaccates striés. (<u>Lunatisporites</u>) et de pollens disaccates non striés assez abondants (<u>Alisporites grauvogeli, Sulcatisporites sp.</u>, <u>Pityosporites sp.</u>, <u>Iriadispora plicata</u>). Présence de <u>Patinasporites densus</u>.

Cette association caractérise plutôt un âge Anisien supérieur Ladinien inférieur.

31,90 - Lame 22371 - YLN 85 156

Débris ligneux et débris opaques réflèchissants (gels). Microflore quasi - absente (présence de <u>Patinasporites sp.)</u>

Age : Irias indifférencié.

62,40 - Lame 22372 - YLN 85 145

Débris ligneux et matière organique de type amorphe. Microflore à rares pollens disaccates (<u>Microcachrydites</u> sp., <u>Tri**a**dispora sp.)</u> et spores <u>Kraeuselisporites</u> sp., <u>Cristatisporites sp., Spiritisporites</u> cf. spirabilis.

Cette association différente de celle du niveau 16,20, caractérise plutôt l'Anisien (moyen).

LAV 2 - 38,70 - Lame 22373 - YLN 85 150

Présence de débris ligneux. Microflore composée de rares spores (<u>Kraeuselisporites sp.</u>) ou pollens disaccates (<u>Iriadispora sp.</u>)

Age : Anisien - Ladinien

46,50 - Lame 22374 - YLN 85 151

Rares débris ligneux. Pas de microflore.

LAV. 3 - 40,45 - Lame 22377 - YLN 85 128

Débris ligneux et matière organique amorphe. Rare microflore abimée. Pollen disaccate et spore indéterminable.

Age : Irias indifférencié.

32,25 - Lame 22375 - YLN 85 125

Débris ligneux et rares pollens disaccates. Présence de <u>Patinasporites, Ovalipollis</u> Rare spore : <u>Kraeuselisporites sp.</u> Association peu caractéristique.

Age : Anisien - Ladinien

LAV 4 - 16,70 - Lame 22376 - YLN 85 125

Débris ligneux. Microflore à pollens et spores assez abimés. Plusieurs exemplaires de pollens disaccates (<u>Iriadispora staplini</u>, <u>Alisporites sp.</u>) et de spores (<u>Perotriletes sp.</u> K<u>raeuselisporites sp.</u>) Présence de Ovalipollis et Paracirculina.

Cette association rappelle celle du niveau 16,20 et LAV 1 ; en outre, la présence de l'espèce Paracirculina indique un âge Ladinien inférieur.

Ces 8 niveaux contiennent donc une matière organqiue et une microflore d'origine continentale. La microflore y est généralement peu abondante, assez abimée, et constituée surtout de pollens de Gymnospermes et de spores de Cryptogames vasculaires du Trias moyen (Anisien - Ladinien). Trias du Bassin d'Alès (Partie Sud)

Sondage le SOULIE l

Niveau 111,15 m - Lame 20469

Matière organique amorphe dispersée, carbonisée, peu fossilifère. Présence de pollens Circumpolles (<u>Circulina meyeriana, C. granulata,</u> <u>Praecirculina granifer</u>), <u>Classopollis</u> et spore <u>Kraeuselisporites</u>.

Age : Microflore peu caractéristique : Salifère supérieur possible.

Niveau 140,70 m - Lame 20471

Idem 111,15 m, présence de pollens disaccates abîmés (<u>Iriadispora cf.</u> falcata)

Age : Anisien à Ladinien possible.

Niveaux 126,85 m - Lame 20470 et 153,70 m - Lame 20472

Ils ne contiennent qu'une matière organique carbonisée et de rares pollens trop abîmés pour être déterminés.

SONDAGE L'ESPINETTE 2

Niveau 20,00 m - Lame 20473

Débris ligneux noirs. Pollens Circumpolles carbonisés : <u>Praecirculina granifer</u>, <u>Circulina meyeriana</u> - Spore <u>Kraeuselisporites</u>.

Age : Idem à celui du niveau 111,15 m de Soulié 1. Salifère supérieur possible.

Niveau 43,60 m - Lame 20474

Pollens disaccates abondants, souvent indéterminables car trop abîmés (<u>Iriadispora</u>) Présence des genres <u>Ovalipollis, Circulina, Kraeuselisporites,</u> <u>Cycadopites.</u>

Age : Anisien à Ladinien.

Niveau 75,70 m - Lame 20475

Matière organique abondante carbonisée. Pas de pollens.

Le sondage Le Clapier 1 (voir seuil Caussenard) contient une microflore assez caractéristique alors que dans les deux autres sondages Le Soulié 1 et L'Espinette 2, les pollens et spores trouvés sont assez abîmés et ne permettent pas de dater précisément les niveaux étudiés.

Les résultats de cette étude ont été discutés et comparés avec ceux obtenus par Mme TAUGOURDEAU qui étudie les mêmes niveaux.

HORST DE PALLIERES GENERARGUES

Générargues

Le Château 5 bis - Lame 12 685 : Aphytique

Le Château 4 bis - Lame 12 684

Débris libèro-ligneux abondants (carbonisation du matériel très importante, microflore en place composée de pollens :

- Ovapollis lunzensis
- <u>Classopollis</u> en tétrades ou isolés (abondants) (<u>Cheirolepidaceae</u>) type <u>chateaunovi</u>
- Corollina (abondant)
- Disaccate sp.
- Cyadopites sp.
- Dinoflagellës,
- <u>Classopollis</u> épineux (larges épines)
- Alisporites sp. cf. opii
- Disaccate Platysaccus
- Sulcatisporites sp.
- Incertae sedis
- Alisporites plicatus
- . Traces de péridiniens :

Age : Irias supérieur marin

Le Château Sud - Lame 13 816 : Aphytique

Coupe l'Eglise

۵n	5 -	Lame	2 13 817	:	gros débris ligneux carbonisés pas de microflore
'n°	8 -	Lame	13 818	:	Aphytique
ΠD	14 -	Lame	13 819	:	Débris ligneux Aphytique
n°	11 -	Lame	13 820	:	Matière organique à débris ligneux abondants Présence de pollens carbonisés : Ovalipollis lunzensis, Classopollis sp. Age : Trias supérieur.

CLOS DU MURIER - YLN 84 - 12 (Lame 21324) (Générargues - Irias)

Matière organique à débris ligneux dispersés et débris opaques réfléchissants (gels, type vitrinite). Présence de quelques pollens disaccates et pollens Circumpolles (<u>Parillinites, Paracirculina</u> <u>scurrilis</u>). Influence marine décelée par quelques acritarches.

Age : Trias moyen à supérieur (marin)

LE ROC COURBE - ANDUZE

Echantillon YLN 85-155 (Lame 22718)

Matière organique à débris ligneux abondants. Microflore à pollens disaccates mal éclaircis : <u>Iriadispora falcata</u>, <u>I. staplini</u> (abondant) <u>Alisporites grauvogeli, Striatoabietites aytugii</u>, présence de <u>Enzonalasporites tenuis</u>.

Age : Anisien - supérieur - Ladinien inférieur (abondance de pollens Iriadispora)

Echantillon YLN 85 - 156 (Lame 22719)

Pollens de genres Classopollis et Circulina abondants. présence en outre de pollens ovalipollis, Cycadopites et de spores Krauselisporites (assez abondants).

Age : Irias supérieur (<u>Norien</u> probable par la fréquence de pollens Classopollis et Circulina, et la relative abondance de Ovalipollis.

COUPE DE LA CROIX DE PALLIERES

Les cinq niveaux étudiés YLN 83, 19, 21, 24, 27 et 28 (Lames 20336, 20337, 20338, 20339 et 20340) contiennent des débris ligneux noirs et de rares pollens disaccates ou spores cicatricosées dans les niveaux 19 et 24.

Age : Indéterminable.

COUPE DU RUISSEAU DE POLEYROLLES (Mine Joseph)

YLN 84 - 1 - Lame 21170

Matière organique de type amorphe abondante, assez carbonisée, associée à une microflore composée de pollens Circumpolles le plus souvent abîmés (<u>Circulina sp., Classopollis, Praecirculina</u> <u>granifer</u>), de pollens disaccates (<u>Iriadispora sp.</u>) et <u>Ovalipollis</u>. Cette association peu variée, composée essentiellement de pollens Circumpolles, caractérise plutôt le <u>(Irias supérieur (Norien à</u> <u>Rhétien</u>).

HORST DE PALLIERES GENERARGUES - Mine Joseph

(Sinémurien possible sous les minéralisations (type amas "Jean Baptiste").

YLN 84 - 5 - Lame 21018

Débris opaques réfléchissants abondants ("Macéraux" du charbon). Matière organique de type amorphe et débris ligneux rares. Niveau certainement assez évolué. Pas de microflore.

MINE JOSEPH

(Muschelkalk ? sous l'hettangien - Mine Joseph entre pts 28 et 31)

Echantillon 112.811 - Lame 13 815

Débris ligneux Minéralisation ? Aphytique Les niveaux YLN 8341 (Lame 20341) et YLN 84 - 5 (Lame 21018) ne contiennent que des débris ligneux foncés, sans microflore. DOME DE DURFORT

Analyse palynologique de 9 échantillons

HEITANGIEN - REGION DE DURFORT (faciès stromatolithique)

Vergèle - Lame 12 698

Exinite assez évoluée plus ou moins carbonisée sans microflore en place. Contamination par la flore actuelle de marécage ou de bas fonds humides (<u>Potamogetonaceae</u>, <u>Hydrocharidaceae</u>, Spores diverses).

MINERALISATIONS DE DURFORT

Sondage Vernissière 1

Les 4 échantillons 42, 37, 30 et 24 (Lames 21081, 21082, 21083, et 21084) contiennent des débris ligneux noirs à bruns foncés et de rares pollens abîmés (<u>Circulina</u>?, pollen disaccate).

Age : Lias possible.

MINERALISATIONS DE DURFORT - SONDAGES CABANE (Lias)

Sondage CAB 1

Un seulniveau a été étudié (9 - Lame 20320) et ne contient que de la matière organique carbonisée, sans microflore.

Sondage CAB 3

Les 2 niveaux étudiés, 3 (Lame 20318) et 13 (Lame 20319) ne contiennent également que de la matière organique carbonisée.

BASSIN DE MIALET - THOIRAS

•

COUPE DES PUECHS (Générargues, Hettangien à Carixien)

Bien qu'un nombre assez important de prélèvements aient été choisis dans cette coupe, la microflore s'est toujours révélée aussi rare.

Les 17 échantillons étudiés, contiennent une matière organique évoluée, à débris opaques réflèchissants (gels) abondants, rares débris ligneux et pollutions d'actuel.

Quelques pollens sont parfois présents, notamment dans le niveau 63 (Lame 21310) où se trouvent des pollens disaccates striés, classopollis, et un morceau de Patinasporites d'âge <u>Irias</u>.

De rares pollens Classopollis également présents dans les niveaux 77 (Lame 21322), 78 (Lame 21323) ne permettent pas de dater.

Tous les autres niveaux sont aphytiques : 62 (Lame 20343), 64 (Lame 21311), 65 (Lame 21312), 66 (Lame 21313), 67 (Lame 21314), 68 (Lame 20995), 69 (Lame 21315), 70 (Lame 21316), 71 (Lame 21317), 72 (Lame 21318), 73 (Lame 21319), 74 (Lame 21320), 75 (Lame 20996), 76 (Lame 21321).

COUPE DE CORBES (Hettangien)

Le niveau GG 83 - 6 (Lame 20701) ne contient que des petits débris ligneux. Pas de microflore.

Niveau à plantes ("Bois noir") de la mine de la Croix de Pallières (Sinémurien)

Le résidu palynologique del'échantillon 937 - 04 - 08 (Lame 15 564) n'est composé que de matière organique complètement carbonisée et de minéraux; aucune trace de microflore.

SONDAGE CADEYER 2

Hettangien

107,60 m - Lame	11.294	:	Débris	car	bonisés	(ap	hytique)	1
107,75 m - Lame	111.295	:	Débris	car	bonisés	(ap) hytique	I
118,60 m - Lame	11.296	:	Témoin	ép	uisé (ap	bhyt	ique)	
124,55 - 70 m -	Lame 11.297	:	Traces	de	vaisseau	ıx s	seulement	
154,10 m - Lame	11.298	:	Iraces	de	vaisseau	ıx e	seulement	
198,75 m - Lame	11.299	:	"		**		**	
234,55 m - Lame	11.300	:	**		11		**	
264,45 m - Lame	11.301	:	"		*1		"	

ST FELIX DE PALLIERES

Sondage SFP2

L'étude palynologique de 15 échantillons du sondage SFP2 a fourni peu de résultats ; ces niveaux contiennent une matière organique carbonisée à rares débris ligneux et débris opaques réfléchissants " gels ") .La microflore est rare, elle est présente uniquement dans le niveau 4 (Lame 20240), où se trouve un pollen disaccate strié et des spores Lundbladispora ? d'âge Trias probable. Les niveaux 1 (Lame 20238), 3 (Lame 20239), 8 (Lame 20241), 11 (Lame 20242), 15 (Lame 20243), 18 (Lame 2044), 19 (Lame 20245), 22 (Lame 20308), 29 (Lame 20309), 32 (Lame 20310), 39 (Lame 20311), 43 (Lame 20312), 45 (Lame 20313) et 48 (Lame 20321) sont aphytiques.

COUPE DE CAMP SOUREILLE - Hettangien Ic, (St Jean du Gard)

La microflore de l'échantillon SJG - 11 - Lame 14 934 composée de quelques rares pollens de conifères (<u>Pinus diploxylon - Picea</u>) ne permet pas de datation. On peut également noter la présence presque exclusive de débris de bois.

COUPE DE FREYSSAC (Nord-Ouest de Durfort) - Carixien

Les 4 échantillons de la coupe de freyssac <u>RJ 14-1, 2, 3 et 4 (Lames</u> <u>20429, 20466, 20467 et 20468)</u> contiennent une matière organique à petits débris ligneux noirs, et de rares pollens Circumpolles (<u>Circulina meyeriana</u>), Classopollis, ainsi que des petits acritarches (<u>Michrystridium</u>).

Présence de débris opaques réfléchissants ("gels ") dans les niveaux 2, 3 et 4.

Age : Lias probable (pas assez riche pour déterminer un âge précis)

ST HIPPOLYTE DU FORT

Coupe de Cros (Lotharingien - Carixien)

Les cinq niveaux YLN 83 - 74, GG83-2, 3, 4 et 5 (Lames 20787, 20788, 20789, 20780 et 20790) ne contiennent que des débris ligneux noirs et des débris opaques réfléchissants "gels". Rares pollens Classopollis dans le niveau 2, ne permettant pas de dater.

ء

COUPE DE REFERENCE DU IRIAS A VABRES (Région de Monoblet)

NIVEAU YLN 85 - 21 - Lame 21942

Matière organique composée de matière amorphe floconneuse, de débris opaques réfléchissants (gels) et de rares débris ligneux.

NIVEAU YLN 85 - 22 - Lame 21943

Matière organique identique à celle du précédent niveau. Présence de quelques pollens abimés (disaccate, disaccate strié) d'âge <u>Trias</u> indifférencié.

NIVEAU YLN 85 - 23 - Lame 21944

Débris ligneux foncés auquels sont associés des pollens disaccates abondants, striés ou non striés, <u>Alisporites nuthallensis</u>, <u>Microcachry-</u> <u>idites sp., Iriadispora plicata, I. staplini, I. aurea, I. suspecta,</u> <u>Striatoabietites aytugii, Lueckisporites sp., Illinites chitonoides.</u> Présence en outre des pollens <u>Ovalipollis ovalis, Patinasporites sp.</u> et de rares spores Kraeuseliporites ou Perotrilètes. La présence de pollen Ovalipollis, l'abondance de pollens disaccates, notamment <u>Iriadispora</u> indique un âge (<u>Ladinien</u> supérieur probable). Cette association de type continental, pauvre en espèces mais riche en individus constitués presque exclusivement de gymnospermes arborescentes indique une détérioration probable des conditions climatiques où les plantes-mères des Iriadispora halophytes et

thermophiles se maintiennent ; ces grains de pollen anémophiles ont pu être transportés jusqu'à de grandes distances de leur origine.

NIVEAU YLN 85 - 24 - Lame 21985

Association pratiquement de même type que celle du précédent niveau, à pollens disaccates et *Triadispora* abondants.

L'âge de ce niveau est identique à celui du précédent niveau, soit Ladinien.

COUPE DE MONOBLET (Toarcien, schiste carton")

NIVEAU YLN - 85 - 25 b - Lame 21986

Matière organique floconneuse, marron, d'origine algaire ou marine. Pas de microflore.

SAINT ROMAN DE CORDIERES(Hettangien IB)

NIVEAU YLN 85 - 65 - Lame 21987

Débris opaques réfléchissants. Rares débris ligneux d'origine continentale. Pas de microflore.

,
SEUIL CAUSSENARD

TRIAS - SEUIL CAUSSENARD

Sondage LE CLAPIER 1

Niveau 15,00 m - Lame 19885

Débris ligneux abondants. pollens du groupe des Circumpolles abondants : <u>Circulina granulata,</u> <u>Circulina meyeriana, Classopollis classoides</u> ainsi que le pollen <u>Ovalipollis pseudoalatus</u>.

Présence de spore <u>Concavisporites torus</u>, de pollens disaccates et de dinokyste (Rhaetogonyaulax rhaetica).

Age : Rhétien.

Niveau 26,30 m - Lame 19886

Débris ligneux. Pollens Classopollis et Circumpolles abondants. présence des Pollens <u>Ovapollis pseudoalatus, Rhaetipollis germanicus,</u> <u>Cycadopites sp.</u>

Age : Rhétien inférieur

Niveau 57,60 m - Lame 19887

Débris ligneux abondants. Pollens assez carbonisés: <u>Ovalipollis cultus</u>, disaccates, <u>Circulina</u>, tétrades de <u>Classopollis</u> abondantes.

Age : Keuper (supérieur

Niveau 127,30 m - Lame 19883

Matière organique carbonisée, pollens souvent cassés. Pollens Circumpolles abondants : <u>Circulina granulata, Praecirculina granifer,</u> <u>Duplicisporites granulatus</u>

Pollens classopollis et disaccates: <u>Iriadispora aurea</u>, <u>Infernopollenites</u> <u>sulcatus</u>

Age : Salifère supérieur (Carnien ?)

Niveau 259,70 m - Lame 19884

Ensemble toujours assez carbonisé. Pollens disaccates abondants : <u>Iriadispora aurea, I. staplini, I.</u> <u>falcata, Alisporites nuthallensis, Illinites chitonoides,</u> <u>Abietinaepollenites sp., Striatoabietites aytugii,</u> Lunatisporites sp., Lucckisporites sp.

- Présence des espèces : <u>Kraeuselisporites cuspidus</u>, <u>Cristianisporites</u> <u>triangulatus</u>, <u>Parillinites hybridus</u>, <u>Duplicisporites granulatus</u>.
- Age : Salifère inférieur (Anisien Ladinien)



ETUDE STRUCTURALE DE LA BORDURE OCCIDENTALE DU HORST DE PALLIERES (Gard) Caracterisation du contexte structural des minéralisations à Fe-Pb-Zn

ANNEXE 3

87 DAM 012 DEX mars 1987

Contrat n° MSM-041-F

D. BONIJOLY 85 SGN 530 GEO

BUREAU DE RECHERCHES GEOLOGIQUES ET MINIERES SERVICE GEOLOGIQUE NATIONAL Département Carte Géologique et Géologie Générale BP 6009 - 45060 ORLEANS CEDEX 2 (France)

SOMMAIRE

RESUME	1
I - INTRODUCTION	3
II - LA FAILLE OCCIDENTALE DU HORST DE PALLIERES	5
II-1 - CARACTERISTIQUES MORPHOLOGIQUES	5
II-2 - CARTOGRAPHIE	6
11-3 - LES STRUCTURES TRANSVERSES	9
III - MANIFESTATIONS TECTONIQUES LE LONG DU HORST DE PALLIERES.	11
III-1 - 1ére MANIFESTATION : CARNIEN	11
III-2 - 2éme MANIFESTATION : RHETIEN	12
III-3 - 3éme MANIFESTATION : HETTANGIEN	13
III-4 - 4éme MANIFESTATION : LOTHARINGIEN	14
III-5 - 5éme MANIFESTATION	15
III-6 - 6éme MANFIESTATION	15
III-7 - 7éme MANFIESTATION	16
III-8 - RELATIONS ENTRE MINERALISATION ET ACTIVITE	•
TECTONIQUE DE LA FAILLE OCCIDENTALE DU HORST DE	
PALLIERES	16
111-9 - SINGULARITE STRUCTURALE DES ANCIENNES MINE JOSEPH	
ET DE LA BARAQUE	19
IV - TECTONIQUE DE LA BORDURE ORIENTALE DU BASSIN DE MIALET	20
V - HISTOIRE TECTONIQUE DU HROST DE PALLIERES	22
VI - CARACTERISATION DU CADRE STRUCTURAL DES MINERALISATIONS	
AUX ABORDS DU HORST DE PALLIERES	25
VI-1 - RECHERCHE DE SITUATIONS ANALOGUES LE LONG DU HORST.	25
VI-2 - INFLUENCE DES STRUCTURES TRANSVERSES PRECOCES	-2
STLICIFIEES	25
VI-3 - INFLUENCE DE LA SILICIFICATION	26
VI-4 - DELIMITATION DES SECTEURS STRUCTURALEMENT FAVORA-	
BLES A LA RECHERCHE DE GITES DE TYPES CROIX DE	
PALLTERES	26
VTT - CONCLUSION	28

BIBLIOGRAPHIE

LISTE DES FIGURES

RESUME

Les minéralisations de la Croix de Pallières ainsi que les indices de même type disposés le long du horst de Pallières (bordure cévenole, entre Alès et Durfort, Gard) s'intègrent dans un contexte structural particulier.

Ces minéralisations sont toutes situées à proximité de failles NNE-SSW (et particulièrement la faille occidentale du horst de Pallières dénommée faille "dyke") dont l'activité synsédimentaire est manifeste pendant une période s'étalant du Trias supérieur au Lotharingien. Elles sont épigénétiques et semblent associées pour partie à la silicification des failles qui s'effectue lors d'un rejeu de celles-ci à une période indéterminée (postérieure au Lotharingien, probablement antérieure au Jurassique supérieur ?). Le régime des contraintes est resté constant du Trias supérieur jusqu'à l'épisode de silicification des failles.

L'existence de ces failles synsédimentaires apparaît donc comme un facteur déterminant. Elles constituent en effet, à l'époque envisagée pour la minéralisation, les seuls drains précoces affectant le matériel triasique et liasique, favorisant ainsi l'augmentation de perméabilité nécessaire à la circulation des fluides.

Les épisodes tectoniques postérieures à ces événements sont également postérieures à la minéralisation. Les failles qu'ils créent, recoupent et décallent la silicification des failles NNE-SSW. Il s'agit de la distension NNE-SSW mésozoIque (Jurassique supérieur à Crétacé ?), des compressions N-S et NE-SW pyrénéennes et de la distension oligocène N-S.

L'étude du cadre structural des minéralisations de type Croix de Pallières permet ainsi de définir un certain nombre de caractéristiques. Celles-ci sont utilisées pour définir des secteurs en situation <u>structuralement</u> favorable au développement de minéralisations dans le compartiment sédimentaire effondré du horst de Pallières. Il s'agit :

- du secteur du Serre sud ;
- du secteur de la Ferrière sud ;
- du secteur entre la Ferrière et l'ancien village de Pallières.

- 1 -





 Granite — 2. Trias inférieur: grès arkosiques — 3. Trias supérieur et Rhétien: argile noire, dolomie, argile à anhydrite, marnes bariolées, bancs gréso-dolomitiques — 4. Hettangien: dolomie brune cristalline — 5. Sinémurien: calcaire gris noduleux — 6. Lias supérieur: calcaire à entroques, oolitique ou graveleux avec chailles, schistes cartons — 7. Bajocien: calcaire gris à fucoides — 8. Bathonien: dolomie cristalline vacuolaire — 9. Rauracien-Sequanien: calcaire sublithographique en petits bancs — 10. Alluvions — 11. Sondage.

I - INTRODUCTION

Ce travail s'intègre dans un programme pluridisciplinaire d'études sur les minéralisations à Pb-Zn cachées sous couverture. Le domaine d'application se situe entre Alès et Durfort, le long de la bordure cévenole. Il s'agit d'une contribution à la compréhension de l'activité tectonique de structures majeures susceptibles de contrôler la localisation des minéralisations.

But de l'étude

Cette contribution s'applique à une structure particulière qu'est le horst de Pallières (fig. 1), limité à l'Ouest par une grande faille silicifiée (faille "dyke" de Pallières) longue de 18 km et autour de laquelle se dispose un nombre important d'indices minéralisés. Quelques amas plus importants ont fait l'objet d'exploitations (Le Pradinas, La Croix de Pallières, Mine Joseph, Mine Roman...).

Ces minéralisations étaient traditionnellement considérées comme synsédimentaires, or il s'avère que leur mise en place est plutôt épigénétique avec un contrôle structural certainement important mais non détectable par des moyens d'investigation indirecte (images satellites, photographies aériennes).

Le but de cette étude est donc de s'intéresser aux relations structurales entre les minéralisations et la structure régionale majeure que constitue la faille occidentale du horst de Pallières entre le Gardon et sa terminaison méridionale. On définira ainsi sa géométrie la plus exacte possible, son remplissage et les éventuels accidents transverses qui interrompent cette structure ou qui la dévient.

Afin de mieux appréhender l'histoire de cette structure, on a également essayer de caractériser ces différentes périodes d'activité par l'observation des manifestations synsédimentaires d'âges variés et d'établir ainsi une possible chronologie des épisodes minéralisateurs associés.

Enfin une reconnaissance rapide de la bordure sédimentaire du horst a été effectuée pour définir les effets des différents épisodes tectoniques décelés.

L'ensemble des travaux effectués pour cette étude doit permettre de mettre en évidence les singularités structurales de l'environnement de la minéralisation de la Croix de Pallières par rapport à l'ensemble de cette bordure et d'individualiser ainsi des guides structuraux de recherche de gîtes cachés.



Figure 2 : Coupe à travers la structure de Pallières (d'après R. LEENHARDT, 1972) Localisation de la coupe sur la figure 1.

- 4 -

II - LA FAILLE OCCIDENTALE DU HORST DE PALLIERES

II-1 - CARACTERISTIQUES MORPHOLOGIQUES

Il s'agit d'une faille pluri-kilométrique ayant une morphologie de faille normale. Elle met en contact, sur la majeure partie de son tracé, un socle granitique avec une couverture liasique (fig. 2).

Une importante silicification peut se développer à partir de cette structure ; son épaisseur peut varier de 0 à 20 m. Cette silicification présente des faciès différents en fonction de sa puissance. Lorsqu'elle est faible, la silicification est composée d'une silice crypto à microcristalline associée à de l'oxyde de fer.

On peut reconnaître la texture de la roche préexistante (structure stratifiée des pélites, ilots gréseux conservés ; fig. 3-4). Lorsque sa puissance augmente, on voit apparaitre un filon de quartz microcristallin, rubéfié, aux épontes nettes mais irrégulières, s'anastomosant en profondeur (fig. 5). Plus l'épaisseur augmente et plus les faciès quartzeux deviennent macrocristallins et l'on voit apparaître des quartz hachés (fig. 6a et b) des quartz saccharoîdes et des quartz en peigne. Au front de silicification de l'éponte sédimentaire apparaît souvent un plan de faille siliceux strié.

Dans les réouvertures de la structure, on peut observer des veines géodiques à quartz automorphes centimétriques et limpides. Ces cristaux montrent des boxwerks rhomboédriques à oxyde de fer. Ces boxwerks pourraient être les traces d'une cristallisation d'ankérite (C.O. M. JEBRAK).

En deux endroits, il a été observé des quartz gris à pyrite. Le premier (Roc Courbe) est situé dans la faille principale ; il se localise à la limite entre le granite et des argilites noirs du Trias. Le second est encaissé dans le granite. Il constitue un filon parallèle à la faille majeure.

- 5 -

Fig. 3 : Silicification et rubéfaction d'un silt fin triasique à l'éponte de la faille occidentale du horst de Pallières (SH 16 La Croix de Pallières). Composition lumière polarisée et réflechie, coupe verticale. 1 - lithoclaste gréseux ; 2 - matrice silteuse ; 3 - quartz détritique ; 4 - plans de glissement dans les sédiments scellés par la rubéfaction. La silicification est cryptocristalline, de faible intensité et oblitérée par la rubéfaction très intense.

- Fig. 4 : Silification d'un grès triasique à l'éponte de la faille occidentale du horst de Pallières.
 - 4 a lumière naturelle
 - 1 silicification du grès ; 2 clastes de quartz détritique conservés
 - 3 claste feldspathique contours et clivages soulignés par l'oxyde de fer
 - 4 oxyde de fer ; 5 phyllite néoformée.

```
4 b - lumière polarisée
1 - silification microcristalline ; 2 - clastes quartzeux conservés ;
3 - claste feldspathique ; 4 - oxyde de fer
Les clastes du grès sont ici mieux identifiables.
```



Fig.3

Fig∙4b



Fig. 5 : Coupe de la faille occidentale du horst de Pallières (SH 32, N Pallières)



Fig. 7 - Coupe de la faille "dyke" - Le Garage (SH1)

- Fig. 6 : Quartz haché dans le filon siliceux de la faille occidentale du horst de Pallières (SH 22 à hauteur du puits n° 3 de la mine de la Vieille Montagne).
 - 6 a : lumière naturelle
 - 1 plancher (ancien minéral épigénisé)
 - 2 remplissage géodique (cristaux automorphes)
 - 3 trace d'un minéral cubique ou orthorhombique épigénisé riche en inclusions fluides

- 6 b : lumière polarisée
- 1 quartz microcristallin : constitue les planchers du quartz haché.
 Ici, disposition en gerbe (barytine ou anhydrite épigénisée)
- 2 auréoles de croissance des cristaux de quartz automorphes : nécessité d'une dissolution des minéraux précédents ; croissance libre dans une cavité.
- 3 quartz xénomorphe comblement des cavités.
- 4 quartz à croissance fibroradiée autour d'un cristal cubique ou orthohombique.

Fig. 8 : Faille cataclastique dans le granite de Pallières (SH 43 – Le Serre Sud) lumière polarisée. 1 – quartz ; 2 – assemblage quartz, feldspath maclé ; 3 – petits clastes quartzeux ; 4 – caraclase : quartz et feldspaths.



Fig.6a

Fig.8

La silicification n'affecte pratiquement pas le granite (fig. 7). Par contre, on trouve quelquefois des filons de quartz parallèles et à proximité de la faille dans le granite ; leur caisse est alors bien délimitée. Il ne s'agit plus d'une diffusion à partir d'un plan dans un matériel perméable mais de l'ouverture d'une caisse. Un exemple illustre ce cas ; il s'agit de l'affleurement SH 40. C'est un filon de quartz à sulfures, à pendage faible (N 25°E-37° W) situé à proximité de la faille "dyke" (20 à 30 m). Les épontes de cette structure sont constituées d'un microgranite cataclasé (fig. 8), ancienne structure réutilisée lors du jeu de la faille principale et minéralisée en même temps (même quartz microcristallin, rubéfié à sulfures, quartz haché, quartz saccharoide).

La terminaison en profondeur de la silicification est souvent anastomosée. On peut passer très rapidement d'un filon puissant de 5 m à une petite "racine" de 1 m de puissance (fig. 5).

En conclusion, irrégularité de la puissance et de son extension verticale sont les caractéristiques de la silicification qui fossilise un jeu normal de la faille occidentale du horst de Pallières. les différents faciès de quartz que l'on peut décrire rappelent ceux maintenant bien connus des BTH. Cette similitude est d'ailleurs logique puisqu'il s'agit dans les deux cas, d'une zone de cisaillement (horizontale dans les BTH, verticale içi) dans laquelle est injectée une solution siliceuse. Par contre la différence essentielle est l'absence de brèche hydraulique.

II-2 - CARTOGRAPHIE

Elle a été effectuée à 1/10 000 afin d'obtenir une précision suffisante dans le tracé. On a tenu compte de l'épaisseur de la zone silicifiée qui lui est associée ainsi que des faciès de quartz macrocristallin (fig. 9 hors texte).

- 6 -

Il apparaît, en première analyse, que la faille "dyke" est une structure relativement plus complexe que pouvait le laisser supposer le tracé fourni par la carte géologique à 1/50 000.

Quatre domaines sont individualisés dans la partie comprise entre le Gardon et son extrémité méridionale.

lère zone : entre le Gardon et la ruine de la Ferrière (fig. 10)

Dans cette partie, la faille silicifiée montre un tracé irrégulier formé de segments rectilignes de direction⁽¹⁾ N 30°E (Les Adams), N 60°E (Le Serre), N 45°E (Est Ferrière), E-W (Sud Ferrière). La puissance maximale de la zone silicifiée ne dépasse pas 3 mètres.

Les segments les plus obliques à la direction générale (N $30^{\circ}E$) ne résultent pas d'une torsion de cette faille mais de l'utilisation de fractures préexistantes d'orientations diverses qui affectaient déjà la zone avant que la faille principale ne se développe. En effet, le passage d'un segment N $30^{\circ}E$ à un segment oblique (N $60^{\circ}E$ ou E-W) s'effectue brutalement, sans flexion de la structure quartzeuse ni broyage.

La caractéristique de cette zone est donc la complexité structurale de la faille.

¹Les directions vraies diffèrent des directions apparentes observables sur la planche $n^{\circ}9$ en raison du pendage W de la faille.

2ème zone : de la ruine de la Ferrière à la ruine de la Fabrique

Le long de ce segment, la faille est rectiligne. Son orientation varie de N 15° à 30°E (direction moyenne N 25-30°E). La silicification associée à ce segment est importante et peut atteindre la vingtaine de mètre (moyenne 5 m). Les faciès de quartz géodiques, quartz en peigne, quartz saccharoIdes et quartz hachés sont fréquents. Dans la partie sud, la fracture siliceuse se ramifie en deux branches parallèles de deux et trois mètres de puissance (SH 28-29).



3ème zone : de la ruine de la Fabrique à Coumessas

Dans cette partie, la direction de la structure faillée est constante (N 05-20°E). La silicification varie de O à 10 m ; elle décrit un chapelet de fuseaux. Les faciès quartzeux d'ouverture se situent dans les ventres des fuseaux.

C'est dans ce segment que les failles transverses qui décallent la faille principale sont les plus nombreuses. Elles se localisent systématiquement aux terminaisons des fuseaux que forme la silicification (zones les moins résistantes).

4ème zone : de Coumessas à l'Ourne

Terminaison méridionale de la faille occidentale du horst de Pallières, cette zone se caractérise par une diminution du phénomène de silicification de la faille (ce qui la rend plus difficile à suivre). On notera la réapparition de la silicification à deux endroits singuliers : entre le Mas et Coumessas, à hauteur de la mine Joseph et à proximité de la Baraque, à proximité de l'ancienne mine Roman.

A hauteur de l'Ourne, la faille s'anastomose en plusieurs fractures qui semblent annoncer l'amortissement de la structure principale.

II-3 - LES STRUCTURES TRANSVERSES

La faille limite ouest du horst de Pallières est recoupée par un nombre important de failles de direction N 90 à 110°E et N 50 à 60°E. Une faille est orientée N 145°E à la terminaison sud de la zone 3. Les failles décallent la structure principale et contribuent à lui donner un aspect de ligne brisée. Parmi ces structures on remarque :

- affleurement SH 17 (fig. 11) : faille à remplissage de pyrite, calcedoine, quartz microcristallins ; elle est orientée N 88°E ; l'épaisseur du remplissage est voisine de 40 cm. Cette faille, encaissée dans les grès de base du Trias, semble recoupée la faille "dyke" ;
- affleurement SH 22 : filon N 110°E à quartz haché. Cette structure décalle nettement la faille "dyke" d'une dizaine de mètre (une autre structure de ce type a été observée en SH 28).

On remarque que la faille silicifiée est elle même recoupée par des fentes à quartz N $110^{\circ}E$.



- 1 Faille N 90°E minéralisée en pyrite
- 2 Galerie et dépilage
- Grès conglomératique (Trias inférieur) 3
- Diaclases associées à l'accident principal ٩

Fig. 11 : Coupe d'une faille E-W minéralisée en pyrite (SH 17, N Coumessas)



Fig. 12 : Coupe simplifiée du Pradinas



Déformations synsédimentaires dans la barre carbonatée médiane ; les plans de faille et la stratification sont soulignés par la pyrite et la galène

Fig. 13 : Détail des déformations synsédimentaires du Pradinas

III - MANIFESTATIONS TECTONIQUES LE LONG DU HORST DE PALLIERES

La reconstitution de l'histoire tectonique de la faille occidentale du horst de Pallières a pour but de définir les différentes périodes d'activité de ce horst et plus particulièrement de recaller dans le temps les différentes venues quartzeuses ou sulfurées dans cette histoire.

III-1 - 1ère MANIFESTATION : CARNIEN (TRIAS SUPERIEUR)

Les premières déformations synsédimentaires associées à la faille "dyke" sont observables dans la "Barre carbonatée médiane" au Pradinas (fig. 12-13). Cette barre se localise entre deux failles majeures. On y observe la succession Salifère moyen ou supérieur (?), barre carbonatée médiane, Salifère (?); ces trois termes étant en contact anormal. La barre carbonatée (dolomies) montre des déformations synsédimentaires caractéristiques en demigrabens n'affectant qu'un seul banc et scellés par la lithification. Les structures tectoniques et sédimentaires ne sont décelables que par la présence de liserés de galène qui soulignent les joints primaires.

La faille occidentale montre également une minéralisation associée à de la pyrite, galène, blende et barytine. Cette faille N 30°E parallèle aux petites failles synsédimentaires montre une brèche décimétrique constituée, au sommet : de clastes de silts noires et grès fins gris cimentés par de la blende (fig. 13), puis en dessous, des grès fins, silts silicifiés à barytine en gerbe et blende. Les épontes de la faille sont minéralisées sur une épaisseur de 10 cm.

Si le jeu synsédimentaire de la faille ne peut être contesté, la présence des minéralisations dans une structure majeure qui affecte des terrains postérieurs à la barre carbonatée médiane nous oblige à déduire pour celle-ci un âge bien postérieur.

- 11 -

III-2 - 2ème MANIFESTATION : RHETIEN

Ce deuxième épisode de la vie de la faille occidentale du horst de Pallières est parfaitement illustré par l'affleurement des Adams (fig. 14).

Sur la coupe que montre cet affleurement sont visibles de magnifiques slumps dans le Salifère supérieur affectant des bancs de silts. Ceux-ci sont contournés puis replissés puis scellés par des argilites grises.

Des slumps sont également observables dans les grès supérieurs et argilites bariolées.

Le contact Trias-Rhétien (datation A. COUMOUL), s'effectue par le développement d'une coulée de grès turbides puis par la mise en place d'une véritable coulée boueuse qui fossilise la paléopente constituée de paquets glissés de Trias qui confèrent à cette zone faillée, l'aspect d'un assemblage de lambeaux d'âges différents mais stratigraphiquement ordonnés : contre le plan de faille : unités du Trias inférieur (grès et silts micacés) puis unités du Trias moyen coincés entre les unités pré-citées et les unités du Trias supérieur ou la puissante série dolomitique hettangienne. En effet l'Hettangien vient recouvrir cet ensemble très fortement tectonisé puis est à nouveau effondré pour se retrouver en contact avec les unités du Trias.

Ici encore, les pulsations triasiques supérieures sont bien représentées.

A celles-ci s'ajoute un mouvement rhétien indubitable (grès turbides et coulées boueuses) confirmé par la présence le long du horst de petites brèches synsédimentaires rhétiennes silicifiées (SH 28). Sur cet affleurement l'activité du horst est donc continue durant tout le Trias supérieur et le Rhétien.



- ⑤ Grès supérieurs et argilites bariolées, slumpées
- 6 Grės turbides

- Barre carbonatée médiane fracturée et minéralisée (pyrite)
- Silicification de la faille (silice, oxyde de fer, quartz à pyrite, 80 cm d'épaisseur)
- Fig. 14 : Affleurement des Adams Roc Courbe Déformations synsédimentaires carniennes à rhétiennes.



Fig. 15 : Affleurement du Clos du Murier (AE2) Failles synsédimentaires hettangiennes ou carniennes (?)



Fig. 16 : Reconstitution palinspasthique de l'affleurement du Clos du Murier

III-3 - 3ème MANIFESTATION : HETTANGIEN (?)

La datation de cette manifestation est incertaine car elle dépend de la détermination des dolomies en présence. En effet, l'affleurement AE2 (fig. 15) montre deux failles N 25°E et N 40°E dont le jeu synsédimentaire est clairement exprimé. Elles contrôlent le développement d'un corps dolomitique qui en quelques mètres voit sa puissance passer de O à 3 m. L'activité de ces accidents est fossilisée par des bancs dolomitiques qui les recouvrent. L'âge de ce corps dolomitique pose un problème aux stratigraphes. Pour A. COUMOUL, les dolomies affectées par les failles synsédimentaires seraient d'âge Carnien (barre carbonatée médiane ; on serait alors en présence de la première manifestation décrite). Y.M LENINDRE, quant à lui, envisage également la possibilité d'un âge Hettangien

Dans le premier cas, les dolomies recouvrent des siltites et argilites du Salifère moyen ; elle passent à leur sommet, à une grosse barre dolomitique hettangienne. Il faut alors admettre la lacune de la partie supérieure du Carnien et du Rhétien. Dans la deuxième possibilité, c'est tout le Trias supérieur et le Rhétien qui feraient défaut, les premiers dépôts dolomitiques hettangiens seraient alors contrôlés par l'activité de failles synsédimentaires.

L'affleurement présente, en outre, l'intérêt de montrer les effets de la compression pyrénéenne (fig. 16). Cette dernière plisse la pile sédimentaire présente. Le Salifère est alors déformé en anticlinal dissymétrique, les lits de silts qui le composent sont microplissés alors que les dolomies, plus compétentes, ploient légèrement puis se rompent au niveau de la charnière. La déformation est alors absorbée par un déplacement en faille inverse le long du plan.

III-4 - 4ème MANIFESTATION : LOTHARINGIEN

L'affleurement en question (SH 10) se situe sur le horst, à 250 m environ de la bordure W, dans sa partie méridionale (fig. 17). Il est constitué de calcaires lotharingiens affectés par deux failles orientées N 25°E qui montrent un jeu normal évident (crochon de la faille W, Rhétien apparaissant au mur de la faille E). Le plan de la faille occidentale (fig. 18) est associée à des fentes de traction subverticales. Le plan de ces deux failles est souligné par une silicification ainsi qu'une minéralisation (blende, galène, pyrite). Son jeu synsédimentaire est clairement exprimé par un recouvrement discordant de ces structures faillées.

La structure de la minéralisation associée à la faille occidentale est particulièrement bien observable ; elle montre une minéralisation en sulfures (pyrite actuellement oxydée) qui passe dans le sédiment elle souligne alors la stratification et devient stratiforme. Le mur de cette faille est complètement recristallisé en dolomie. Il nous apparaît ici que la minéralisation est postérieure à la tectonique décrite plus haut. En effet, on vient de démontrer que la tectonique est synsédimentaire, or les lames minces indiquent bien que la minéralisation est épigénétique car postérieure à la sédimentation et postérieure à la lithification. On observe en lames minces la séquence suivante :

- 1 recristallisation en dolomite du matériel carbonaté ;
- 2 fissuration des cristaux et minéralisation par la pyrite dans les discontinuités ;
- 3 digestion, à partir des fissures créés, du matériel et recristallisation de pyrite.



(g) Recouvrement discordant tothar ingren sup.

Fig. 18 : Détail de l'affleurement de la Baraque (partie W) : faille synsédimentaire lotharingienne.



Fig. 19 : STAT.16 17 18 19 HORST DE PALLIERES SUD Distension N 105° E mésozoique PROJECTION DE SCHMIDT HEMISPHERE INFERIEUR

•	STRIE NORMALE	↔	STRIE SENESTRE	جە	STRIE DEXTRE		
Þ	DECROCHEMENT DEXTRE	0	FENTE DE TRACTION	0	FAILLE NORMALE	،	STRIE INDETERMINEE
+	DIACTASE	×	STRATIFICATION	٥	FAILLE	4	DECROCHEMENT SENEST.
LEG	ENUE						

TENSEUR MOYEN DES CONTRAINTES

CONTRAINTES	DIRECTIONS	PLONGEMENTS
σή: 0.710	205.84	87.02
σ <u>2</u> :-0.039	26.26	2.98
σ 3 :-0.671	296.26	0.02

RAPPORT DES CONTRAINTES= 0.4579

ANGLES	ENTRE	STRIES	DBSERVEE ET CALCULE	E				
	K=	1	ANGLE(SK,TK)=	2.63	NUMERO	DΕ	FAILLE=	182
	k =	2	ANGLE(SK, TK) =	0.74	NUMERD	DE	FAILLE=	184
	k =	3	ANGLE(SK,TK) =	1.71	NUMERO	DE	FAILLE=	186
	K=	4	ANGLE (SK, TK) =	1.07	NUMERD	DE	FAILLE=	188
	K=	5	ANGLE (SK, TK) =	6.53	NUMERO	DE	FAILLE=	190
	K=	6	ANGLE (SK, TK) =	3.54	NUMERO	DΕ	FAILLE=	224

,



Fig. 20: STAT.28 29 30 31 32 33 MORST DE PALLIERES CENTRE Distension N 110° E mésozoîque PROJECTION DE SCHMIDT HEHISPHERE INFERIEUR

LEGENDE

+	DIACLASE	×	STRATIFICATION	٥	FRILLE		FILON
۹	DECROCHEMENT SENEST.	⊳	DECROCHEMENT DEXTRE	۰	FENTE DE TRACTION	٥	FRILLE NORMALE
<u>~</u>	STRIE INDETERMINEE	~	STRIE NORMALE	\$	STRIE SENESTRE	\$	STRIE DEXTRE

TENSEUR MOYEN DES CONTRAINTES

	CONTRAINTES	DIRECTIONS	PLONGEMENTS
σ٦:	0.790	339.67	80,60
σ2:	-0,322	196.44	9.01
03:	-0.468	106.02	2.67

RAPPORT DES CONTRAINTES= 0.1157

ANGLES	ENTRE	STRIES	OBSERVEE ET CALCULE	ΞE				
	K=	1	ANGLE(SK,TK) =	0.38	NUMERO	DE	FAILLE=	226
	K≖	2	ANGLE (SK, TK) =	10.29	NUMERO	DE	FAILLE=	231
	K=	3	ANGLE (SK, TK) =	10.01	NUMERO	DE	FAILLE=	236
	K≡	4	ANGLE (SK, TK) =	1.51	NUMERD	DE	FAILLE=	239
	K≖	5	ANGLE (SK, TK) =	1.85	NUMERO	DE	FAILLE=	251
	K≖	6	ANGLE (SK, TK) =	8.23	NUMERD	DE	FAILLE=	304
	K=	7	ANGLE (SK, TK) =	10,75	NUMERO	DE	FAILLE=	87
	k,≢	8	ANGLE (SK, TK) =	5.85	NUMERO	DE	FAILLE≖	89





LEGENDE

O FRILLE NORMALE 👝 STRIE INDETERMINEE 🗛 STRIE NORMALE

Les deux familles principales de failles normales représentent les deux directions majeures de la faille "dyke" dont le pendage varie de 90 à 50°.vers l'ouest



DENSITES

COMPTAGE NON PONDERS POUR DIX MILLE PROJECTION DE SCHMIDT HEMISPHERE INFERIEUR

	ABOVE		800
	700		800
	500		700
	400	-	500
	300	-	400
	200	-	300
ГП	BELOW		200

Emilles.	de	faltles	:
----------	----	---------	---

birections héritées {	1 - N 35" E - 80" NM ou SE (F.N.) 2 - N 35" E - 60" NM (F.N. faille dyke)
Directions mésozolques {	3 - N 25" E - 65" W (F.N. faille dyke) 4 - N 160" E - 70" E (F.N. faille dyke)
	5 - N 115° E - 60° N (F.N. mésozolque) 6 - N 75° E - 55° N (F.N. aligocéne)

III-5 - 5ème MANIFESTATION

D'âge inconnu, ce nouveau rejeu de la faille "dyke" est associé à la silicification du plan de faille principal et des épontes de la faille (très faible au mur granitique, importante au toit triasique ou rhétien). Le jeu, synchrone de la silicification, sur des plans se créant au front de la silicification de l'éponte sédimentaire est normal. Les stries mesurées permettent de caractériser le tenseur moyen des contraintes. Celui-ci définit une distension comprise entre N 100° et 115°E et possède un rapport des contraintes variant de 0,10 à 0,45 (fig. 19-20).

Si l'on considère que le régime des contraintes est resté constant durant toute l'activité du horst de Pallières, la définition du tenseur moyen des contraintes permet de déterminer les plans qui seront <u>créés</u> sous l'effet de cette distension : ils seraient orientés N 10 à 20°E (fig. 21). Cette direction correspond aux deux tronçons de la faille qui apparaissent les plus rectilignes, constitués d'un plan unique mais également les moins silicifiés (tronçon des Adams de la zone 1 et zone 3 et 4 cf.chapitre II-2).

Les tronçons du Serre à la Ferrière (zone 1) et la zone 2 sont alors des structures préexistantes réutilisées lors de la constitution de la faille occidentale du horst sous l'effet de la distension (fig. 9). Ceci avait déjà été pressenti (chap. II-2) pour les directions N 60°E et N 90°E et permet d'expliquer pourquoi la zone 2 apparaît comme singulière :zone où l'épaisseur de la silicification est la plus importante, dédoublement de la structure quartzeuse, filons de quartz dans le granite.

III-6 - 6ème MANIFESTATION

Celle-ci correspond à une réouverture de la structure silicifiée et l'individualisation de fentes N 25° à 40° E à gros cristaux de silice limpide à boxwerks rhomboédriques.

III-7 - 7ème MANIFESTATION

C'est le rejeu de la faille principale en décrochement sous l'effet de la compression pyrénéenne. Ce jeu déjà décrit dans un rapport précédent (BONIJOLY et FREDET, 1983) est observable par endroit. Le décallage horizontal le long de cet accident semble être d'amplitude faible. Sur le horst, la déformation se concentre à l'extrémité nord du horst par un écaillage intense à la rencontre du socle cristallophyllien des Cévennes et par des décollements de sa couverture sédimentaire.

Le long de la faille, côté bassin de Mialet, le décrochement entraîne un plissotement de la couverture (plis d'entrainement cf. La Baraquette, fig. 9) et des crochons de failles inverses résultant de jeux à composante inverse lorsque la faille devient WNW-ENE (BONIJOLY, FREDET, 1983).

Il apparaît donc que le horst de Pallières a commencé à se manifester en tant que tel dans la sédimentation à partir du Trias supérieur et ce jusqu'au Lotharingien (terrain le plus récent présentant des déformations synsédimentaires). Plusieurs manifestations succèdent à ces jeux précoces, ils sont associés pour deux d'entre eux aux épisodes de silicification et pour le dernier à un rejeu en décrochement postérieur à la silicification.

III-8 - RELATIONS ENTRE MINERALISATION ET ACTIVITE TECTONIQUE DE LA FAILLE OCCIDENTALE DU HORST DE PALLIERES

Comme il a été dit plus haut, il apparaît que la minéralisation sulfurée la plus importante est postérieure au Trias supérieur et postérieure au Lotharingien supérieur en admettant qu'il n'y ait eu qu'un seul épisode minéralisateur. Au Adams, la structure du crochon de faille est complexe. Le compartimentage permet d'individualiser une lame de Trias supérieur carbonaté entre l'Hettangien et le granite (fig 14). Dans ce compartiment, les dolomies sont intensément fracturées. Les fissures sont cimentées par de la pyrite. Cette minéralisation se trouve également à proximité de la silicification de la faille majeure par ailleurs peu silicifiée soit au sommet soit à la base de la coupe. La silice a alors un faciès bréchique saccharoïde contre le granite puis microcristallin à sulfures contre le Trias.

Sur la coupe peut être établie une relation géométrique entre la présence des sulfures dans le "dyke" et minéralisation de la barre carbonatée médiane dans le compartiment effondré.

Il apparaît également que la silicification de la faille majeure est nettement postérieure au Rhétien car elle scelle les crochons de failles normales que décrivent les sédiments qu'elle silicifie (fig. 3 et 7). D'autre part, des brèches synsédimentaires rhétiennes sont également silicifiées. Un jeu en faille normale de la faille occidentale du horst est contemporain de la silicification. En effet de magnifiques plans , compris dans cette silice, montrent des stries subverticales quartzeuses syntectoniques (ces plans se localisent de préférence au toit de la zone silicifiée au contact avec les argilites et les silts triasiques ou rhétiens).

Ainsi la silice et les sulfures qu'elle contient par endroit sont contemporains d'un jeu postérieur au Lotharingien.

On a également signalé la présence de quartz haché dans le "dyke" semblant épigéniser des sulfates ou des chorures (fig. 6, barytine ?, anhydrite ? sel ?) puis la réouverture de la structure et la formation de fentes à quartz automorphes en gros cristaux à boxwerks rhomboedriques.

La disparition de la silicification de la faille du horst lorsque celleci délimite des compartiments liasiques carbonatés (terminaison méridionale du horst) permet d'envisager un processus de minéralisation (quartz et sul-
fures) de la faille "dyke" dépendant également de la lithologie de l'encaissant :

- présence d'une silicification importante de la faille lorsque les compartiments qu'elle sépare sont siliceux (silts, grès et granite).
- présence de sulfures liés à des environnements lithologiques favorables (Trias supérieur avec les salifères moyens et supérieurs ; Lias inférieur ou la possibilité de dissolution de la roche hôte est importante sans être trop éloignée des sources sulfatées du Trias).

Finalement, la chronologie des événements tectoniques, sédimentaires et minéralogiques que nous pouvons proposer est la suivante (voir tableau).

		Jeu de la faille W du horst	Sulfates	Silice et sulfures	Barytine	Fentes à Q géodiques N-S	Fentes et filons E-W
Eocène su	Dérieur	Reprise de la	a faille occident	tale du horst en d	lécrochement		
							Î
Post-Lotharingien							
]		
				I			
Lothering	ien	•					
Hettangier	n	•					
Rhétien		•					
	supérieur	•					
Trias	moyen		↓ ?				
	inférieur						

Tableau : Chronologie des événements tectonosèdimentaires et des minéralisations associés à la faille occidentale du horst de Pallières

manifestations synsédimentaires

III-9 - SINGULARITE STRUCTURALE DES ANCIENNES MINES JOSEPH ET DE LA BARAQUE

Ces anciens travaux se situent dans un compartiment effondré où apparaît du Lias sur le horst (fig 10). Le compartiment est limité par deux failles transverses au horst et les mines se situent à proximité de ces deux accidents.

Les différentes cartographies de cette zone (ALABOUVETTE, 1980 ; LENINDRE, en cours) semblent indiquer que ces failles ne traversent pas la faille occidentale du horst. Il est donc probable que ce jeu est antérieur à la compression pyrénéenne. En effet si celui-ci était postérieur, il devrait recouper la faille "dyke" et passer à l'Ouest de celle-ci. Ce jeu pourrait être associé à la distension NNE-SSW décrite plus haut (paragraphe II-2).

Les relations de ce graben avec les minéralisations semblent claires : la minéralisation de la Baraque est liée génétiquement à la présence de failles synsédimentaires lotharingiennes N 20°E (cf.paragraphe III-4). Les failles transverses au horst apparemment non minéralisées sont donc postérieures à la minéralisation, leur rôle est limité à la conservation, grâce à la formation de ce graben, d'un paquet de la couverture sédimentaire minéralisée du horst. Si les failles ont rejoué pendant la phase pyrénéenne, ce qui est fort probable, leur jeu horizontal a été certainement très faible par contre la composante inverse a du être importante. Un décalage d'ordre hectométrique de la bordure du horst vers l'Est semble donc irréaliste.

Le problème que pose alors la présence de minéralisations importantes à ces deux endroits peut alors, sur la base des observations effectuées à la Baraque, être traité de la même façon que l'amas minéralisé de la Croix de Pallières c'est-à-dire : recherche de relations géométriques et génétiques entre des accidents précoces NNE-SSW à NE-SW et présence d'une minéralisation. - 20 -

IV - TECTONIQUE DE LA BORDURE ORIENTALE DU BASSIN DE MIALET

Les effets tectoniques dans le bassin de Mialet s'expriment essentiellement sous la forme de fentes d'extension. L'observation de faille dépend essentiellement de la qualité des affleurements.

LES FENTES D'EXTENSION

7 familles sont observables dans le MésozoIque du bassin de Mialet : (fig 22) :

- fentes N 10-20°E à dolomite ;
- fentes N 20°-50°E à pyrite oxydée ;
- fentes N 90°-120°E à dolomite ;
- fentes N 60°-80°E à calcite ;
- fentes N 155°-20°E à calcite ;
- fentes N 40°-60°E à calcite ;
- fentes N 90°-140°E à calcite.

Après observation sur affleurements et analyse des lames minces, on peut établir la chronologie suivante :

1 - les fentes à dolomite N 10-20°E, sont systématiquement antérieures aux fentes à calcite (fig. 23). Leur âge est anté-cénozoIque : elles sont antérieures aux fentes à calcite résultant de la compression pyrénéenne facilement identifiables car disposées en échelon dans des zones potentielles de décrochements conjuguées. On associe à cette famille, les fentes N 20-50°E à pyrite oxydée que l'on trouve à proximité du horst (La Baraque, SH 42) car ces dernières ne diffèrent des premières que par leur remplissage. Celui-ci est contrôlé par l'activité du horst. Les fentes NW à N 50°E se sont donc formées sous l'effet d'une distension WNW-ESE, distension que l'on a déjà décrite comme active du Trias supé-

rieur jusqu'à une période post-lotharingienne. Sur la coupe de

Fig.22 HORST DE PALLIERES FENTES ET FILONS



FENTES DE TRACTION ET FILONS HORST DE PALLIERES PROJECTION DE SCHHIDT HEHISPHERE INFERIEUR

LEGENDE

C FILON

- FENTE DE TRACTION



DENSITES

COMPTAGE NON PONDERS POUR DIX MILLE PROJECTION DE SCHMIDT HEMISPHERE INFERIEUR

ABOVE		1100
1000	_	1100
750		1000
500		750
250	-	500
 100	-	250
BELOW		100

Families des fentes

(1) - N 15' E - 90' (pyr. + jur. ; dolo. + calc.) (1) - N 10' E - 50 à 60' E ou W (jur. ; quertz et dolo.) (2) - N 60' E - 90 (jur. ; dolo., quertz et sultures) (3) - N 60' E - 90' (opr. ; calc.) (4) - N 95' E - 90' (setsc. ; dolo at quartz) (5) - N 150' E - 90' (oligochem, calcite) (6) - N 155' E - 90' (pyr. calc.) (7) - N 110' E - 75' S (edsor., quartz) (8) - N 05' E - 50' W (mésoz., quertz)

dolo : dolomite, calc. : calcite pyr. : pyrénéen, jur/ : jurassique, mésoz. : mésozoique Fig. 23 Relations entre fentes N-S à dolomite et à calcite (SH 36 - Traviargues) lumière naturelle - coupe horizontale, Nord vers le haut de la photo

- 1 grosse fente à dolomite, épontes irrégulières ; l'accroissement de l'épaisseur des fentes semble s'effectuer par dolomitation de l'encaissant.
- 2 fente fine à calcite : elle recoupe nettement les précédentes
- 3 encaissant des fentes : calcaire bioclastique (bio-calcarénite packstone à clastes quartzeux $\emptyset = 0,08$ mm).

Fig. 24 Relations entre fentes WNW-ESE à dolomite et fentes N-S à calcite
(SH 47 - Maison Neuve, Lotharingien supérieur)
lumière polarisée - coupe horizontale, Nord vers le haut de la photo.
1 - fentes N 110° E à dolomite ; remplissage : cristaux en mosaïque
2 - fentes N-S à calcite recoupant les précédentes ; remplissage cristaux perpendiculaires aux épontes des fentes

 3 - encaissant des fentes : calcaire gréseux à bioclastes partiellement recristallisés(bio-calcarénite wackstone à clastes quartzeux Ø = 0,04 mm).



Fig.23



Fig.24





Trajectoire des contraintes 2ème génération

Les fentes dolomitiques sont recoupées par les fentes à calcite N-S à N 140° E, elles même recoupées par des fentes N 50° E. L'ensemble est recoupé par les fentes N 145° E à calcite. On notera les déviations de contraintes importantes à proximité du petit décrochement senestre.

÷

Fig. 25 : Fentes à dolomite et à calcite - Relations chronologiques (GR6 - La Baraque SH 11)

Traviargues, les fentes dolomitiques sont encaissées dans des calcaires sinémuriens (SH 36). Les fentes à pyrite sont, quant à elle, situées dans des dolomies hettangiennes (SH 42). La présence de ces fentes dans des terrains du Jurassique inférieur est donc tout à fait compatible avec l'âge probable Jurassique inférieur et moyen (BONIJOLY, GERMAIN, 1982).

- 2 Les fentes dolomitiques N 90-120°E (fig. 24-25) se sont formées sous l'effet d'une distension NNE-SSW décrite également le long du horst. Ces fentes sont donc contemporaines des filons de quartz qui recoupent la silicification de la faille "dyke". Leur âge peut être préciser : il est post Lotharingien supérieur (SH 46) est anté-Eocène supérieur probablement Jurassique supérieur à Crétacé (?).
- 3 Les fentes à calcites N 155-20°E et N 40-60°E résultent de la compression pyrénéenne (épisodes de compression N-S puis NE-SW). Des zones de décrochement potentiel et des décrochements leurs sont associées (fig. 26). C'est cet épisode qui est responsable du rejeu en décrochement sénestre de la faille occidentale du horst de Pallières et de l'apparition de décrochements importants dextres N 90-100°E dans la couverture (carrière du Valat des Arbousèdes SH 35). Une partie des accidents E-W qui recoupent et décallent le horst résultent de cet événement.
- 4 Les fentes N 90-140°E (fig 25-26) à calcite sont toujours postérieures aux fentes résultant de la compression pyrénéenne. Il s'agit probablement des effets de la distension oligocène qui peuvent également s'observer sur la faille W du horst de Pallières. En effet des failles N 70 à 90°E à jeu normal recoupent la faille principale (SH 1). Une partie des failles cartographiques (fig. 9) résultent de cet épisode (SH 15).



Fig. 26 : Fentes à calcite - Relations chronologiques GR 6 - La Baraque (SH 11)



1 - <u>Du Carnien au Rhétien</u>

le jeu de la faille est accompagné de déformations synsédimentaires, slumps, paquets glissés, coulées boueuses.

2 - <u>De l'Hettangien au Lotharingien</u> contrôle de l'approfondissement du bassin par les failles mais activité moins évidente

3 - <u>Post Lotharingien - anté-Jurassique</u> <u>sup</u> (?)

> silicification de la faille principale, minéralisation des poches de dissolution dans les dolomies hettangiennes. Minéralisation dans les formations rhétiennes ou triasiques par épigénie des paquets glissés (d'où leur forme en lentilles) sous la barre hettangienne.

- 1) Substrat anté-carnien
- ② Carnien

④Lias calcaire
⑤Silice

③ Rhétien

- 6 Minéralisation à Zn-Pb
- Fig. 27 : Reconstitution schématique de l'évolution de la faille occidentale du horst de Pallières (sur la base des observations effectuées aux Adams).

- 22 -

V - HISTOIRE TECTONIQUE DU HORST DE PALLIERES

Le horst de Pallières, le long duquel se répartit un grand nombre d'indices ainsi que les amas minéralisés de la Croix de Pallières, est une structure complexe, polygénique et polyphasée (fig 27).

Son activité synsédimentaire en faille normale est évidente et continue durant une période allant du Trias supérieur au Rhétien puis semble plus épisodique et plus discrète pendant l'Hettangien et le Lotharingien (les datations proposées ici sont des datations par défaut).

Durant la première période d'activité (Trias supérieur à Rhétien) se constitue une grande structure faillée de 18 km de long (horst de Pallières) sous l'effet d'une distension WNW-ESE. La grande faille occidentale du horst réutilise des fractures préexistantes du socle (Le Serre, La Ferrière, Pallières). Des sulfates précipitent dans le plan de faille alors que le long de la bordure occidentale du horst se constitue un talus par empilement d'unités sédimentaires glissées.

Cette structure rejoue à une époque ultérieure (post-Lotharingien) en faille normale. C'est pendant ce mouvement que s'effectue un important apport de silice dans la faille principale qui épigénise les sulfates préexistants.

La silicification, plus ou moins intense, présente des faciès allant du sédiment silicifié à des faciès de type quartz saccharoïde, quartz en peigne, quartz haché. Localement ces venues quartzeuses sont associées à de la pyrite (Les Adams). Elles peuvent emprunter des fractures préexistantes dans le socle, elles se présentent alors comme des filons le plus souvent parallèles à la faille principale mais pouvant avoir un pendage non conforme (filon de quartz à sulfures du Serre : N 25°E-37°W dans une faille cataclastique précoce). Une venue barytique clos cet épisode siliceux. La distension responsable de ces événements est bien caractérisée : il s'agit d'une distension N $102^{\circ}E$ à N $116^{\circ}E$, de direction particulièrement constante et ayant un rapport des contraintes R # 0,45 (fig 28). Par contre, son âge est plus difficilement déterminable. Il serait compris entre le Lotharingien et le Portlandien (on ne connait pas régionalement de distension E-W crétacée ; BONIJOLY, GERMAIN, 1982). A proximité du horst, dans la couverture liasique carbonatée, se créent des fentes de traction N $20^{\circ}E$ à N $45^{\circ}E$ à pyrite (La Baraque) alors que sur la retombée occidentale du horst apparaissent des fentes dolomitiques.

C'est durant cet épisode que l'on situe la mise en place de la minéralisation exploitée à la Croix de Pallières, au Serre ou au Pradinas.

L'activité tectonique en faille normale du horst se termine par une dernière pulsation qui ouvre la faille silicifiée. Des fentes à quartz limpides et automorphes se créent. Les cristaux renferment des boxwerks de forme rhomboédrique (ankérite ?).

L'histoire tectonique postérieure à ces événements est la suivantes :

- Jurassique supérieur à Crétacé (?) : distension NNE-SSW

Elle crée des fentes N 110°E et des filons à quartz N 90° à 110°E qui recoupent nettement la structure NNE-SSW du horst. Dans la couverture liasique carbonatée s'ouvrent des fentes à dolomite (Col de Bane). Dans le Trias, on observe de petites failles normales N 110°E (SH 7). Cette distension est probablement responsable de la formation du petit graben dans lequel est conservé la couverture liasique du horst et les minéralisations qu'elle comporte (Mine Joseph, La Baraque).

 Eocène supérieur : compression N-S et NE-SW pyrénéennes
 La compression N-S fait rejouer la faille occidentale du horst en faille sénestre. L'ampleur du décrochement semble faible, les plis d'entrainement que l'on peut observer sont de faible ampli-

tude (La Barraque). Dans la couverture mésozoique s'ouvrent des



Fig. 28 : STAT.1 COUMESSAS Distension mésozoique N 100° E et oligocène (?) N 160° E PROJECTION DE SCHHIDT HEMISPHERE INFERIEUR

LEGENDE

+	DIACLASE	×	STRATIFICATION	٥	FRILLE	<	DECROCHEMENT SENEST.
⊳	DECROCHEMENT DEXTRE	Ð	FENTE DE TRACTION	0	FAILLE NORMALE	∽	STRIE INDETERMINEE
0 +	STRIE NORMALE	\$	STRIE SENESTRE	\$	STRIE DEXTRE		

TENSEUR DES CONTRAINTES DE LA DISTENSION N 100° E MESOZOIQUE

- 1 .	CONTRAINTES	DIRECTIONS 20.35	PLONGEMENTS 73,95	
σ2: σ3:	-0.111	191.43 282.10	15.87 2.36	

RAPPORT DES CONTRAINTES= 0.4165

ANGLES	ENTRE	STRIES	OBSERVEE ET CALCULE	E				
	K≢	1	ANGLE(SK,TK) =	7.28	NUMERD	DE	FAILLE=	179
	K=	2	ANGLE (SK, TK) =	3.50	NUMERO	DΕ	FAILLE=	169
	K≠	3	ANGLE (SK, TK) =	2.00	NUMERO	DE	FAILLE=	173
	K≡	4	ANGLE (SK, TK) =	0.31	NUMERO	DE	FAILLE=	177
	K≖	5	ANGLE (SK, TK) =	2.73	NUMERO	DE	FAILLE≖	161
	K≈	6	ANGLE (SK, TK) =	3.74	NUMERO	DË	FAILLE=	175
	K≠	7	ANGLE (SK, TK) =	7.35	NUMERD	DE	FAILLE=	171

TENSEUR DES CONTRAINTES DE LA DISTENSION N 160° E OLIGOCENE (?)

	CONTRAINTES	DIRECTIONS	FLONGEMENTS
σ1	0.428	204.47	72.85
σ2	0.151	76.22	10.82
σ3	-0.579	343.66	13.15

RAPPORT DES CONTRAINTES= 0.7252

ANGLES	ENTRE	STRIES	OBSERVEE ET CALCULE	E				
	K#	1	ANGLE (SE, TE) =	0.09	NUMERO	DE	FAILLE=	200
	K=	2	ANGLE (SE, TE) =	1.96	NUMERO	DË	FAILLE=	167
	ŀ =	3	ANGLE (SK, TK) =	9.58	NUMERO	DE	FAILLE=	155
	K≡	4	ANGLE (SK. TK) =	0.54	NUMERO	DË	FAILLE=	165
	K=	5	ANGLE (SK, TK) =	0,22	NUMERO	DÉ	FAILLE=	157
	K=	6	ANGLE (SK, TK) =	8.36	NUMERO	DE	FAILLE≠	159
	K≡	7	ANGLE(SK,TK)=	0.5 4	NUMERG	DE	FAILLE=	163

fentes à calcite N 150 à 20°E et se créent ou rejouent des décrochements N 90-120°E dextres et N 35°E sénestres qui décalent la faille occidentale du horst de Pallières.

- Oligocène (?) distension N-S et N 50°E

Sont associées à ces épisodes un rejeu faible en faille normal à stries obliques de la faille du horst, des failles N 80 à 90°E normales qui décalent celui-ci (fig. 28) ainsi que, dans la couverture sédimentaire des fentes à calcite N 90 à 110°E et N 130 à 150°E.

VI - CARACTERISATION DU CADRE STRUCTURAL DES MINERALISATIONS AUX ABORDS DU HORST DE PALLIERES

La mine de Pallières se situe à proximité du horst, le long d'un segment rectiligne de la faille occidentale, segment orienté N 20-30°E qui apparait non hérité d'une tectonique antérieure. La silicification de cette faille à hauteur de l'ancienne mine est importante et décrit des fuseaux. Enfin le site s'inscrit dans un bombement anticlinal contrôlé par le jeu de failles NE-SW (faille de la cantine, faille du minerai).

VI-1 - RECHERCHE DE SITUATIONS ANALOGUES LE LONG DU HORST

Aucune autre zone ne correspond à cette définition structurale. Celles qui s'en rapprochent le plus sont les tronçons des Adams à indice de pyrite et celui de la Ferrière Est ou quelques traces de sulfures sont relevées.

VI-2 - INFLUENCE DES STRUCTURES TRANSVERSES PRECOCES SILICIFIEES

Ces structures, sollicitées par la distension WNW-ESE, sont silicifiées en même temps que la structure principale. Elles semblent contrôler pour partie la présence de minéralisations (cf. vieux travaux du Serre pour Pb-Zn à l'intersection de tronçons NNE-SSW et NE-SW).

Une telle situation ne s'est pas reproduite sur la partie du horst étudiée mais on peut, par analogie, retenir l'intersection entre les tronçons NNE-SSW et E-W située au SE de la Ferrière comme favorable.

VI-3 - INFLUENCE DE LA SILICIFICATION

Si le caractère épaisseur de la silicification est retenu comme caractère favorable à la présence de minéralisations (zones où la percolation de solutions siliceuses et minéralisées est la plus forte = zones d'ouverture), le tronçon situé au Sud de la Ferrière (entre la Ferrière et le village en ruine de Pallières) apparaît de loin le plus favorable (puissance de silicification la plus importante de tout le secteur étudié).

IV-4 - DELIMITATION DES SECTEURS STRUCTURALEMENT FAVORABLES A LA RE-CHERCHE DE GITES DE TYPE CROIX DE PALLIERES

Quatre zones sont susceptibles d'associer les différentes caractéristiques présentes à proximité d'indices ou d'amas minéralisés importants (fig. 9).

Zone 1

Située à l'Ouest des anciens travaux au Sud du Serre, cette zone se situe à l'intersection de deux directions NE-SW et N-S silicifiées et présentant de nombreux indices de sulfures.

Zone 2

Elle correspond à la prolongation d'une fracture précoce antérieure au jeu en faille normale du horst qui a été réutilisée et silicifiée lors de ce jeu. On reconnaît dans cette branche E-W de la faille occidentale du horst des faciès de quartz saccharoïde (zones d'ouverture).

Zone 3

Cette zone se situe dans une position structurale similaire à celle de la zone minéralisée de la Croix de Pallières : parallèle à la faille "dyke" à laquelle est associée une silicification très importante (20 m).

Une dernière zone dont la position est similaire à celle des minéralisations de la Croix de Pallières (faille fortement silicifiée avec quartz hachés, quartz saccharoïdes, nombreuses fentes à quartz en peigne, bombement anticlinal probablement contrôler par des failles NE-SW) ne sera pas retenu en raison des nombreux travaux de reconnaissance négatifs déjà effectués par la division minière Sud-Ouest. Il s'agit de la zone située entre le village de Pallières et la Fabrique.

VII - CONCLUSION

Il est apparu, au cours de l'étude structurale du horst de Pallières et des minéralisations qui lui sont géographiquement associées que ce horst et particulièrement sa faille occidentale avait une histoire tectonique complexe pouvant se décomposer en trois grandes périodes :

1 - du Trias supérieur au Lotharingien supérieur, l'activité tectonique de ce horst est contrôlé par une distension WNW-ESE. L'influence de cette activité sur la sédimentation est remarquable. La géométrie de la faille occidentale du horst, par endroit minéralisée par des sulfates, est complexe.

Postérieurement au Lotharingien (et probablement avant le Crétacé), le régime des contraintes reste constant. Lors de cette période, deux manifestations sont individualisées :

- 2 la première s'exprime par la silicification du plan principal du horst et par l'individualisation d'un plan de faille à son toit. Cette silicification accompagnée de sulfures épigénise les sulfates précédemment déposés dans la faille principale (quartz haché). Elle diffuse soit dans l'éponte sédimentaire ; elle est alors responsable par endroit de minéralisations importantes telle celle de la Croix de Pallières, soit par de petites failles annexes (La Baraque).
- 3 la seconde est associée à une réouverture de la faille silicifiée. Ainsi se créent des fentes à quartz limpide à boxwerks rhomboédriques (ankérite?).
 On confirme ainsi une idée déjà admise de l'origine épigénétique des minéralisations présentent dans cette région.
- 4 le rejeu pyrénéen de cette structure est de faible amplitude, suffisant pour déformer les crochons sédimentaires de la faille occidentale du horst mais trop faible pour entrainer un décalage important des structures de part et d'autre de cette faille.

L'analyse structurale de la faille occidentale du horst de Pallières entre le Gardon et la mine Joseph a permis de relever quelques singularités structurales du positionnement des minéralisations de la Croix de Pallières par rapport à la faille occidentale du horst :

- 1 La minéralisation se situe à proximité d'un tronçon rectiligne de la faille créé sous l'effet de la distension précoce triasique supérieur à liasique;
- 2 La faille du horst est fortement silicifiée, cette silicification décrit des fuseaux dont la puissance varie de 0 à 10 m;
- 3 Les failles transverses au horst (E-W et NW-SE), dans le secteur de la mine, sont toutes postérieures à la minéralisation et ne jouent aucun rôle dans le contrôle de la minéralisation.

Par ailleurs des indices minéralisés se situent dans des secteurs singuliers :

- minéralisation du Serre dans un panneau à pendage nord à l'intersection de deux tronçons sécants de la faille du horst (N 10°E et N 75°E);
- La Baraque où la minéralisation utilise une faille synsédimentaire ; zone où la perméabilité a été augmentée par fracturation précoce du sédiment.

En conséquence, il nous apparaît que trois panneaux sont en situation structurale favorable. Il s'agit :

- du secteur du Serre sud dans le prolongement du tronçon de la faille silicifiée du horst orienté N 75°E ;
- du secteur de la Ferrière sud dans une position voisine (faille silicifiée orientée N 90°E) ;

- du secteur compris entre La Ferrière et Pallières pour l'importance de la silicification présente dans la faille principale, trace d'une circulation de fluide intense.

Dans un cadre géographique plus général, la recherche de failles synsédimentaires liasiques semble être un excellent guide de recherche puisque l'essentiel de la minéralisation d'âge probable Jurassique moyen a forcément emprunter les drains préexistants que constituent ces structures précoces. Il apparaît, en conséquence, que des travaux de terrains sur un tel thème (travaux entrepris pour partie par Y.M. Lenindre) et appliqués à l'ensemble de la plate-forme externe que constitue la bordure cévenole est un sujet structuralement très favorable à la recherche de gîtes cachés sous couverture. Traviargues, les fentes dolomitiques sont encaissées dans des calcaires sinémuriens (SH 36). Les fentes à pyrite sont, quant à elle, situées dans des dolomies hettangiennes (SH 42). La présence de ces fentes dans des terrains du Jurassique inférieur est donc tout à fait compatible avec l'âge probable Jurassique inférieur et moyen (BONIJOLY, GERMAIN, 1982).

- 2 Les fentes dolomitiques N 90-120°E (fig. 24-25) se sont formées sous l'effet d'une distension NNE-SSW décrite également le long du horst. Ces fentes sont donc contemporaines des filons de quartz qui recoupent la silicification de la faille "dyke". Leur âge peut être préciser : il est post Lotharingien supérieur (SH 46) est anté-Eocène supérieur probablement Jurassique supérieur à Crétacé (?).
- 3 Les fentes à calcites N 155-20°E et N 40-60°E résultent de la compression pyrénéenne (épisodes de compression N-S puis NE-SW). Des zones de décrochement potentiel et des décrochements leurs sont associées (fig. 26). C'est cet épisode qui est responsable du rejeu en décrochement sénestre de la faille occidentale du horst de Pallières et de l'apparition de décrochements importants dextres N 90-100°E dans la couverture (carrière du Valat des Arbousèdes SH 35). Une partie des accidents E-W qui recoupent et décallent le horst résultent de cet événement.
- 4 Les fentes N 90-140°E (fig 25-26) à calcite sont toujours postérieures aux fentes résultant de la compression pyrénéenne. Il s'agit probablement des effets de la distension oligocène qui peuvent également s'observer sur la faille W du horst de Pallières. En effet des failles N 70 à 90°E à jeu normal recoupent la faille principale (SH 1). Une partie des failles cartographiques (fig. 9) résultent de cet épisode (SH 15).

BIBLIOGRAPHIE

- AUBAGUE M., COUMOUL A., LENINDRE Y.M., L'HOMER A., SUREAU J.F. (1981) : Recherche de guides de prospection pour les gites Pb-Zn liés aux strates en environnement carbonaté; Deuxième phase. Le Gîte de la Croix de Pallières (Bordure cévenole, Gard).
- AUBAGUE M., LEFAVRAIS-RAYMOND A. (1974) : Lias et Dogger de la bordure cévenole. Implications paléogéographiques. Bull. B.R.G.M section 1, n° 2, pp. 49-64.
- AUBAGE M., ORGEVAL J.J. SOULIE M., (1977) : Les gîtes minéraux de la terminaison méridionale du Massif central et de sa bordure Languedocienne (essai de synthèse). Bull. BRGM, Section II, nº 3, pp. 139-181.
- BERNARD A. (1958) : Contribution à l'étude de la province métallifère sous cévenole. Thèse d'Etat, Nancy.
- **BERNARD A. (1961)** : Contribution à l'étude de la province métallifère souscévenole. Sciences de la Terre, t.VII, n° 3-4, p. 123-403.
- BONIJOLY D., FREDET J.M. (1983) : Tectonique et sédimentation triasique dans le bassin mésozoIque d'Alès. Rapport B.R.G.M nº 83 SGN 752 GEO.

- CALEMBERT L. (1957) : Structure et minéralisations de la montagne de Pallières. (Gard, France). Ann. Soc. Géol. Belgique, nº 81, pp. 39-68.
- **LEENHARDT** R. (1972) : Le gite plombo-zincifère de la Croix de Pallières. Bull. BRGM, section II, nº 3, pp. 1-22.
- LENINDRE Y.M. (1984) : Cadre géologique des minéralisations de la bordure cévenole entre Alès et St Hippolyte du Fort. Contrat CEE N° 02.145 MSM, note technique n° 84 GEO ES 071.
- ROBELIN C. (1984) : Quelques types de manifestations filoniennes à la périphérie du bassin de Mialet-Thoiras (Gard). Helations avec la couverture. Contrat CEE N° 02 145 MSM, note technique n° 84 GEO ES 076.

LISTE DES FIGURES

- Fig. 1 : Carte géologique du secteur étudié.
- Fig. 2 : Coupe à travers la structure de Pallières.
- Fig. 3 : Silicification et rubéfaction d'un silt fin triasique à l'éponte de la faille occidentale du horst de Pallières.
- Fig. 4 : Silicification d'un grès triasique à l'éponte de la faille occidentale du horst de Pallières.
- Fig. 5 : Coupe de la faille occidentale du horst de Pallières.
- Fig. 6 : Quartz haché dans le filon siliceux de la faille occidentale du horst de Pallières.

Fig. 7 : Faille cataclastique dans le granite de Pallières.

- Fig. 8 : Coupe de la faille "dyke".
- Fig. 9 : Cartographie de la faille occidentale du horst de Pallières.
- Fig. 10 : Carte structurale de la moitié sud du horst de Pallières.

Fig. 11 : Coupe de la faille E-W minéralisée en pyrite.

- Fig. 12 : Coupe simplifiée du Pradinas.
- Fig. 13 : Détail des déformations synsédimentaires du Pradinas.
- Fig. 14 : Affleurement des Adams-Roc Courbe. Déformations synsédimentaires carniennes à rhétiennes.
- Fig. 15 : Affleurement du Clos du Murier. Failles synsédimentaires hettangiennes ou carniennes.
- Fig. 16 : Reconstitution palinspasthique de l'affleurement du Clos du Murier.
- Fig. 17 : Panorama schématique des anciens travaux de la Baraque.
- Fig. 18 : Détail de l'affleurement de la Baraque : faille synsédimentaire lotharingienne.
- Fig. 19 : Horst de Pallières Sud. Distension N 105°E mésozoIque.
- Fig. 20 : Horst de Pallières Centre. Distension N 110°E mésozoíque.
- Fig. 21 : Horst de Pallières. Failles.
- Fig. 22 : Horst de Pallières. Fentes et filons.

Fig. 23 : Relations entre fentes N-S à dolomite et à calcite.

- Fig. 24 : Relations entre fentes WNW-ESE à dolomite et fentes N-S à calcite.
- Fig. 25 : Fentes à dolomite et à calcite. Relations chronologiques.
- Fig. 26 : Fentes à calcite. Relations chronologiques.
- Fig. 27 : Reconstitution schématique de l'évolution de la faille occidentale du horst de Pallières.
- Fig. 28 : Coumessas. Distension mésozoíque N 100°E et oligocène (?) N 160°E.



QUELQUES TYPES DE MANIFESTATIONS FILONIENNES A LA PERIPHERIE DU BASSIN DE MIALET-THOIRAS (Gard) Relation avec la couverture

ANNEXE 4

87 DAM 012 DEX mars 1987

•

Contrat nº MSM-041-F

C. ROBELIN

84 GEO.ES 076

BUREAU DE RECHERCHES GEOLOGIQUES ET MINIERES SERVICE GEOLOGIQUE NATIONAL Département Carte Géologique et Géologie Générale BP 6009 - 45060 ORLEANS CEDEX 2 (France)



RESUME

L'étude de certaines manifestations filonniennes dans la structure du Horst de Pallières-Générargues apporte une contribution à la connaissance des périodes d'hydrothermalisme.

Des filons spilitiques localisés aux environ d'Anduze et de Mialet, qui correspondent à des spilites vraies, pouvant évoluer jusqu'aux micromonzodiorités quartziques sont caractérisés par l'existence d'une bordure figée, d'une paragenèse à rétromorphose hydrothermale. Des datations effectuées sur ces roches et les directions relevées sur le terrain plaident en faveur d'une mise en place tardi hercynienne et de phénomènes hydrothermaux plus tardifs, dans le cadre de la distension E-W anté-callovienne.

Le dyke quartzobarytique, jalonnant la direction cévenole a également été le siège de phénomènes sans doute hydrothermaux liés au rejeu des structures N 45. Ces rejeux ont pu se poursuivre jusqu'au Jurassique supérieur.

Avec le filon à cuivre de la Maline, il semble que l'on ait à la fois rejeux des structures liées à la distension EW (filon de quartz, silicification des conglomérats) et manifestations filoniennes plutôt en relation avec le régime de distension NS post callovienne.

I - INTRODUCTION

1-1. Cadre de l'étude

Ce rapport s'inscrit dans le cadre du contrat C.C.E. 02 145 MSM, qui prévoit une reconnaissance des indicateurs pétrographiques et géochimiques des gites cachés de la bordure sous-cévenole.

Il intègre les études faites à la suite des missions de terrain effectuées par Y.M. Le Nindre et J.F. Sureau en 1979 et 1983, Y.M. Le Nindre en 1984, C. Robelin en 1983 et 1984, et notamment les études pétrographiques (M. Tegyey et V. Johan). Les travaux réalisés sur le horst de Pallières-Générargues et sur la bordure occidentale du bassin de Mialet-Thoiras ont permis de reconnaître le tracé des filons, leurs rapports avec le socle granitique et la couverture sédimentaire triasique ainsi que leur liaison avec les phases de structuration régionales.

1-2. Objectif

L'importance des manifestations filoniennes affectant le granite dans la région du horst de Pallières-Générargues avait déjà été soulignée lors d'une mission effectuée par Y.M. Le Nindre et J.F. Sureau en mai 1983 (rapport 83 GEO ES 064), dans le cadre du contrat C.C.E 02 145 MSM.

Les minéralisations connues dans cette partie de la bordure souscévenole sont, au moins pour certaines, liées à un contrôle hydrothermal, dans un contexte de tectonique active associée à un gradient géothermique élevé et une diagenèse accentuée (Y.M. Le Nindre, rapport 84 GEO ES 005). L'étude des filons recoupant le granite s'inscrit donc dans le cadre de la recherche des indices de paléoflux thermiques, en complément avec des méthodes telles que l'étude de la catagenèse de la matière organique (G. Gonzalez, rapport en cours d'édition). 1-3. Objet

Dans ce travail, plusieurs types de manifestations filoniennes ont été étudiés :

- les filons spilitiques, pour partie reconnus depuis longtemps (carte géologique à 1/50 000e d'Anduze, 1972 - Thèse de J.L. Poidevin, 1973). Ils ont été examinés dans deux secteurs :

- secteur d'Anduze (voir fig. 1)
- secteur de Mialet, sur le flanc ouest du Horst, au sud du hameau d'Aubignac (voir fig. 2)

- le "dyke" quartzo-barytique, qui jalonne la bordure du Horst, affectant le socle granitique et la couverture sédimentaire triasique.

- le filon "à cuivre" de la Maline, au N.E de Sainte-Croix de Caderle, qui recoupe granite et Trias inférieur et moyen.

2 - LES FILONS SPILITIQUES

2.1 Localisation

2.1.1 Les filons du secteur d'Anduze (fig. 1)

Plusieurs occurences de filons spilitiques ont été reconnues de part et d'autre de la butte formée au confluent des gardons de Mialet et de Saint-Jean, à environ trois kilomètres au Nord-Ouest d'Anduze.

Au Nord, dans le lit du gardon de Mialet (Point 37), un filon de direction N 15 et de pendage 50°N285, recoupe de façon très tranchée le granite (Y.M. Le Nindre et J.F. Sureau, 1983). D'une puissance de 3,60 m, de teinte dominante rose, avec un faciès vert sur 20 cm aux épontes (photo 1, pl. 1). Vers le Nord, il est visible sur le talus de la D 50, dans le parking face à l'hôtel des "Trois barbus" (point 27) où il se digite en un filon W de 3 m, orienté N4 avec pendage de 60° N 274 et un filon E de 10 cm seulement, de direction N 10 et pendage 65° N 280. Le filon principal se prolonge dans le taillis en direction du Pradinas, sur une centaine de mètres, avant d'être bloqué, semble-t-il par un filon siliceux vertical N 115 (point 28).

Au sud, plusieurs affleurements sont repérés, sur les rives du gardon de Saint-Jean :

- en rive gauche :

- au niveau du poteau/transformateur sur le petit chemin qui surplombe l'entrée du tunnel de la voie ferrée d'Anduze (point 32). Direction apparente N 15
- dans le lit d'étiage, en face de l'ancienne papèterie (point 38)

- en rive droite :

. sur le talus gauche de la route qui descend depuis la D 907 jusqu'à la rivière, juste derrière la papèterie (point 30)



Fig. l : Localisation des échantillons du secteur d'Anduze l

- A carte à 1/25 000e
- B Position des échantillons
- C Affleurement du point 27





sur le talus sud de la D 907 où l'on distingue d'une part un filon N10, pendage 70°N 280, derrière la papèterie (point 36) et d'autre part, à une centaine de mètres plus à l'Est, un filon N18 avec un pendage de 55°N 288 (point 29).

2.1.2 Les filons du secteur de Mialet-Aubignac (fig. 2)

Dans le lit du Gardon de Mialet, juste au sud du hameau d'Aubignac, à proximité amont du pont de crue, on observe (Y.M. Le Nindre 1983, C. Robelin, 1983) un filon spilitique vert pâle et un filon microgranitique blanc se recoupant.

En rive gauche, le filon spilitique, d'une puissance de 2,60 m, est dirigé N 155. En rive droite, et dans le cours d'eau, il se divise en deux branches (de 1,50 et 1 m), prenant une direction N 120. De part et d'autre de la rivière, le filon microgranitique a une direction N 45.

2.2 Données pétrographiques

Une vingtaine d'échantillons ont été étudiés, récoltés au cours des différentes missions, dont on trouvera les diagnoses complètes en annexe. Ces roches se situent dans un éventail allant de la spilite vraie (roche de la lignée basique avec de l'albite comme plagioclase) à une micromonzodiorite quartzique. Dans la paragenèse, plusieurs faits apparaissent, confirmant ou venant expliquer les observations du terrain.

1) Les bordures des filons sont de type bordure figée.

La texture microlithique fluidale évoque celle des laves et caractérise un refroidissement très rapide contre un encaissant froid. Le coeur des filons est plus nettement microgrenu, traduisant un refroidissement plus lent.

Dans le cas du filon " des trois barbus" (Ech. YLN 83-441, 442 et 45), les épontes apparaissent plus riches en chorite et moins riches en calcite et quartz que le coeur, où l'on peut observer une très fine pigmentation d'oxydes de fer et hématite (?). Cela explique la teinte verdâtre des épontes et rose de la partie centrale du filon.

6

2) Une différenciation latérale au sein d'un même filon

Les échantillons CR 83-24, YLN 83-3 provenant du même filon mais distants d'une centaine de mètres, permettent de "voir" le passage d'une paragenèse à cachet nettement spilitique (YLN 83-3) à une paragenèse de micromonzodiorite quartzique (CR 83-24). En première hypothèse, cette différenciation pourrait être mise en relation avec une influence plus ou moins grande de l'encaissant granitique (possible assimilation locale).

3) Un hydrothermalisme rétromorphosant

Ce sont essentiellement les ferromagnésiens qui sont touchés. Reconnaissables surtout par leurs formes, les amphiboles (calciques ?) sont transformées en un assemblage calcite, chlorite. Les biotites sont le plus souvent totalement chloritisées. Notons qu'au contact du filon des "trois barbus", les biotites du granite sont nettement affectées par cette chloritisation, ce qui n'est pas le cas à proximité du filon microgranitique (Ech. YLN 83-42, au point 37).

2.3 Données de la géochimie isotopique : Datations (J.C. BAUBRON et J.F. SUREAU)

Les échantillons YLN 83-44 et 45, prélevés dans le gardon de Mialet (point 37) au sein du filon spilitique des "Trois barbus" (coeur et épontes), YLN 83-46, provenant du granite au contact, YLN 83-42, du granite à proximité d'un filon de microgranite blanc (même affleurement) et YLN 83-68, prélevé au sein du massif granitique (point 68), ont été datés suivant la méthode K/Ar (fig. 3).

Les résultats obtenus indiquent :

- un rajeunissement du granite au contact du filon spilitique
- une ou deux phases de rajeunissement de ce même filon et/ou une possibilité de mise en place très largement postérieure à celle du granite.
- un rejeu encore plus récent selon la direction N 155, c'està-dire celle du filon microgranitique.

7



	Nature de la roche	К %		Age
68	Granite		Biotite	300
46	Granite au contact du filon		Biotite	287 <u>+</u> 5
44	Bordure figée du filon	4.30	Roche totale	187
45	Coeur du filon	3.68	Roche totale	167
42	Filon aplitique	3.38	Roche totale	160

Fig. 3 : Localisation des échantillons de spilites et granites datés par la méthode K/Ar - Résultats (Données J.C. Baubron et J.F. Sureau)
Ils soulignent l'existence de réactivations des structures N 10 pénécontemporaines du dépôt de la couverture sédimentaire, sans exclure même la possibilité d'une mise en place synsédimentaire des spilites et des microgranites.

Signalons que le granite de Pallières, daté ici (point 68) à 300 MA (limite Westphalien-Stéphanien) serait nettement plus récent que les granodiorites porphyroïdes de Saint-Guiral-Liron, que J.L. Poidevin (1973) rattache à une phase tardi-calédonienne, datée à 410 MA dans le massif de l'Aigoual (Y. Vialette, 1971 et J.L. Poidevin, 1973).

2.4 Interprétations

2.4.1 Relations avec la structuration régionale

L'affleurement du hameau d'Aubignac (fig. 2) est particulièrement instructif. Le filon spilitique recoupe un filon microgranitique de direction N 45 (direction dite cévenole), que l'on peut considérer comme tardigranitique. Cependant, un rejeu selon cette direction semble avoir affecté le filon spilitique (si l'on considère les directions divergentes de ce filon de part et d'autre du microgranite). De tels rejeux selon N 45 sont connus pendant le Trias et toute la période antépyrénéenne. En ce qui concerne la direction propre du filon spilitique, l'interprétation reste à faire. Il convient tout de même de remarquer que N 155 est la direction du filon microgranitique observé dans le gardon de Mialet (point 37) et sur lequel une mesure à 160 MA a été obtenue (Bathonien terminal).

Le secteur d'Anduze offre une réelle homogénéité dans les directions filoniennes observées, globalement NS. Elles peuvent être reliées à la phase de distension E-W, ayant commandé la structuration de cette région depuis le Westphalien-Stéphanien inférieur jusqu'au Callovien (après cette période, une distension N-S avec structuration E-W prend le relai).

On pourrait alors estimer que les filons spilitiques ont été mis en place en période tardi-hercynienne. Ce genre de manifestations hypovolcaniques correspond fréquemment à une activité tardi-granitique.

2.4.2 Rapports avec la couverture sédimentaire

L'éventuel passage des filons dans les assises triasiques a été systématiquement recherché, jusqu'ici sans succès. Cet argument négatif plaide pour une mise en place tardi-granitique (tardi-hercynienne), antécouverture, que l'on peut adopter comme hypothèse de travail.

2.4.3 Arguments pétrographiques et de la géochimie isotopique

Les minéraux tels que chlorite, calcite, épidote, observés en rétromorphose d'une paragenèse ferromagnésienne primaire témoignent d'au moins un stade d'hydrothermalisme, postérieur à la mise en place des filons de spilites. L'existence d'une bordure figée explique une certaine ségrégation des phases minérales et un comportement différent face à un hydrothermalisme tardif (chloritisation plus poussée aux épontes).

Compte tenu du fait que les datations ont été obtenues pour partie sur roche totale, les âges Bathonien basal et Toarcien inférieur ne correspondent peut être pas réellement aux périodes de réactivation des structures liées à la distension anté-callovienne. On pourrait envisager que les valeurs obtenues soit intermédiaires entre l'âge de mise en place des filons et l'âge des flux hydrothermaux. La valeur de 287 MA donnée par les biotites chloritisées du granite aux épontes pourrait de même correspondre à une moyenne entre l'âge du granite (300 MA) et l'âge de la chloritisation, liée à l'hydrothermalisme.

Ainsi, on pourrait, comme hypothèse de travail, situer la mise en place des filons spilitiques entre 287 et 245 MA, si l'on accepte leur venue avant le dépôt de la couverture.

L'hydrothermalisme serait lié à un rejeu des structures N-S, intervenu au plus tard vers 167 MA. La valeur de 160 MA obtenue pour le filon microgranitique non hydrothermalisé, pourrait être interprétée comme reflétant soit :

- une mise en place vers 160 MA (Bathonien terminal) avec un hydrothermalisme associé n'affectant que les spilites,

- une mise en place vers 160 MA, avec un hydrothermalisme des spilites au cours du Bathonien (entre 160 et 167 MA).

10

N'oublions pas, en dernier lieu, l'hypothèse d'un hydrothermalisme "syn-mise en place" des spilites. Certains auteurs ont en effet envisagé, pour expliquer la paragenèse spilitique, une assimilation d'eau de mer par le magma originel (G.C. AMSTUTZ, Spilites and Spilitic rocks, 1974). Dans ce cas, 167 MA pourrait être l'âge réel de mise en place des filons spilitiques étudiés.

2.5 Conclusion

Les données actuelles permettent de penser que la mise en place des filons s'est faite avant le dépôt des premières assises sédimentaires dans une fourchette d'âge allant de 287 à 245 MA (limite Permien-Trias). Le massif granitique hote était alors déjà refroidi, mais la venue du matériel spilitique s'inscrit dans le cadre d'une activité tardi-hercynienne de type hypovolcanique. Au moins dans le secteur d'Anduze, cette activité semble être le reflet d'un rejeu des structures N-S liées à la distension E-W anté callovienne.

Les évènements hydrothermaux ayant affecté les filons spilitiques et le granite aux épontes sont par contre pénécontemporains du dépôt de la couverture sédimentaire, en liaison possible avec une réactivation des structures mises en place lors de la distension E-W. Ils se seraient produits au plus tard vers 167 MA (Bathonien inférieur).

3 - LE "DYKE" QUARTZO-BARYTIQUE

3.1 Localisation

L'appelation "dyke" reflète un aspect en lame très marqué dans le paysage. A l'affleurement, le dyke affecte tantôt les assises sédimentaires du Trias inférieur (point 16, Y.M. Le Nindre 1983), tantôt le granite (points 26,34). Des études sont en cours (H. Gorzavsky) et on se limitera dans ce rapport à donner quelques résultats assortis d'une illustration de la pétrographie.

3.2 Données de la pétrographie

Globalement, la silicification domine, associée à un développement subordonné de barytine et de pyrite. Une rubéfaction généralisée se manifeste avec présence d'oxydes de fer, dont Hématite.

En lame mince (Ech. CR 84-22 A et B), on peut observer plusieurs stades de croissance siliceuse automorphe, avec piégeage rythmique d'impuretées. Ces zonations sont en reliques dans une mosaīque hétérogranulaire quartzeuse, traduisant une recristallisation tardive. Dans la porosité ménagée entre les cristaux zonés de quartz, sont piégées des plages de pyrite oxydée et de locales barytines tardives. La barytine apparaît le plus souvent en lattes entrecroisées ou en gerbes, en fantômes dans la trame siliceuse. Egalement en filigrane dans cette trame, on distingue des fragments de lithoclastes plurimillimétriques de grès fin à muscovite, très ferruginisés. Les pseudomorphoses de barytine sont plus ou moins accentuées selon les endroits. Ainsi, près d'Anduze (point 34), la barytine est encore largement exprimée, en gerbes, associée à la pyrite, alors que vers la mine Joseph (point 16), elle est totalement pseudomorphosée.

Il serait intéressant d'étudier la cathodoluminescence de l'ensemble de ces phases pour affiner la chronologie.

3.3 Données de la géochimie isotopique (fig. 4)

Les échantillons analysés (méthode K/Ar) proviennent des environs de la mine Joseph, près de la ferme Colpart (point 16). Les dosages effectués sur les muscovites syncinématiques des grès psammitiques silicifiés du Trias inférieur ont donné un âge Ladinien-Carnien (233-219 MA) alors que les Feldspaths indiqueraient un rajeunissement au Jurassique supérieur (120-147 MA).



Fig. 4 : Localisation des échantillons datés par la méthode K/Ar et résultats (Données J.C. BAUBRON et J.F. SUREAU) Col. l et 2 : grès psammitique fin silicifié datation sur micas syncinématiques233 et 219 MA datation sur Feldspaths 120 et 147 MA

3.4 Conclusion - Rapport avec la structuration régionale

L'orientation globale N 25 du dyke s'inscrit dans la structure du Horst dont il jalonne la bordure W. Il correspond à une manifestation selon les directions cévenoles, dont les rejeux sont connus au Trias et pendant la période antépyrénéenne.

4 - LE FILON "A CUIVRE" DE LA MALINE (Fig. 5)

4.1 Localisation

Ce filon, signalé par POIDEVIN (1973) présente la caractéristique de recouper le socle granitique et la couverture rhétotriasique. La structure locale au voisinage de "la Maline" est celle d'une fracture jalonnée par une zone silicifiée N 20 mettant en contact à l'W une série triasique débutant par des conglomérats, à pendage NW, et à l'E le granite bientôt surmonté par les assises triasiques inférieures à pendage SE. Le filon proprement dit recoupe cette structure selon une direction N 125-130 et s'accompagne d'une série de diaclases parallèles.

4.2 Données pétrographiques

La paragenèse reconnue par Poidevin est la suivante (1973, p. 42) :

- galène abondante, avec inclusions de cuivre gris et de chalcopyrite et altérée largement en cérusite.
- cuivre gris dans la galène ou la cérusite, associée à la chalcopyrite.
- chalcopyrite isolée dans la gangue ou en inclusion dans la galène ou la cérusite. Remplacée partiellement par la covelline de cémentation.
- Argentite de cémentation, souvent associée à la cérusite
- Barytine qui, avec le quartz forme la gangue. Elle est syncristalline de la galene.



Fig. 5 : LOCALISATION (A) et SCHEMA D'AFFLEUREMENT DU FILON DE LA MALINE (B)

La chronologie avancée est la suivante (Poidevin 1973)

Cuivre gris		
Chalcopyrite	<u> </u>	
Galène		
Barytine		
Quartz		
Covelline		-
Argentite		
Cérusite		_

Le filon recoupe successivement les conglomérats silicifiés, des silts, des argilites noirâtres, des dolomies et grès en corps plus ou moins lenticulaires, du Trias moyen possible.

4-3 Interprétation, discussion

Si la direction N 20, matérialisée par un filon quartzeux et une silicification des conglomérats, semble bien liée au régime de distension E.W. anté callovienne, le filon à "cuivre" s'apparente plutôt au régime de distension N.S post callovienne, avec structuration E.W.

L'allure des assises sédimentaires de part et d'autre de cette direction N 24, la présence des silicifications, du granite, font penser à une structure en minihorst, réplique du horst de Pallières Générargues, dont elle adopte grossièrement la direction. Le filon quartzeux N 20 et la lame de conglomérats silicifiés prendront alors valeur de petit "dyke".

5 - CONCLUSION GENERALE

Cette étude rapide de quelques unes des manifestations filoniennes associées à la structure du Horst de Pallières-Générargues souligne la complexité des phénomènes, notamment au niveau tectonique. Les filons spilitiques font partie d'un cortège de manifestations tardi-hercyniennes. Les rétromorphoses minérales que l'on

peut y observer témoignent de flux hydrothermaux pénécontemporains du dépôt de la couverture sédimentaire anté Bathonien inférieur. D'autres

phénomènes hydrothermaux se sont également manifestés, en relation avec les rejeux des structures cévelones N 45 ayant pu intervenir au moins jusqu'au Jurassique supérieur (120-147 MA).

Il est certain que l'étude des filons ne fait que confirmer l'existence des flux hydrothermaux, mais il est probable qu'une multiplication des datations sur minéraux triés contribuerait à mieux cerner certaines périodes d'émission de ces flux. PLANCHES PHOTOGRAPHIQUES

PLANCHE 1

- Photo l : Affleurement des trois barbus, montrant le filon spilitique et l'encaissant granitique. La teinte est rose pale, avec un verdissement localisé aux deux épontes.
- Photo 2 : Vue du granite encaissant, caractéristique par ces gros cristaux de feldspath potassiques, zonés, pluricentimétriques.
- Photo 3 : Détail de ce granite au microscope optique. Les biotites sont fraiches et les plagioclases sont assez discrètement saussuritisés. x 28, lumière polarisée-analysée

Photos 4 - 5 : microfaciès des spilites

4 : texture microlithique fluidale avec petits phénocristaux de feldspaths, d'anciens ferromagnésiens épigenisés en chlorite (en bas à droite) ou calcitisés puis dissouts (en haut à gauche, probable amphibole). La chlorite (en bleu) est très abondante entre les microlithes d'albite. x 28 lumière polarisée - analysée.

5 : même paragenèse avec une texture plus microgronue, traduisant un refroidissement plus lent. x 28, lumière polarisée - analysée. PL. I











PLANCHE 2

- Photo 1 : apatite en latte canaliculaire dans la texture microlithique. x 280, lumière polarisée, analysée
- Photo 2 : Couronne de calcite autour d'un phénocristal de quartz. La calcite se présente également en fins granules disséminés entre les microlithes. La chlorite pseudomorphose d'anciens ferromagnésiens, ou remplit des lithophyses. x 28, lumière polarisée, analysée.
- Photo 3 : Apatite striée, x 112, lumière naturelle
- Photo 4 : Tablette d'apatite montrant le canalicule central. Ancien ferromagnésien altéré en chlorite séricite, avec développement de leucoxène. x 280, lumière naturelle.
- Photo 5 : Ancien ferromagnésien probable (amphibole ?) avec développement de chlorite, séricite, apatite parfois canaliculaire et quartz. Le leucoxène est également abondant. x 112, lumière naturelle.

PL. 2











PLANCHE 3

- Photo l : Assemblage de chlorite et séricite dans une probable lithophyse. Noter le développement en gerbe de la séricite. Le leucoxène est présent en tache et le quartz tardif est confiné en bordure. x 112, lumière polarisée, analysée.
- Photo 2 : même plage, lumière naturelle
- Photo 3 : vue d'une zone fissurée, avec un comportement axiolithique de la chlorite délimitant des espaces à séricite. x 280, lumière polarisée, analysée.

Photo 4 : idem, lumière naturelle.

PL. 3



PLANCHE 4

- Photo l : zonation ancienne dans les quartz avec pigmentation d'opaques par bandes, puis recristallisation recoupant les plages antérieures. La pyrite se développe dans la porosité résiduelle laissée par la première phase de nourrisage. x 28, lumière polarisée, analysée.
- Photo 2 : idem, lumière naturelle
- Photo 3 : détail montrant l'aspect tardif de la Barytine, au moins par rapport à la première phase de nourrissage. Elle occupe les mêmes sites que la pyrite. x 28, lumière polarisée analysée.

Photo 4 : idem, lumière naturelle.

PL. 4

3







ANNEXE

ETUDES PETROGRAPHIQUES

Une partie de ces diagnoses a été établie par/ou avec le concours de V. JOHAN, ou reprend certaines données déjà diffusées (M. TEGYEY, 1979, rapport GEO 144). Ech. SPI-2 B 23 858 (point 27)

NOM

SPILITE (filon)

STRUCTURE Réseau de microfissures discrètes, soulignées parfois par des produits d'altération ferriféres

TEXTURE Microlithique, fluidale, porphyrique

CONSTITUANTS l - Phénocristaux : assez fréquents, de trois types :

- . Type 1 : Plagioclases : d'une taille maximum de 1 mm, ils sont soit isolés dans la roche, soit en petits syneusis. Ils sont généralement trapus, présentant le plus souvent une macle de type Carlsbad, plus rarement une macle grossière de type albite. Quelques individus ont une macle mixte ou une macle albite très fine. L'altération de ces phénocristaux correspond à une séricitisation modérée en fines paillettes (15 x 3 μ), à une chloritisation dispersée, en fines plages canaliculaires guidées par les orientations des clivages et, en dernier lieu, à un développement de petits amas (Ø 10 à 20 µ) ferrotitanés plus ou moins alignés sur les clivages également et pouvant comporter de l'épidote. Des inclusions de cristaux automorphes limpides d'apatite, en tablettes hexagonales ou en baguettes sont fréquentes dans certains phénocristaux. De la pyrite, le plus souvent altérée en hématite existe dans de rares cas.
 - . <u>Type 2</u>: Paillettes allongées totalement pseudomorphosées principalement par de la séricite plus ou moins teintée d'oxydes de fer et pouvant être légèrement pléochroique. A cette séricite sont associés de la chlorite fréquente, d'abondants petits granules de produits ferro-titanés (leucoxène), ainsi que quelques cristaux automorphes d'apatite et ponctuation d'épidote. Malgré cette pseudomorphose totale, les clivages du minéral originel sont respectés. Ces lattes peuvent être soit isolées, soit faire partie d'un groupe de phénocristaux comprenant des plagioclases.

L'habitus de ces minéraux plaiderait en faveur d'une origine de type biotite.

 <u>Type 3</u>: Amas chloriteux, le plus souvent assez limpides en lumière naturelle, comportant rarement des ponctuations d'opaques de type leucoxène. Ils se présentent soit sous forme de prismes rectangulaires, isolés ou en faisceau, soit sous forme triangulaire ou fréquemment irrégulière. Dans ces minéraux pseudomorphosés, la chlorite constitue le minéralprincipal,associée à des séricites parfois teintées d'oxydes de fer. Ces deux phyllites présentent des habitus particuliers. La chlorite se présente en assemblages de petits éventails, alors que la séricite se développe plutôt en gerbes foisonnantes. Il est remarquable de noter que ces phyllites s'organisent en une juxtaposition de zones d'aspect géodique semblant délimitées plus ou moins par des directions de clivages ou de microfissures. A l'intérieur de ces zones, on peut observer une séquence particulière faisant se succéder, de la périphérie au coeur, les minéraux suivants :

- chlorite à polarisation gris bleu et aspect plus ou moins concrétionnaire

- cavité comprenant tout d'abord une zone à chlorite polarisant dans des teintes cuivrées, puis au coeur, séricite en gerbe, polarisant dans les jaunes du premier ordre, jaune également en lumière naturelle, légèrement pléochroique. Dans certains, le coeur de ces zones géodiqués peut être ouvert ou occupé par des oxydes de fer.

De l'apatite automorphe et de la pyrite pseudomorphosée en hématite sont associées à ces minéraux chloritisés ainsi que, très exceptionnellement, de la calcite qui semble alors occuper une place très centrale dans la séquence décrite plus haut. Ce type de phénocristaux chloritisés pourrait correspondre davantage, compte tenu de son habitus, à d'anciens ferromagnésiens de type amphiboles.

* A côté de ces trois types de phénocristaux, on peut observer un certain nombre de cavités, d'aspect prismatique et qui correspondent à l'évidence à d'anciens phénocristaux lessivés. Certaines de ces formes rappellent très fortement celles des amphiboles. Il peut y subsister des produits chloriteux et sériciteux ainsi que, très rarement, de la calcite. Il est très possible que le lessivage de ces phénocristaux corresponde en fait à une dissolution de leur pseudomorphose calcitique, ce qui traduirait plutôt une nature calcique originelle.

> $2 - \underline{\text{les microlithes}}$: d'aspect généralement greles (20 x 40 μ) ou trapus parfois, ils forment des groupes qui semblent divergents mais s'inscrivent en fait dans une fluidalité assez nette, avec moulage des phénocristaux. Ils correspondent à de l'albite, présentant le même piquetis d'altération ménagée que les phénocristaux d'albite déjà décrits.

3 - <u>la mésostase</u> : très peu abondante, elle est entièrement recristallisée en divers minéraux :

- albite probable, intersticielle, très xénomorphe
- quartz xénomorphes fréquents, fins
- amas granulaires de leucoxène
- chlorite polarisant dans les bleus du premier ordre (penine ?)

4 - Minéraux accessoires :

- <u>Apatite</u> soit en association avec les phénocristaux pseudomorphosés, principalement, soit isolée dans la matrice. Elle se présente en tablettes hexagonales montrant parfois une inclusion centrale, ou en prisme allongé avec rare canalicule médian de teinte ambrée.

- quartz, isolés ou en amas globulaires, peu fréquents

- <u>pyrite</u>, en fines ponctuations ou en cristaux automorphes altérés en hématite, isolés ou associés aux phénocristaux.

5 - <u>Vacuoles</u> : Un certain nombre parmi les amas chloriteux ne rentre pas dans la catégorie des phénocristaux pseudomorphosés. Leur forme très irrégulière, amiboide parfois, plaide plutôt en faveur d'une origine vacuolaire. De plus, la frange externe de ces amas correspond souvent à des quartz automorphes ; leur remplissage est de type géodique, à chlorite biphasée et séricite, exceptionnellement calcite. Cependant, ces vacuoles ne sont nullement apparentées aux vacuoles bien délimitées qui caractérisent les mises en place sous "faible" profondeur d'eau (< 1 000 m).

DIAGENESE Cette roche présente les caractères classiques d'un hydrothermalisme ayant affecté principalement les minéraux ferromagnésiens. Ces transformations conduisent à une paragenèse de type chlorite, séricite, épidote, calcite, pyrite et quartz.

Remarquons ici que le caractère fluidal est généralement attribué à des laves, alors que les filons sont plutôt caractérisés par des textures grenues ou microgrenues.

Ech. JPI-3 B 23 849 (point 27)

NOM SPILITE (filon)

STRUCTURE Réseau de microfissures avec oxydes de fer associés

TEXTURE Microlithique porphyrique fluidale.

Cette roche est en tous points semblable à SPI-2, avec peut être une plus grande proportion de phénocristaux lessivés.

Ech. SPI-4 B 23 860 (point 27)

NOM

SPILITE (filon)

STRUCTURE Homogène, à rares microfissures

TEXTURE

Microlithique grossièrement fluidale, à tendance microgrenue, porphyrique

Par rapport au type représenté par SPI-2, des différences importantes apparaissent :

- caractère très discret des pseudomorphoses à séricite mica blanc
- très peu de phénocristaux lessivés
- très fréquentes pseudomorphoses d'anciens ferromagnésiens (amphiboles probables) par de la calcite (probable absence de lessivage de cette calcite)
- caractère moins fluidal, avec des microlithes plus trapus et plus gros (200 x 100 µ)
- pigmentation d'oxyde de fer, hématite plus fréquente ce qui détermine une teinte rose pale
- calcite assez fréquente dans la mésostase et localement en altération des feldspaths (phénocristaux ou microlithes).

Cet échantillon est donc plus proche par sa texture des roches spilitiques filonniennes et sa paragenèse, plus riche en calcite a une signature plus classiquement spilitique que l'échantillon SPI-2 (qui paraît avoir été tardivement lessivé de ses carbonates par météorisation ?) Ech. YLN 83-5 B 51619 - filon des "Trois barbus" (point 37)

SPILITE

NOM

Cet échantillon est très voisin de SPI-4 par sa texture microlithique grossièrement fluidale, porphyrique, à tendance microgrenue et sa paragenèse secondaire à chlorite, calcite, quartz, pyrite. Cependant, la présence de phénocristaux en lattes partiellement séricitisées le rapproche de SPI-2.

On observe dans cet échantillon quelques zones allongées subparallèles, dont la texture est différente (mosaïque microgrenue orientée) avec une composition essentiellement albitique et chloriteuse. L'orientation est soulignée par la forme allongée des plages chloriteuses et par la présence de filets de leucoxène et de pyrite altérée en hématite.

La présence de ces différenciations à l'intérieur de la roche pourrait en première approximation, correspondre à une ségrégation synrefroidissement mais prehydrothermale (en liaison avec la proximité des épontes ?). Ech. YLN 83 442 B 54000 près d'une des épontes (point 37)

NOM

SPILITE, filon

STRUCTURE Homogène (non fissurée)

TEXTURE Microlithique, fluidale, porphyrique

Par sa texture et d'une manière globale par sa paragenèse primaire et secondaire, cet échantillon est tout à fait identique à SPI 2 et SPI 3. La différence principale avec ces derniers réside dans le fait que les minéraux prismatiques ne sont pas lessivés mais ont conservés leur pseudomorphose en calcite.

Ech. YLN 83 441 B 53999 près de l'autre éponte (point 37)

Cet échantillon montre les mêmes paragenèses primaires et secondaires que YLN 442, mais en diffère légèrement par :

- un aspect fluidal nettement estompé du fait d'une proportion moindre de microlithesen lattes
- une plus grande proportion de quartz intersticiel ou en petits amas.

Ech. YLN 83 45 B 54001 Coeur du filon (point 37)

Cet échantillon diffère des échantillons prélevés à proximité des épontes (YLN 441 et 442). Il est identique à SP 14, avec une texture microlithique grossière, à tendance microgrenue, quasi-absence de séricite, quartz intersticiel fréquent. On retrouve d'autre part cette pigmentation fine d'oxydes de fer.

Ech. YLN 83 46 B 54002 - Granite au contact du filon (point 37)

GRANITE A BIOTITE

Par rapport à une roche saine, on peut remarquer que les biotites sont très largement chloritisées, et ont perdu une bonne part de leur pléochroisme.

Ceci est très probablement à mettre en relation avec l'hydrothermalisme dont témoigne le filon.

```
YLN 83 433 B 53998 - Granite à proximité d'un filon de microgranite
(point 37)
```

(filon blanc crème)

Les biotites sont ici très saines, non chloritisées, fortement pléochroïques. Les feldspaths sont par contre beaucoup plus séricitisés que ceux de l'échantillon YLN 46. Ech. YLN 83-3 B 50 116 (point 38)

NOM SPILITE à Quartz

STRUCTURE Nettement fissurée

TEXTURE Microlithique grossière à nette tendance microgrenue, porphyrique.

Cet échantillon évoque fortement SPI-4 et YLN 83-5 par sa texture et sa paragenèse primaire et secondaire. Il en diffère cependant par la présence de phénocristaux globuleux primaires de quartz, à golfes, qui sont souvent auréolés de calcite, mais également :

- par la plus grande abondance de phénocristaux en lattes pseudomorphosés par de la chlorite.

- par l'aspect plus squelettique des microlithes

Il semble également que tant dans les microlithes que dans les phénocristaux, la macle de l'albite soit plus fréquente.

La calcite, outre sa localisation en pseudomorphose des minéraux et dans la matrice, participe au colmatage de petites fissures. Dans ces fissures, elle est associée avec du quartz fin en mosaïque d'aspect mylonitique qui, le plus souvent, est dominant.

Postérieurement à la mise en place du filon, il semble donc y avoir eu une réactivation avec mise en place de calcite et de silice dans la fissuration. Ce fait n'est pas sans évoquer les différenciations observées dans YLN 83-5. Ech. 1 CR 83 B 59747 (point 1)

NOM

SPILITE (filon

STRUCTURE Homogène

TEXTURE Microlithique très porphyrique, à tendance fluidale.

Cet échantillon se rapproche du type SPI 2 par la tendance fluidale mais

- s'en éloigne par : 🛛 un caractère plus porphyrique
 - une automorphie beaucoup plus accentuée des phénocristaux, associée à un zonage assez fréquent
 - la présence de quartz à golfe fréquents
 - une nette bimodalité dans la taille et l'allure des microlithes (microlithes fins de 50 x 10 μ , micro-lithes larges de 200 x 100 μ)
 - une mésostase plus fréquente bien qu'altérée.

Il diffère également des autres types rencontrés par l'absence de phénocristaux en lattes pseudomorphosée en séricite et/ou en chlorite, pouvant faire penser à des ferromagnésiens.

On y notera la présence de calcite en pseudomorphose des plagioclases ou, en association avec la chlorite, de possibles anciens ferromagnésiens (on ne retrouve cependant pas vraiment dans ce cas les formes géométriques de types amphiboles présents dans SPI 4 ou YLN 83-5).

On remarquera également que dans les groupes de phénocristaux de plagioclases, ou dans les quartz à golfe, les lacunes de cristallisation emprisonnées sont fréquentes, dans lesquelles quartz et feldspaths ont cristallisés en microtexture proche des microtextures granophyriques).

Cet échantillon pourrait représenter un type intermédiaire entre SPI 2 et SPI 4, avec un caractère plus acide cependant. Ech. 2 CR 83 B 59748 (Point 2)

NOM SPILITE (filon)

STRUCTURE Homogène

Cet échantillon est identique à 1 CR 83 avec comme légère nuance un aspect plus géométrique des plages à calcite et chlorite, apparenté aux contours d'amphiboles.

Ech. 3 CR 83 B 59749 (point 3)

NOM SPILITE (filon)

Cet échantillon évoque SPI 2 par sa texture microlithique, porphyrique à tendance fluidale. L'altération y est très poussée, se manifestant par :

- une séricitisation généralisée des microlithes et des phénocristaux de plagioclases
- une chloritisation poussée de phénocristaux en lattes isolées ou en groupes de lattes

La calcite et le quartz à golfe sont absents.

Ech. 4 CR 83 B 59750 (point 4)

idem 3 CR 83, mais non altéré

La texture est cependant plus microgrenue que celle de SPI 2 par une recristallisation généralisée de la matrice en albite xénomorphe. ECH. 12 CR 83 B 59757 (point 11)

Filon de ?

TEXTURE Microlithique, porphyrique, fluidale

Abondance de microlithes altérés ferruginisés pouvant correspondre soit à une chlorite évoluée pseudomorphosant les albites, soit à d'anciens ferromagnésiens (amphiboles ou Biotite).

ECH. 83 24 B 59785 (point 30)

Type de roche très comparable à l'échantillon CR 83-26.

On observe les légères variations suivantes :

- phénocristaux de quartz très peu représentés
- amygdales de K-feldspath <u>+</u> quartz : moins abondantes et contenant, localement, agrégats de séricite.
- altération complète de la biotite en chlorite
- séricitisation de plagioclases plus importante
- carbonatation subordonnée (en petites taches) généralement accompagnée d'une ferruginisation.

ECH. CR 83 23 (B 59783 + B 59784) (point 28)

BORDURE FIGEE D'UN FILON PROBABLE, BRECHIFIEE ET SILICIFIEE

TEXTURE Finement engrenée, hétérogranulaire - à biotite en lamelles longues et ténues. Quelques phénocristaux - reliques ou en "fantômes". Bréchification locale. Fond *quartzo-feldspathique* (coloration nécessaire pour identifier la présence éventuelle de la phase potassique).

- biotite (en lamelles fines assez abondantes) + ferruginisée
- apatite en cristaux aciculaires (abondants) parfois fracturés
- opaques (oxydes + hydroxydes de fer ; amas de granules de produits titanés)

ECH. CR 83 26 (B 59788) (point 32)

TEXTURE en microlattes fine, légèrement porphyrique, quelques formes amygdalaires (remplies d'une paragenèse tardimagmatique) effet de refroidissement plus rapide que celui de l'éch. CR 83-27.

COMPOSITION MINERALOGIQUE :

En petits phénocristaux :

- Quartz "rhyolitique", en cristaux subautomorphes souvent arrondis, de taille variable (\$\varphi \cdot 0,2\$ à 2 mm), entourés d'une couronne de carbonate tardif.
- Plagioclase : piqueté de séricite et chlorite
- minéral ferromagnésien entièrement chloritisé (ancienne amphibole ?)

Fond :

- plagioclase en microlattes très fines, <u>+</u> séricitisées
 - biotite en reliques, chloritisation avancée ; localement du carbonate cristallise dans les plans de schistosité ; produit titanés en inclusions.
 - feldspath potassique (très subordonné) interstitiel
 - quartz (épars) interstitiel
 - carbonate tardif (abondant)
- Accessoires : apatite aciculaire opaques (sulfures <u>+</u> hydro) rutile

	stitiels.		
	 carbonate en présence locale, remplissant les coeurs des amygdales. Parfois associé avec chlorite en agrégats plus importants. 		
ECH. CR 83 27 (B 59789	9) (point 32)		
TEXTURE	Microgren ue automorphe à subautomorphe, tendance porphyrique		
COMPOSITION MINERALOGIQUE :			
En petits phénocristaux :			
- -			

- *biotite* en lamelles poecilitiques partiellement chloritisées ; nombreux granules opaques et semi-opaques (produits ferrotitanés d'altération) en inclusions.

- feldspath potassique en assemblage de cristaux sub à

automorphes avec un peu de chlorite et quartz inter-

minéral ferromagnésien entièrement chloritisé, contenant inclusions très fines de spinelle (?) brune *.
 La forme des cristaux rappelle celle d'amphibole (parfois d'olivines ??)

FOND :

Amygdales :

- plagioclase zoné, en microlattes <u>+</u> séricitisées et saussuritisés surtout au coeur des cristaux
- feldspath potassique (en quantité subordonnée) sous forme de petits cristaux automorphes ainsi que dans les interstices
- chlorite en agrégats interstitiels
- quartz (très peu abondant) interstitiel
- accessoires : apatite aciculaire

opaques (oxydes de fer <u>+</u> Ti ?, sulfures en traces)

- carbonate épars, secondaire

MICRO-MONZODIORITE (légèrement quartzique)

* La taille des cristaux est trop petite pour la détermination optique précise.



minéralisations Pb, Zn, F de la Grande Vernissière

(concession de Durfort, Gard - France)

étude des processus sédimentaires et diagénétiques

C. Robelin

décembre 1986 86 SGN 702 GEO

BUREAU DE RECHERCHES GÉOLOGIQUES ET MINIÈRES SERVICE GÉOLOGIQUE NATIONAL Département Carte géologique et Géologie générale B.P. 6009 - 45060 ORLÉANS CEDEX 2 - Tél.: 38.64.34.34

RESUME

L'étude du parement Nord de la carrière de la grande Vernissière a été réalisée à l'échelle de l'affleurement, de l'échantillon et de la lame mince conjointement. Elle permet de préciser la succession des évènements diagénétiques enregistrés dans la formation bréchique qui matérialise l'inconformité intralotharingienne à l'apex du Dome de Durfort.

Les différents types de roches sédimentaires impliquées dans la formation bréchique ou situées au mur ou au toit possèdent un "faciès" diagénétique différent. La caractérisation en microscopie classique et en cathodoluminescence des générations successives de ciment calcitique, dolomitique et fluoré montre l'existence de phases communes et permet de les situer les unes par rapport aux autres.

Un schéma de succession diagénétique est proposé à partir des données d'analyse pétrographique, s'appuyant sur les observations de terrain. Trois phases se seraient ainsi relayées.

- Une phase de diagenèse "banale", dans les faciès les plus poreux (silicification, calcitisation).
- Une phase de fracturation sous couverture, avec mise en place de la brèche et dépôt de sédiment gravitaire lité, granoclassé.

Elle serait la manifestation destructrice d'un hydrothermalisme, qui s'exprimera ensuite par ...

- Une phase de transformation et de dépôts minéralisés hydrothermaux. Dolomitisation et dépôts de Fluorine polyphasés se mettent en place, au cours de phases de réajustement mécanique très locaux. La minéralisation sulfurée à blende et galène intervient entre deux générations de flux fluorés.

S O M M A I R E

1 - OBJET ET OBJECTIFS		
2 - CONTEXTE GEOLOGIQUE ET TRAVAUX ANTERIEURS	02	
3 - DESCRIPTION DE L'AFFLEUREMENT	06	
4 - DESCRIPTION DES PRINCIPAUX FACIES	07	
4.1 Les calcaires dolomicritiques fins	07	
4.2 Les calcaires à spicules	11	
4.3 Les calcaires à entroques	13	
4.4 Les sédiments lamines		
4.5. – Les dépôts chimiques	18	
5 - CONCLUSIONS	20	
Annexe 1 - Description des lames minces	25	
Annexe 2 – Planches photographiques		



Fig. 1 : Localisation du site étudié (extrait de la carte a 1/100.000 ème des Cévennes)
Ce travail s'inscrit dans l'ensemble des travaux réalisés sur la bordure sous-cévenole dans le cadre du contrat CCE - Indicateurs pétrographiques et géochimiques des gîtes cachés (contrat O2 145 MSM).

1 - OBJET ET OBJECTIF

Cette étude concerne la formation collapsée et minéralisée exposée dans la carrière de la Grande Vernissière, à 1,5 km au NW de Durfort (bordure sous - cévenole, Département du Gard), (Fig. 1).

Elle a pour objectif la caractérisation du contexte sédimentologique des minéralisations dans cette formation et tente de préciser la chronologie des évènements sédimentologiques, diagénétiques et structuraux.

Pour cela, un lever détaillé de certaines parties du parement Nord de la carrière a été effectué, complèté au laboratoire par l'examen d'une vingtaine d'échantillons répèrés, en lames minces et sur surfaces sciées. Les lames minces ont été observées en microscopie classique et en cathodoluminescence (Ce terme est abrégé en CL dans la suite du rapport).

2 - CONTEXTE GEOLOGIQUE ET TRAVAUX ANTERIEURS

La carrière de la Grande Vernissière correspond à l'exploitation d'un gîte intralotharingien appartenant au "groupe de Durfort". Les gîtes de ce groupe sont localisés sur une structure anticlinale d'axe WSW - ENE, appelée dôme de Durfot, limitée au_{NW} par le graben de Tresfont - Lacan et, au Sud, en contact faillé avec les séries crétacées et tertiaires du bassin languedocien.



Fig. 2 : Schéma simplifié du parement Nord de la carrière de la Grande Vernissière, illustrant le tracé des minéralisations à fluorine entre les blocs basculés. Les traits de coupes A, B, C renvoient à la fig. 3 pour plus de détail.les chiffres correspondent aux numéros d'échantillons.

- 3 -





1



- 4 -

Fig. 3 A : Détail du parement près du repère A (voir fig. 2) Position des échantillons prélevés (CR 84 - 29 A à E)

- 1 Biocalcarénite rousse. 2 Fluorine en cristaux plurimillimétriques.
- 3 Dolomite en gerbes. 4 Fluorine rubannée. 5 Fluorine
 d'aspect prismatique. 6 Calcite. 7 Calcaire gris à fines
 laminations. 9 mouches de galène.
- Fig. 3 B : Détail du parement près du repère B (voir fig. 2) Position des échantillons prélevés (CR 84 30 A à E)
 - 1 sédiment bréchique souvent granoclassé. 2 sédiment fin laminé. 3 - fluorine prismatique. 4 - calcaire gris à fines laminations.

Fig. 3 C : Détail du parement près du repère C (voir fig. 2)

Position des échantillons prélevés (CR 84 31 A à D)

 1 - calcaire gris. 2 - Sédiment laminé. 3 - Fluorine prismatique. 4 - Blende "miel". 5 - Dolomite blanche. 6 - Fluorine. La structure anticlinale de Durfort aurait fonctionné comme un haut-fond au cours du Lias inférieur, avec un épisode majeur à la fin du Lotharingien inférieur - moyen, avant la transgression du Lotharingien supérieur.

Le gîte de la Grande Vernissière s'intègre dans une série d'amas située dans le compartiment Sud effondré de la faille métallotecte Pelorce qui jalonne l'axe du dôme de Durfort.

D'après les travaux d'A. Coumoul, la formation collapsee de la carrière se serait développée dans une cave karstique, formée au cours d'une phase de dissolution majeure à la fin du Lotharingien inférieur - moyen, comblée par des dépôts marins précoces au début de la transgression du Lotharingien supérieur et affectée plus tardivement par une minéralisation à habitus varie, fissural, bréchique ou lité.

3 - DESCRIPTION DE L'AFFLEUREMENT

Sur le parement Nord de la carrière, deux ensembles sédimentaires sont superposés (Fig. 2 et 3) :

A la base, des calcaires dolomicritiques fins gris sombre, en bancs réguliers de 2 à 10 centimètres d'épaisseur, admettant parfois des passées centimétriques plus argileuses qui déterminent un débit onduleux.

Au sommet, des calcaires siliceux grenus gris à spicules, en bancs décimétriques réguliers, qui comportent des bandeaux siliceux continus ou discontinus de l à 5 centimètres d'épaisseur.

L'ensemble inférieur et la base de l'ensemble supérieur sont remaniés dans une brèche très grossière, à blocs métriques ou plurimétriques basculés les unes par rapport aux autres, cimentés essentiellement par des dépôts chimiques de fluorine, dolomite, blende et galène, auxquels sont parfois associés des dépôts sédimentaires laminés. Le parement Sud est constitué de calcaires grenus à entroques, en bancs massifs demi-métriques, à litage oblique divergent. Des accidents siliceux sont présents dans ou entre les bancs.

4 - DESCRIPTION DES PRINCIPAUX FACIES

4.1. - Les calcaires dolomitiques fins

Ce sont des micrites ou dolomicrites à texture mudstone, qui contiennent moins de 5 % d'éléments, de la taille des silts fins (quartz, muscovite en paillettes, pyrite en framboides, débris de matière organique) ou plus grossiers (spicules de Spongiaires, fragments de Lamellibranches, articles de Crinoïdes).

Des lamines plus argileuses et plus riches en matière organique déterminent un litage parallèle ou légèrement oblique, parfois perturbé par de fins terriers verticaux (photo 1 - planche 1).

En cathodoluminescence, la micrite originelle est caractérisée par des teintes jaune - ocre à marron - ocre de moyenne intensité.

Depuis son dépôt, le sédiment à subi des transformations diagénétiques complexes (cf. Tabl. 1) :

- Une phase de fracturation : FR1
 Des fractures d'ouverture millimétrique ou inframillimétrique sont créees.
- Une phase de dissolution : DIS1
 Une porosité fine (pores de diamètre inférieur à 100 microns)
 est ouverte dans la matrice micritique.
- Une phase de précipitation de calcite : C2
 Elle est en relique au sein des cristaux de dolomite de première génération (D1). ELle possède une couleur jaune - ocre de moyenne intensité en CL (photo 1 planche 5).
- Une phase de précipitation de dolomite : Dl
 Elle cristallise en petits rhomboèdres de 50 à 100 microns dans

- 7 -

F1141164(C1641-617-F2	1 CODE			CARGETERISTIQUES EN CATHODOLUNTHESCENCE						
DIAGENEILQUES	1	i norrhouddie g	· 1.00344 1.3741 1.0945	CODE !	COOLFOR	1 INCENSITE	PARGEU			
FRACTURATION	FR1	,								
DISSOLUTION	1 DISI	! Pores de 100 microns	' matricielle	!						
CALCITE	! C2	Relique	: Fractures FRI	! C2/1 !	Jaune ocre	: 0	4 5			
DOLOMITE	! D1	! Automorphe	! Porosite DISt	1 D1/1.1 !	Narion moven sombre	······ ····	• variatity			
	1	• • • • • •	• et	1 D172.1 1	Marron South e	e e	- tres etro			
	•	!	! fractures FR1	1 D1/2.2	Marron moyen sombre	• F	1 tres etro			
	1	•	!	1 01/2.3 1	Marron somere	! +	1 tres etro			
		!	¢	! D1/2.4 !	Naron moven-sombre	Э. – Б. – – – – – – – – – – – – – – – – –	! Ines etro			
•		1	F.	1 D1/2.5 1	Harton sombre	1	1 tres etro			
	I I		1	1 D172.6 1	Route -or and e	1 F	I tres etro			
	1 . · · ·	1	1	1 01/3.1 1	Maron moven sombre	4	1 etroite			
		ł	1	1 D173-2 1	NUT ON BOYEN-OF ANGE	1 10	tres otro			
		1	1	1 11/3.3	Place on south o	• 6	! tres etro			
	۲	1	1	1 D1.3.4 !	Range or anale	i je	t tres etra			
FRACTURATION	! FR2	•	· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	·· · ·· · ·						
DOLOMITE	• D2	* Xenomorphe	fissures HR2	1 02/174 1	Fouge or anage		t tarua			
		1	t Egitaxie/01	1 D.1.1.1 1	Marron or anus	1 m	! etruite			
	•		1	1 0272.1 1	Rouge for ange	i F	' etruite			
		1	•	· 1272.2 /	the rome or angle	! m	tres etro			
		1	I. Contraction of the second se	1 02/2.3 1	Renue-or ange	i as-1	 trus etro 			
			1	1.0272.4 +	Plant & Calif. 113. School (C	1 an	the tree electro			
			1	1 02/3-1 1	Rouge or ange	у r	! Caller			
		•	(1 11273.2 1	the role of angle	! m	* etroite			
FRACTURATION	! FR3									
	1.05	Automa she	¹ Eractures ER3	1 03/1.1	Nation or re	·	t chrote			
			1	1 03/1.2	Jame cree	1 40	' etroite			
	i i	1	•	1 D 1/1.3 1	Martun-ocre	! ñi	• etrate			
			· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·		·····					

1 00 1

Tableau 1- La succession des evenements diagenetrques dans les calcarres dolomicritiques fins.

. . la porosité de dissolution et en cristaux de plus grande taille mais à contour moins régulier dans la porosité de fracture. En Cl apparaît une succession de zones. Du coeur vers la périphérie des cristaux se succèdent (photos 1,2,4 planche 5) :

- Dl/l Zone marron moyen/sombre à contour irrégulier.
- D1/2 Système de 6 zones :
 - D1/2.1. Marron sombre,corrodant D1/1. Elle est souvent plus large que les autres.
 - D1/2.2. Marron moyen sombre, très étroite.
 - D1/2.3. Marron sombre, très étroite.
 - D1/2.4. Marron moyen sombre, très étroite.
 - D1/2.5. Marron sombre, très étroite.
 - D1/2.6. Rouge/orange de forte intensité moyenne, très étroite.
- D1/3 Système de 4 zones :
 - Dl/3.1. Marron moyen sombre, étroite.
 - Dl/3.2. Marron moyen orange, d'intensité moyenne, très étroite.
 - D1/3.3. Marron sombre, très étroite.
 - D1/3.4. Rouge orange, de forte intensité, très étroite.

La succession la plus complète est observée dans les fissures. Dans la matrice, la dolomite ne possède que rarement le système D1/3.

- Une seconde phase de fracturation : FR2

Elle aboutit à la création de fractures d'ouverture millimétriique qui empruntent partiellement le réseau précédent.

Les fissures anciennes sont parfois plissées lors de cette phase. (photo 2 - Planche 1).

. .

- Une seconde phase de précipitation de dolomite : D2.

Elle colmate les fractures nouvellement crées, exprimée en cristaux spathiques fins (inférieurs à 1 millimètre généralement), parfois en épitaxie sur la dolomite DI (photos 2, 4, planche 5).

En CL, elle est caractérisée par la succession suivante, à partir du coeur des cristaux.

- D2/1 Système de 2 zones :
 - D2/1.1. Rouge orange de forte intensité, large.
 - D2/1.2. Marron orange de moyenne intensité, étroite.
- D2/2 Système de 4 zones :
 - D2/2.1. Rouge-orange de forte intensité, étroite.
 D2/2.2. Marron orange de moyenne intensité, très étroite.
 - D2/2.3. Rouge orange de moyenne à forte intensité, très étroite.
 - D2/2.4. Rouge orange de moyenne intensité, très étroite.
- D2/3 Système de 2 zones (D2/3.1 et D2/3.2), identique au système D2/1.
- D2/4 Zone rouge-orange de forte intensité, large.

- Une troisième phase de fracturation : FR3.

Les fractures créees sont peu nombreuses, d'ouverture plurimillimétrique.

- Une troisième phase de précipitation de dolomite : D3.

Il s'agit d'une dolomite calcique, très légèrement colorable à l'alizarine. Elle est présente aux épontes des nouvelles fractures ou dans la porosité résiduelle des fractures antérieures, en cristaux automorphes de petite taille. En CL, 3 zones au plus apparaissent (photos 1, 2 planche 6) :

D3/1.1. - Marron - ocre de moyenne intensité, étroite.
D3/1.2. - Jaune - Ocre de moyenne intensité, étroite.
D3/1.3. - Marron - ocre de moyenne intensité, étroite.

- Une phase de précipitation de fluorine : FL1.

Elle colmate les fractures FR3 et la porosité résiduelle des fractures FR2, FR1 et de dissolution. Les cristaux sont de taille variable (100 microns à 1 millimètre) et possèdent une teinte CL homogène bleu de Prusse : FL1/1 (photos 1, 2 planche 8).

4.2. - Les calcaires à spicules

Ce sont des biocalcarénites à texture wackestone riche ou packstone, rarement grainstone. Dans la biophase, les spicules de Spongiaires sont dominants, associés à des débris d'Echinodermes fréquents (radioles d'Oursins et articles de Crinoïdes) et à des fragments de Lamellibranches et d'Ostracodes plus rares. Des oolithes isolées ou en agrégats et des bioclastes roulés, fortement pigmentés par des oxydes de fer peuvent être présents, ainsi que des quartz détritiques (photos 3, 4 - planche 1).

La calcite des bioclastes ou de la matrice possède la même teinte CL jaune - ocre que la matrice des calcaires dolomicritiques fins.

Les transformations diagénétiques (cf. tabl. 2) sont globalement semblables à celles enregistrées dans ces derniers. Cependant, deux types de différence sont notées :

* Avant la phase de fracturation FR1, la roche a subi :
Une phase de silicification : S1.

La silice est exprimée sous forme de calcédoine qui remplace la calcite au coeur de certains bioclastes (Echinodermes,Lamellibranches), (photo 3 - planche 6).

				1	CORACTERISTIQUES EN	CATHODULUMINE	SCENCE
DIAGENETIQUES	EDDE	5 PROPERTIES 5		: con: :	COOLEUR	1 INTENSITE 1	ા
51L1UE	! 51	t Pibrense	' intrabioclas∙	•			
CALCITE	' C1	! Xenomorphe !	: Syntaxiale You substitution	1 C1/1 1	Jaune oure a nuances Marron oure	! 16 ! ! 16 !	variable
SILICE	1 82 1	! Hicrospathique muto ! morphe ou genomorpho	· Nourrissage 'ou substitution	! !		· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	
FRACTURATION	FR1	•	= Parts = 1, =	.			
DISSOLUTION	DISI	! Pores de 100 microns	! matricielle	•	e terre a construction de la constru		
CALCITE	! C2	! Relique	! Fractures FR1	1 C271 -	Jacquerocre	! # !	e ,
DOLOMITE	! DL	Automorphic	! for osite D191	· D1/1.1 !	Mart OC BOYEO"SOBULE	+ + I	variable
	1	!	1	5 D17271 - 5	Barron soubre	t t t	tres etro
1	!	•	<u>+</u>	5 01/2.2 5	Marton Mayen sombre	5 4 1	tres etro.
	1	!	•	5 b172.3 B	Hear and spantaries	1 + 1	tres etro
	<u>!</u>	<u>!</u>	t	D172.4	National monanal sombre	1 f 1	tres etro
	!	•	+	9 D172.5 F	Marran Sombra	1 1 1	tres etro
	!	•	1	1 D1/2.6 1	Rouge of ange	1 1 1	tres etro
	1	!	1	5 D173-1 5	Marron mayen sombre	· + !	utroite
	!	<u>†</u>	1	5 D173.2 F	Marron mojen-prange	! m !	tres etro
	1	t .	1	5 Ð12 Sa S. F.	Martur Soubre	+ + +	tres etro
	!	!	•	9 DL 3.4 P	Rottine or ende	1 F 1	tree etta.
FRACTORATION	1 FR2))					
170 ANT 16	1.02		E Exclusion AR2	1 02/1 1 10			· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·
DU CUALLE	; 02	: Vertunich filte	· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	. 1/4/ (•1 - : : : :	oule or ande a nuances	: •	1 60° (1 52
	!	•	bpates (c))1	'a Da 1-4 '	Med Foh (moybe) ⊊omber∉	1 m 1	etria te
•	!			• 0275.1 !	Herran mayen someriv		etrorte
	1 1				Rouge or ange		tres etroi
	:	:		1 D.70.5 1	Place South Contraction	· LF !	tres etro
	···· ··· ···	•	· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	C 10427 (04194 - 5 - 1 106 - 1 - 1 - 1 - 1	Routger of adapte	· · · ·	
FRACHURALIUM	FR3	1					
OULDEFFE	5 10 3	1 Extensit of a	Lina hunsing	5 16323.1 5	Plannia) Orney	(m)	ultoute
areas that a th	1	1	1		distance in rice	1 10 1	id raile
	!	i	•	03/1.4	Must r colar bot a re	! #i (etroite
		· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·					
A FAILOR AND	• • • • •	1 Xeataconcertables	L Frankin us	1 11/2/1 1	literation das datas entre	1 4.5m 1	1

Tablean 2. La succession des overements diagenetrques dans les calcarres à sprutes.

-

- Une phase de calcitisation : Cl.

La calcite précipite en ciment syntaxial autour des débris d'Echinodermes ou intervient en substitution de certains bioclastes (Lamellibranches, spicules de Spongiaires). Elle possède des teintes CL à dominante jaune - ocre, avec des nuances marron - ocre mal circonscrites.

- Une seconde phase de silicification : S2.

La silice est exprimée essentiellement sous une forme microcristalline, en substitution de la micrite matricielle. Accessoirement, elle nourrit les quartz détritiques ou la calcédoine qui évolue en quartz automorphe parfois bipyramidé (photo 3 - planche 6).

Les modalités de mise en place des générations successives de dolomite et de fluorine comportent des nuances :

- La dolomite D1 se présente en rhomboèdres de 50 à 300 microns, jointifsou non, en substitution de la matrice ou des bioclastes ou dans la porosité de dissolution. Elle possède la totalité des 3 systèmes CL (D1/1, D1/2, D1/3), mais est complétée par une zone supplémentaire (D1/4) qui corrode largement les précédentes.

- La dolomite D2 colmate partiellement les fractures FR2. Les derniers stades de sa croissance se font aux dépens des épontes de ces fractures (photo 2 - planche 4 et photo 3 - planche 7), ou en nourrissage corrosif des rhomboèdres D1.

- La dolomite calcique D3 subit parfois une substitution par de la calcite C ? à teinte CL marron - ocre.

4.3. - Les calcaires a entroques

Ce sont des biocalcarénites à texture grainstone, dans lesquelles alternent :

> des lits très bioclastiques où dominent les entroques à ciment syntaxial, avec des Lamellibranches, spicules de Spongiaires et plus rares débris algaires, associés à des pellets, des oolithes à cortex peu développé (oolithes superficielles) et de rares quartz nourris.

- 13 -

ELICE END AT L	1 CODE					CARACTERISTIQUES EN	CAI	HODOL ON	1 MESS	GCL:MUL	
DIAGENETIQUES	i Conc	PREAT PROCEEDED I	1. OL ME USAN TUNAS	CODE	,	COULOR	· 1	INTENSEL	E '	LARGEUR	
CALCITE	! 61	! Xenomorphe !	! syntactate of 'de substitution!	1,1/1	, , ,	Jaune mer e/mar non hoer e	, , ,	-{ · m	! !	etruite	
SILICE	! 52 !	! Spathique Automorp ! ou microcristallie	het in pilaxie le fou substitution	S271	•	liten vert	•	4	!		-
FRACTURATION	! FRI	1 1	- * * * **							· - , • -	
CACCITE	1 62	! Automorphe	I Franklinger (K)	- USZ411	· !	Naron ocre clear	ł	 M	+	ctroite	
	1	· • •	1	12/1.3	, i , i	Norrente Norrente Jeante alce	1	(1) { (1) ^ }	, ,	etrate etrate	
FRACTURALIUN	1 F F22) 1		· · · •					•••		
DGI LQATTE	• D2	• Хеновистрие	9 Lissures (FR2)	D .71 a	. !R	อณุรายชุญาติ เชานายา	•	1	1	var) of the	
			س	·•••••••••••••••••••••••••••••••••••••	L	and the second		,	,	to a submander	
	1	1		D.225.4	``	There is an average standar of				titude	
	1	!	" substitution	0.275.2	• •	Rowge or ange	•	01	,	trez eta orte	
	1	1	Lates multip	02754.3	, i	Diservation Sumbree (1012)	I I	1.1	•	tres droite	ļ
	1	1	! broclastiques !	D.: (5.4	ť	Ronde-or worte	t	f	1	tres clootte	
FLUGRINE	! FL?	! Xeomerphe	t perosite !		!	Bloa de Prasse	1	- f w	!	wariable	. I ,

.

Tablean 3: La succession des evenements diagonotiques dans les calcarres a entroques.

•

.

•

- des lits riches en pellets et oolithes superficielles, à biophase moins abondante et rares quartz nourris.

La diagenèse (cf; tabl. 3) est moins complexe que dans les faciès décrits précédemment. En particulier, une seule phase de dolomite s'exprime, de type D2, localisée dans la porosité résiduelle des fractures FR1 ou des joints stylolithiques et, plus rarement, en substitution des bioclastes en nucleus des oolithes. La phase C2 est largement développée dans les fractures FR1. Elle est caractérisée en CL par la succession suivante de zones, depuis le coeur des cristaux :

C2/1.1. - Marron - ocre clair de moyenne intensité, étroite.
C2/1.2. - Jaune - ocre de moyenne intensité, étroite.
C2/1.3. - Marron - ocre de faible intensité, étroite.
C2/1.4. - Jaune - ocre de forte intensité, très étroite.

4.4. - Les sédiments laminés

Ils correspondent à des litharénites ou des litharéno-rudites à ciment de fluorine. Ils sont composés d'éléments anguleux hétérométriques (100 microns à 5 centimètres), répartis en lits fins ou grossiers d'épaisseur généralement millimétrique, parfois à granoclassement normal, recoupés par des stylolithes à matière carbonée.

Parmi les éléments, les lithoclastes dolomicritiques sont dominants, associés à des quartz détritiques fréquents dans certains lits, à des fragments calcédonieux et des débris d'Echinodermes remaniés à auréole syntaxiale parfois préservée.

La diagenèse diffère nettement de celle des faciès précédents (cf. tabl. 4), sur les points suivants :

* Les modalitész de mise en place des ciments successifs et des fractures :

.

	* 						
•				•	CARACTERISTIONS E	AL CATHODOLUMEN	F SOL HOF
! EVENEMENTS	! CODE !	MORPHOLOGILS	EQUALISATIONS	• • • • • • • • • • • • •	······································		
U DIAGENEL LOUES	۰ <u>۱</u>	!	!	' CODE	OBOLEDR	9 140 E NST H.	! LANGEOR
DOLOMITE	! D1 !	Xenonorphi	1 forosite	D1/1.1	Матта мауен сомоте	r 1 1	t variable
! .	· · · ·	i	t des	01/2.1	! Narron sombre	• F	tres etroite
!	1 1		' stylolithes	9 D1/2.2	Marron moyen-sembre	2 1 F	t tres etroite !
!	· · · ·		l et	01/2.3	Marron Sombre	9 F	! tres etroile !
<u>!</u>	. t t		linte granulaire	9 D172.4	Marron moyel-sombre	2 1 4	tres etroite - !
!	!!!		1	5 D172.5	Marron sombre	· +	tres etroite
!	1 1		1	U172.6	Rottge for ange	i p	! tres etroite !
<u>!</u>	1 1		i	1)1/3.1	Marron moyen sombro	2 1 1	t etroite
!	1 !		•	01/3.2	Marton moyer or ange	e ' A)	tres etaronte - P
!	!!!		1	9 DEZ3.3	ttarron sondre	9 f	• tres etroite !
	1 1		ł	D1.3.4	ROUGE OF ANDER	1 - 1-	tres strorts !
FRALTURATION	1 FR2 - 1						
DOLUMITE	! D2 ! ! !	Xenomerphe	<pre>Fissures FR2 Epitaxie/01</pre>	D271	Kouge or ange	! F- 1	t vortiedotte t
ERACIURATION	! FR3 !		1		· ·· ·· ·· ·· ·· ·· ··	•	· · · · · · · · · · · · ·
FULIOR 1702	! FL1 !	Poeritthique	t timert	- FL471	liteu de la use	t bui	l sarade
FRACTURATION	1 FR4 1						
DOLOMITE	1 P3 1	Xenomorphe	t fractures DR3	D \$2 t	l danne-oci e	1 16	• variable 9
FRACTURATION	1 FR5 1			· · · · · · · · · ·			
l a la sub la composition de la composition la sub Presson de la contentente	n n nen de	· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·		• • • • • • •			
SUBPLE GALEPE	1 1 (51 2	nutono pres	1 118 AU 100 10 2 10 10 1				
		1	- DU PRO- por D				
FRACTURATION	! FR6 !						
14 UORTNE	1 FL2 1	Xenowarphe	! Fractures FRA	FL121	01ea de Frasse	t tran	t samulat
				· · ·		· · · ·	

Tableau 4: La succession des evenements diagenziques dans les sechiments taminas.

,

- La phase de dolomite Dl s'exprime dans la porosité des stylolithes et la porosité intergranulaire des lits les plus grossiers.

- La phase de fracturation FR2 est limitée à une discrète fissuration des cristaux D1 (photos 1, 2, 3 - planche 2 - photos 1,2,3 planche 3).

- Une phase de dolomite de type D2 colmate les fissures FR2 et nourrit D1 dans la porosité intergranulaire. En CL, seule une zone rouge/ orange à forte intensité est visible, large, qui correspond vraisemblablement à la zone D2/1 (photos 1,2 - planche 7).

- La phase de fluorine FLl, en plages poecilithiques, cimente les éléments du sédiment, dont environ 50 % ne subsistent plus qu'à l'état d'impuretés.

- La phase de fracturation FR4 voit la création de fissures d'ouverture millimétrique qui affectent D1, D2 et FL1 (photo 3 - planche 5).

- La phase de dolomite de type D3 colmate partiellement les fissures FR4 (photo 3 - planche 5).

* La chronologie se complète par :

- Une phase de fracturation FR5.

Création de fractures d'ouverture millimétrique à centimétrique.

- Une phase de précipitation de sulfures (blende et galène) BG1.

La blende, en amas de petits cristaux automorphes, précipite essentiellement dans les espaces ouverts par fracturation (photo l - planche, photo 3 - planche 3).

Elle colmate également la porosité des stylolithes et des lits grossiers où elle peut englober les rhomboèdres de D1/D2.

La galène , subordonnée, en cristaux automorphes, est associée à la blende ou seule dans de petites fissures de l'encaissant.

- 17 -

- Une phase de fracturation FR6.

Elle est caractérisée par une réouverture des fractures FR5.

- Une seconde phase de fluorine FL2.

Elle colmate la nouvelle porosité fissurale FR6 et la porosité résiduelle des anciennes fractures (FR4) (photo 1 - planche 3).

4.5. - Les dépôts chimiques

Dans les espaces fissuraux ou géodiques entre les blocs basculés la succession la plus complète observée, des épontes vers le coeurs est la suivante (cf. Tabl. 5) :

- Une phase de fluorine grise : FLl.

Elle s'exprime en cristaux de l à 3 mm en moyenne, disposés grossièrement perpendiculairement aux épontes, formant une couche d'aspect prismatique de l à 3 cm d'épaisseur.

- Une phase de fracturation : FR4 ou FR5.

Elle peut provoquer la dislocation de la couche de fluorine FLL.

- Une phase de blende miel et de galène : BG1 (photo 1 - planche 4).

La blende miel est observée en petits amas pluricentimétriques de cristaux automorphes inframillimétriques sur la fluorine grise. La galène, plus rare, se présente en cristaux automorphes inframillimétriques associés à la blende ou dans de petites fissures des épontes.

- Une phase de dolomite : D4 (photo 1 - planche 4).

Elle forme une mosaïque de petits cristaux (100 microns à 1 mm) qui remplace localementla blende. En CL., elle présente une teinte bleue homogène plus sombre que celle de la fluorine.

- Une phase de fracturation : FR6.

Elle se manifeste par une discrète fissuration des phases minérales précédentes ou par la création de fractures d'ouverture centimétrique dans les épontes.

- 18 -

E CHERNENCE (13)	L CODE -	Maritz Bakara and a 1954.	1. 1. OCM 157. 1.1.005	•	CARACTERTS FIGUES	CH CATHODO	E CHO FRAES	SCE MCE
DIAGENETIQUES	1. 1. 1. 1. 1. 1. 1. 1. 1. 1. 1. 1. 1. 1	i postratora es	i noura realitionadi	! COBE !	COOLEUK	1 1011	511E 1	LARGLUR
FLUDRINE GRISE	FL1	riiiiiiiiiiiiiiiiiiiiii Frismatique !	topiesage dec topies basedes	22121212111 1 41.121 - ! !	Men de Prusse	• • •	n '	ni equitore
FRACTURATION	IFR4 out IFR5 1	· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·						·····
NULHDE + GALEHE	: FCI ;	Automorphus	t Fassures I fo	!			• •	
DELONT IV	! Đ4 !	Microspectacque mozarque	† Substitution † de D1	! 0471 !	U) eri sombrig	н н Н	1	Lest site
FRACTORATION	! FR& !							
FLUORINE TRANSPA RENTE DU VIDLETT	~! FL2 ! E! !	Xenomor phe	1 Fractures 186	! PL271 !	lden de Frusse	! +	III !	IT EQUITER E
DOLUMITE DEANCHE	1 D5 1	Maur cispert tri grue) Processie (Reardneile)	1 0571.1 1 1 0571.2 1 2 0571.2 1 2 0571.3 1 2 0571.4 1	Ploren or ange Ronge or ange Marron sembre Ronge or ange	י מא י נמיי י ו י ו י ו	6 F 1 1	large Large Etroite Tres etroite
FRACHURALEUM	1 FR7 - 1	!						
ALCITE TRANSFUCIO	E! C3 !	Ptace uspathique	Eliactures (RZ	1 03/4 - E	Mannon come/jamie uc	1 KA 1 - 1	111 U	y ast 1 add by

- 19 -

- Une phase de fluorine : FL2 (photo 1- planche 4).

Translucide ou violette, en cristaux de 2 à 5 mm, elle se développe soit en épitaxie sur la fluorine grise soit en remplissage de petites fissures affectant les phases précédentes. Sa teinte CL est la même que celle de la fluorine grise.

- Une phase de dolomite spathique blanche : D5 (photo l - planche 4).

Elle se présente en cristaux pouvant atteindre l cm, à faces courbes caractéristiques du faciès dit baroque. Cette génération de dolomite est caractérisée en CL par la succession suivante :

- D5/1.1. coeur marron orange de moyenne intensité, très largement développé.
- D5/1.2. zone orange de forte à moyenne intensité,large , admettant des fluctuations de moindre intensité ou plus sombres.
- D5/1.3. zone marron sombre, étroite.
- D5/1.4. zone périphérique rouge orange de forte intensité, très étroite.

- Une phase de fracturation : FR7.

Elle affecte l'ensemble des faciès représentés et semble beaucoup plus tardive que les phases précédentes.

- Une phase de calcite : C3.

Elle colmate les fractures FR7 et la porosité résiduelle de FR6. Elle forme de gros cristaux spathiques translucides de teintes CL. marron ocre à jaune - ocre de moyenne à faible intensité.

5 - CONCLUSION

Au terme de cette étude, la succession des évènements sédimentaires et diagénétiques enregistrés dans les formations situées de part et d'autre de l'inconformité intralotharingienne dans le secteur de la Grande Vernissière peut être précisée (cf. Tabl. 6) :

EVENEMENTS SEDIMENTAIRES ET DIAGENETIQUES	- CALCUA ENTR.	CALC.DOLOM.FINS	CALC. A SPIC. S	SED. CAMINES	DEPOIS CHIM.
EPOTS DES ARENITES FINI LUTHARINGTEN INFERILOR MO	YENU *				
ARRET DE SEDIMENTATION EN DOMAINE SOUS MARIN			· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	· · · · · · · · · · · · · · · ·	
REPRISE DE SEDIMENTATION					
DEPOT DES CALCAIRES MICRITIULS DEPOT DES CALCAIRES A SPICULES AUTRE DEPOT ?		*	*		
DIAGENESE "BONGLE"		1			
STLICH CATION FRECORE SI CALCITISATION CI SITULIFICATION S2	N N	9. 9. 9.			
ERGETURETON SUUS COUVERTURE	; ; ;				
DIAGENESC "HYDROTHERMALE"	• • • • •				
1712((504 (7) 1 (3)) 7 (5))		*	•.		
CAULTISATION C2			¥		
DUR OPTITISATION DI		*	te	*	
FRATURATION FEZ		_	_		
	1	· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	P		
				v	
PLOUNING FLI COAPTIGATTID EDA	4			N	. *
		4			
ELECTIVES FICE FES	ı	R.	*		
FRACTURALLON FRS	1			n	N N
FUUDRAINE 14.1	ч ж	×	*	*	•
FRACTURATION FRZ	1 · · · ·				
CALCITISATION C3	l k	۶.	•	×	*

t.

Au plan sédimentologique

Les faciès arénitiques qui marquent la fin du Lotharingien inférieur moyen traduisent une sédimentation de plate-forme interne, avec des oscillations entre les domaines infralittoraux et médiolittoraux. Cependant les obbiocalcarénites à litage oblique du parement Sud de la carrière traduisent l'existence d'une sédimentation de plate-forme externe, où des matériaux issus des milieux infralittoraux moyen et distaux sont remaniés par des courants de fonds. Cela traduit une probable instabilité dans ce secteur, avec persistance locale de pentes sous marines.

Les micrites impliquées dans la formation collapsée et minéralisée témoignent d'une reprise de la sédimentation au Lotharingien supérieur. Si un certain confinement se manifeste alors, dénoté par l'absence d'apport biodétritique , la sédimentation se déroule néanmoins en domaine marin assez profond. Le caractère discontinu des dépôts (fortement semblables à ceux du "faciès mines" sous les calcaires "hypersiliceux" aux Moulins anglais) plaide en faveur du comblement des irrégularités de la surface d'inconformité.

La sédimentation se poursuit avec le dépôt des biocalcarénites à spicules, en domaine de plate-forme externe, infralittoral distal à circalittoral.

Il apparait ainsi, dans le secteur de la Grande Vernissière, une certaine pérennité du domaine marin profond. De fait, aucun indice d'émersion n'est noté. En particulier manquent les preuves du développement d'un karst sur la surface fini Lotharingien inférieur – moyen. L'inconformité peut se marquer localement par un arrêt de sédimentation en domaine marin d'avantage que par une évolution supergène après émersion.

Au plan diagénétique

Les observations macroscopiques et la comparaison de la chronologie des évènements diagénétiques enregistrés dans les différents faciès étudiés conduisent à distinguer trois phases dans cette chronologie : Phase 1 :

Elle se caractérisée par une diagenèse "banale", affectant les faciès arénitiques exclusivement, en raison de leur porosité. Une silicification précoce de certains bioclastes se produit, limitée en volume. Une phase de développement calcitique intervient ensuite, matérialisée par une recristallisation des bioclastes ou par la croissance de ciments syntaxiaux. Les caractéristiques Cl de la calcite sont semblables à celles de l'encaissant. D'après P. Amieux (1981), une telle similitude plaiderait en faveur de l'autochtonie des fluides nourriciers.

Phase 2 :

Elle correspond à la phase de bréchification, scellée par les sédiments gravitaires. Ces derniers contiennent des éléments empruntés exclusivement aux épontes (calcaires micritiques et calcaires à spicules) et notamment des fragments calcédonieux qui attestent un remaniement des épontes postérieur à la silicification.

Elle correspond donc à une phase de fracturation sous une couverture sédimentaire comprenant au moins les premières assises du Lotharingien supérieur. La fracturation est en laison évidente avec la mise en place des gangues dolomitiques et fluorées et donc avec le phénomène hydrothermal. Une hypothèse pourrait être une fracturation hydraulique lors de la montée des fluides hydrothermaux.

Elle est antérieure à la première pahse de dolomitisation (Dl) car cette phase s'exprime dans la porosité de dissolution des sédiments gravitaires.

Phase 3 :

Avec elle débute l'ensemble des transformations et dépôts liés au phénomène hydrothermal.

En particulier, on remarque le caractère très polyphasé de la dolomitisation. Les caractéristiques Cl des générations de dolomite Dl, D2,

D5 sont différentes de celles de l'encaissant. Une telle différence soulignerait l'allochtonie des générateurs (P. Amieux, 1981). La dolomite D3, plus calcique, pourrait exprimer une certaine influence de fluides autochtones.

Les différentes générations de fractures observées semblent davantage relever de réajustements internes à la formation bréchique que d'une structuration généralisable à l'ensemble des formations sédimentaires sur ou sous incombantes.

Les minéralisations sulfurées prennent place entre les deux générations de fluorine, c'est-à-dire une période ou les fluides ont un fort cachet allochtone. Néanmoins les observations recueillies sont insuffisantes pour proposer un schéma gîtologique complet. En particulier manquent des observations en mine où les habitus des venues sulfurées pourraient être plus variés.

Néanmoins, cette étude montre que par une analyse pétrologique détaillée et une comparaison des différents faciès représentés, une chronologie satisfaisante des évènements sédimentaires et post-sédimentaire peut - être dégagée. La cathodoluminescance apporte une aide précieuse à la distinction des différentes générations minérales, en l'absence de données géochimiques plus délicates et longues à mettre en oeuvre.

Dans le cas présent, la ponctualité des observations conduit à une certaine prudence quant à la généralisation des conclusions, qu'il convient de limiter au seul secteur de la Grande Vernissière.

La prolongation de cette courte étude serait de reprendre l'ensemble des données de sondages disponibles sur le dome de Durfort, afin d'aboutir à une vision plus globale des phénomènes diagénétiques, en mettant l'accent sur la place des minéralisations sulfurées de cette structure particulière de la bordure sous cévenole.

ANNEXE 1

Description des lames minces

-:-:-:-:-

.

Ech. 1 - B 74196

Contact entre deux phases de remplissage d'une fissure :

- fluorine mégaspathique aux épontes
- dolomite blanche mégaspathique baroque au centre. Le développement de la fluorine est matérialisé par l'existence de discontinuités dans la croissance des cristaux. Un stade de croissance peut être apparemment scellé par un liseré de particules sédimentaires. Il peut aussi être matérialisé par un liseré stylolithique de matière carbonée. Ces discontinuités sont souvent le site préférentiel du développement de dolomite.

En CL, la dolomite mégaspathique est caractérisée par :

- coeur marron/orange moyen, très développé
- système de zone orange + intenses
- zone marron sombre, étroite
- zone orange vif/rouge de forte intensité

Ech. 2 - B 74197

Eponte + fissure à fluorine et dolomite

Packstone silicifié et dolomitisé :

- abondants spicules monaxones, parfois triaxones, épigénisés en fluorine.
- Echinidés/entroques et radioles d'oursins, avec ciments syntaxiaux.
 Silicification en calcédoine au coeur, parfois en dolomite.
- lamellibranches communs.
- Foraminifères benthiques rares
- Ostracodes rares

Silicification partielle, teinte jaunâtre, de la matrice, et développement généralisé de fluorine postérieur.

La dolomitisation se marque par la présence de rhomboèdres dans la porosité matricielle de dissolution, bien développée dans les zones les plus silicifiée.

La fluorine se met en place dans une fracture et digère peu à peu le sédiment aux épontes, conservant les umpuretés, qui seraient les reliques des grains sédimentaires. Elle ne semble pas affecter les rhomboèdres de dolomite.

En CL, la dolomite en rhomboèdres des épontes est caractérisée par :

1 - coeur marron moyen de faible intensité.

2 - zone rouge/orange d'intensité moyenne à forte, avec petites fluctuations <u>+</u> intenses.

3 - zone marron sombre d'intensité moyenne à faible.

4 - zone orange/rouge d'intensité forte, étroite.

2 semble corroder 1

Ech 3 - LM 74198

Dolomicrite à dolomicrosparite, bioturbée, à litage oblique et à fin quartz.

Mudstone dont la dolomitisation se caractérise par apparition de très nombreux petits rhomboèdres de lO à 50 $\,\mu\text{m}$

Présence d'une pigmentation pyriteuse et de matière organique fréquente, en lits ou petits chips. Petits quartz communs, muscovites fraîches plus rares.

Fissuration avec remplissage de dolomite et fluorine. Certaines fissures et leur remplissage sont secondairement reprises par une compaction qui aboutit à leur émiettement et leur boudinage.

En CL, dans les fissures boudinées :

- 0 coeur de calcite jaune/ocre en relique
- 1 zone marron moyen/sombre
- 2 zone marron sombre
- 3 zone rouge/orange de forte intensité, très étroite
- 4 zone marron sombre
- 5 zone rouge orange, de forte intensité, étroite, qui existe également en fissures affectant 1,2,3,4

dans les rhomboèdres de la matrice ;

- 1 zone marron moyen (parfois)
- 2 zone marron sombre
- 3 frange très étroite rouge/orange de forte intensité

,

Ech. 4 - LM B 74199

Fluorine avec dolomite spathique en rempissage de cavités fissurales :

- liseré de réaction de la fluorine sur les épontes
- éponte de dolosparite fine équigranulaire
- fluorine de "digestion" de la dolosparite fine, disséminée en cubes dans l'éponte, mais liée à des fissures à dolomite plus tardive.

En CL, la dolomite mégaspathique baroque présente la succession suivante :

- coeur marron moyen très largement développé.
- zone marron orange avec flucturations + claires
- zone marron sombre, étroite
- zone rouge/orange, étroite, de forte intensité
- zone bistre/marron clair d'intensité moyenne

La Dolomite en rhomboèdres équigranulaires de l'éponte :

- coeur marron sombre très développé
- frange externe rouge/orange de très forte intensité

La Dolomite en rhomobèdres liée à des fissures :

- relique jaune ocre
- zone marron ou moyen d'intensité moyenne
- zone marron sombre, envahissant le coeur l et O
- zone rouge/orange très étroite, de forte intensité.

Ech. 7 -Lame B 74200

Wackestone - Packstone :

- abondants spicules de Spongiaires calcitiques
- lamellibranches communs
- Echinidés abondants
- Ostracodes
- Gravelles limonitisées ou pyritisées parmi lesquelles :

.1

- oolithes
- lumps
- bioclastes divers

Calcédonisation fréquente des Echinodermes, aboutissant à du quartz automorphe.

La matrice calcaire est en voie de microdolomitisation et de microsilicification.

Ech. 8 - LM B 74201

.

Calcaire wackestone - Packstone à spicules et Echinidés (évoque éch. 7, mais en plus fin, plus jointif et plus riche en fragment d'Echinidés à ciment syntaxial)

- Spicules calcitiques abondants
- Echinidés abondants
- Lamellibranches communs
- Foraminifères benthiques rares
- quartz silteux communs
- pyrite en pigments, limonite et matière organique probables

.

Quelques fragments d'Echinidés et plus rarement de Lamellibranches sont calcédonisés au coeur.

Certains clastes sont dolomitisés ou épigénisés par de la Fluorine, d'autres, plus rares sont pyritisés ou limonitisés.

Ech. 9 - Lame B 74202

Packstone en voie de silicification et dolomitisation, envahi par la Fluorine.

Spicules, Echinidés, Lamellibanches, ostracodes et quarts silteux. Echinidés et Lamellibranches sont parfois calcédonisés au coeur. La matrice est silicifiée et pigmentée d'oxydes de fer. La dolomitisation se marque par le développement de rhomboèdres équigranulaires. La fluorine peut avoir une expression fissurale, de même que la dolomite, qui est alors mégaspathique.

En CL, la dolomitisation des bioclastes est décrite comme suit :

0 - relique calcitique jaune ocre

1 - zone mal délimitée marron moyen, en relique

2 - zone marron sombre

3 - zone rouge/orange étroite de forte intensité. Cette
zone externe est plus développée au contact de la silice.
Elle devient polyzonale :

- . rouge/orange de moyenne intensité
- . marron/orange de faible intensité
- . rouge/orange de forte intensité
- . noii
- . rouge/orange de fort intensité

Ech. 10 - LM B 74203

Tout à fait semblable à l'éch. 8, avec de la galène associée à des fissures de dolomite ou ouvertes.

Abondants ciments syntaxiaux

Ech. 12 - B 74204

Semblable aux éch. 10 et 8, en un peu plus grossier, avec une texture plutôt packstone que wackestone.

Ech. 14 - LM B 74205

Se rapproche de l'éch. 7, en plus fin, mais toujours avec présence des gravelles remaniées à contex pygmenté. Ech. 15 - LM 74206

Oopelbiocalcarénite à texture grainstone, litée

Très bon classement (Ø 150 µm)

- pellėts
- oolithes superficielles (ou à cortex plus développé dans certains lits
- Echinidés avec fréquents ciments syntaxiaux
- Lamellibranches
- Spicules calcitiques
- Algues rouges rares
- quelques quartz nourris dont certains bipyramidés.

Présence d'une fissure à fluorine et dolomite. Ces deux minéraux sont également dans la porosité de dissolution.

Les calcites de recristallisation des Lamellibranches sont zonées en CL. elles présentent la même zonation dans des petits cristaux reliques en bordure de la fissure à fuorine et dolomite.

- coeur marron/jaune ocre moyen
- zone jaune ocre clair
- zone marron/ocre sombre

La dolomite de ces fissures présente des variations de teinte entre le marron moyen au coeur et le rouge/orange (bien développé)

Ech. 16 - LM B 74207

Pelbiooocalcarénite à texture grainstone, litée

- Pellets abondants
- oolithes superficielles communes
- bioclastes divers (Echinidés, dominants, à ciments syntaxiaux)

Ech. 17 - LM B 7420B

Même caractéristiques que l'éch. 3 : dolomicrite

Ech. 18 - LM B 74209

Calcaires à texture mudstone, à très rares spicules

Présence de fissures à fluorine et dolomite

En CL, la dolomite fissurale présente la succession suivante :

- l coeur marron moyen très largement développé, à contour mal défini.
- 2 zone marron sombre étroite parfois abondante, corrodant l.
- 3 zone rouge orange très étroite, de forte intensité.
- 4 zone marron sombre étroite.
- 5 zone rouge orange, rarement présente.

Ech. 19 - LM B 74210

Semblable à l'éch. 18, mais avec présence de petits cristaux de calcite sur les épontes de fissures à dolomite et fluorine. En CL, cette calcite est de teinte marron/ocre.

-

Ech. 20 - LM B 74211

Semblable aux ech. 3 et 17. Présence de fissures secondairement boudínées.

Ech. 29 A - LM B 61131

Calcaire micritique.

En CL, la micrite présente une teinte orange/ocre présence de fissures discrètes à calcite relique orange/ocre en CL et fluorine bleue.

Fractures partiellement ouvertes à dolomite spathique à faciès courbés, fluorine automorphe.

Ech. 29 B - LM B 61132

Grainstone à entroques et spicules.

- calcite syntaxiale.
- calcédonisation du coeur de certains bioclastes (échinodés, Lamellibranches)
- microsilicification intergranulaire
- fissures à dolomite spathique et fluorine
- développement de fluorine et de dolomite dans les bioclastes, les cavités de dissolution et la porosité des joints stylolitiques.

Ech. 29 C - LM B 61133

Elément laminé

- Eléments détritiques flottants dans un ciment de fluorine : quartz, calcédoine, lithoclastes pigmentés d'oxydes.
- Rhomboèdres de dolomite en ciment dans les formes carbonés stylolithiques.
Ech. 29 E - LM B 61135

Calcaire à spicules

- calcite syntaxiale autour des fragment d'Echinidés
- calcédonisation de certains clastes
- microsilicification intergranulaire
- dolomite dans certains clastes
- fractures à dolomite spathique et fluorine
- épigénie de certains spicules en fluorine
- dolomite et fluorine dans la porosité de dissolution

Ech. 29 F - LM B 61136

Packstone à spicules et Echinidés

- Microsilice matricielle
- Calcédoine intrabioclastique
- dolomite rare dans les bioclastes
- rares quartz automorphes dans les bioclastes

Ech. 30 A - LM B 61137

Brèche

Eléments :

.

- Lithoclastes dolomicritiques anguleux
- pellets dolomicritiques
- quartz
- bioclastes remaniés (Echinidés avec leur ciment syntaxial)

Dolomitisation très importante par de la dolomite à faces courbées :

en CL, on observe :

- 1 -coeur marron sombre, étendu, avec parfois des reliques marron moyen
- 2 fluctuation marron/orange étroite
- 3 liseré rouge orange à forte intensité, très étroit
- 4 zone marron sombre
- 5 fluctuations marron/orange
- 6 bande rouge/orange de forte intensité, pouvant également remplir des fissures affectant l à 5.

la fluorine, de teinte bleue est postérieure.

Ech. 30 F - LM B 61142

Grainstone bioclastique :

- abondants Echinidés, Lamellibranches
- microsilicification intergranulaire
- calcite en relique au sein des bioclastes
- fractures à fluorine et dolomite

Ech. 30 G - LM B 61143

Wackestone riche à spicules

- microsilicification intergranulaire
- calcédoine intrabioclastique pouvant évoluer en quartz automorphe (dans les fragments d'Echinidés)
- fissures à fluorine et dolomite

Ech. 31 A 1 - LM B 61144

Dolomicrite à films argileux

- Fractures à dolosparite baroque et fluorine
- Fluorine dans de petites fissures obliques ou stratiformes.

Dans la fracture, la dolomite baroque est très semblable à celle décrite dans l'échantillon 30 E.. Aux épontes, quelques cristaux reliques de calcite (?) de teinte CL jaune ocre sont présents, antérieurs à la dolomite. Ech. 30 B - LM B 61138

Très semblable à l'éch. - 29 C.

Ech. 30 C - LM B 61139

Minéralisation sur sédiment laminé :

- fracturation avec fluorine
- développement de blende dans les films carbonés stylolithiques ou les lits les plus grossiers.
- développement de rhomboèdres de dolomite selon le litage, dans les fims stylolithiques carbonés la blende peut englober la dolomite, en apparence.
- ciment de fluorine baignant toute la lame
- fissure à calcite (?) tardive

Ech. 30 E - LM B 61141

Calcaire micritique :

- nids de remplissage calcitique en mosaïque spathique,
 à CL marron moyen/ocre + zoné.
- fissures à dolomite de deux générations :

Génération 1 :

- coeur marron moyen , corrodé
- zone marron moyen
- zone rouge/orange, très étroite
- zone marron sombre, corrodé
- Génération 2 répétition de séquences débutant par une zone rouge/orange, puis admettant de petites fluctuations marron/rouge de moins forte intensité.

Ech. 31 A₂ - LM B 61145

Sédiment laminé et minéralisation, semblable aux éch. 30 C, 30 A, 29 C.

On note de plus de la dolomite en mosaïque, qui remplace la blende. En CL, elle luminesce en bleu plus sombre que la fluorine. La dolomite, á teinte CL rouge/orange dominante est englobée par la blende.

Ech. CR 31 C - LM B 61147

Packstone à spicules et débris d'Echinidés, semblable à l'éch. 29 F.

- Dolomitisation partielle de certains clastes
- Forte pigmentation d'oxydes de fer dans la matrice
- Microsilicification intergranulaire discrète
- Fissurationà fluorine et dolomite baroque

Ech. 31 D - LM B 61148

Minéralisation sur sédiment laminé :

- Dolomite à CL bleue, épigénisant la blende
- dolomite à CL rouge/orange,postérieure à la dolomite bleue.
- Fluorine affectant la blende et la dolomite à CL bleue

ANNEXE 2

Planches photographiques

-:-:-:-:-

Dans les planches en couleur, les teintes des minéraux sont sensiblement différentes de celles annoncées dans le texte, par suite de difficulté d'exposition et de développement PL 1





2

PLANCHE 1

- PHOTO 1 : Ech. CR 84/30 E Calcaire mudstone avec rares fins terriers
 (I) Fractures à Fluorine (F1) Litage discret Lumière
 Naturelle × 10.
- PHOTO 2 : Ech. CR 84/29 A Calcaire mudstone, avec une première génération de fracture (FR1) secondairement plissée et une génération postérieure, plus ouverte (FR3) Lumière Naturelle x 10
- PHOTO 3 : Ech. CR 84/31 C Calcaire à spicules traversé par une fracture á remplissage de Fluorine (FL) - On distingue un nid de silicification (S1) avec orientation radiale des spicules - Lumière Naturelle X 10.
- PHOTO 4 : Ech. 84/30 F Calcaire à spicules texture grainstone, avec nombreuses fissures à fluorine, dolomite. Lumière Naturelle x 10.





PLANCHE 2

PHOTO 1 : Ech. 84/30 C - Sédiment laminé, formé d'une succession de lits à granoclassement normal discret dans ciment normal discret, affecté d'une stylolitosation (sty) parallèle litage et d'une fracturation à Fluorine (F1) et blende (B). Les éléments sont cimentés par de la fluorine qui les corrode - Lumière Naturelle x 10.

- PHOTO 2 : Ech. CR 84/31 A2 Sédiment laminé, microbréchique à la base Ciment de fluorine Lumière Naturelle x 10.
- PHOTO 3 : Ech. CR 84/30 C détail des stylolithes soulignés par des produits carbonés auxquels sont associés des cristaux de blende (B) - Lumière Naturelle et réflèchie combinées.

PL **3**



PLANCHE 3

- PHOTO 1 Ech. CR 84/32 1 Minéralisation en Blende et Fluorine. Reliques de sédiment finement laminé , envahi et "digèré " par la Fluorine de première génération FR1. Fracturation postérieureFR5 par précipitation en blende (B) automorphe. Seconde génération de Fluorine (F12) - Lumière Naturelle x 10.
- PHOIO 2 : Idem la blende (B) se met en place dans des poches de dislocation des lits des sédiments laminés. Lumière Naturelle x 10.
- PHOTO 3 : Ech. CR 84/32 1 Détail des niveaux les plus grossiers des sédiments laminés ciment de Fluorine - Lumière naturelle x 10

pl **4**



1





PLANCHE 4

- PHOTO 1 : Minéralisation de Fluorine blende sur les sédiments laminés (SL). Fluorine prismatique Fl l. Blende (B) Fluorine tardive (Fl2) - Dolomite de remplacement de la blende (D4) et dolomite blanche tardive D5. Lumière Naturelle x 10.
- PHOTO 2 : Fracturation dans le calcaire à spicules silicifiés, remplissage par de la Fluorine (Fll) et de la dolomite D₂ qui "digère" en partie les épontes (flèche) - Lumière Naturelle x 10.



FLT







PHOTO 5

- PHOTO 1 : Calcaire dolomitique Reliques de grains calcitiques Cl dans les cristaux de dolomite Dl - Fracturation et colmatage par de la fluorine Fl1. Mode cathodoluminescent x 10.
- PHOTO 2 : Calcaire dolomitique Fracturation avec colmatage par de la fluorine (Fl1) et de la dolomite D2 en épitaxie sur la dolomite antérieure Mode cathodoluminescent x 10.
- PHOID 3 : Sédiment laminé, faciès microbréchique génération de dolomite calcique D3 qui recoupe les dolomites antérieeures D1 et D2 et la fluorine Fl1 - Mode cathodoluminescent x 10.

PHOTO 4 : idem photo 2 - Lumière Naturelle x 10.







PLANCHE 6

PHOTO 1 : Calcaire dolomicritique fin. Fracturation avec génération de dolomite D3 puis de fluorine FL2 ? Mode cahtodoluminescent x 10

PHOTO 2 : Idem photo 1 - Lumière Naturelle x 10

PHOTO 3 : Calcaire à spicules - silicification des bioclastes : calcédonie (C) ; nourrie en quartz (Q) la calcite est en rose (Ca) la silice microcristalline en blanc - bleuté. PL **7**







PLANCHE 7

- PHOTOS 1 2 : Sédiment laminé, faciès bréchique dolomite Dl sur laquelle D2 se développe en épitaxie ou remplit des fissures affectant D1. La Fluorine F12 colmate les vides restant.
- PHOTO 3 : Fracturation FR2 avec colmatage par de la dolomite D2 qui peut "digèrer" les épontes silicifiées (flèche) la Fluorine FL1 colmate la porosité résiduelle.

RECHERCHE DE GRADIENTS D'EVOLUTION DANS LA DIAGENESE DE LA MATIERE ORGANIQUE DISPERSEE SUR LA BORDURE SOUS-CEVENOLE

ANNEXE 7

87 DAM 012 DEX mars 1987

Contrat nº MSM-041-F

G. GONZALEZ 84 GEO.ES 072 85 GEO.ET 044

BUREAU DE RECHERCHES GEOLOGIQUES ET MINIERES SERVICE GEOLOGIQUE NATIONAL Département Carte Géologique et Géologie Générale BP 6009 - 45060 ORLEANS CEDEX 2 (France)



RESUME

A la suite des études antérieures sur l'évolution de la matière organique des gîtes de Bois Madame et de la Croix de Pallières, une campagne d'échantillonnage et d'analyse pétrographique de la matière organique a été lancée sur un secteur s'étendant d'Alès au NE à Sumène au SW (bordure cévenole). Ces travaux ont pour objectif de reconnaître et délimiter des paléoflux thermiques, de déceler des indicateurs pétrographiques et géochimiques des gîtes cachés.

Quatorze coupes ou lieux d'échantillonnages ont été levés, totalisant 147 échantillons.

L'étude pétrographique a été réalisée sur les échantillons de quatre coupes : coupes des Puechs, Capelans, Ayrolle et Cros.

L'influence de flux thermiques a été révélée dans les coupes des Puechs, d'Ayrolle et ce Cros. Le Jurassique du massif des Capelans, proche de la mine Joseph, n'a pas subi de chauffe anormale. Dans la coupe des Puechs le "Salifère" du Horst de Pallières témoigne avec un PR élevé (2,12 %) et une anisotropie de la vitrinite des effets d'un flux thermique élevé associé à des contraintes tectoniques. Par contre, l'ensemble des autres terrains triasiques du Horst, et jurassiques du bassin de Mialet ont connu un même flux thermique qui est pour le moins postérieur au Lotharingien et dont les effets sont plus sensibles au Nord.

Dans les coupes d'Ayrolle et de Cros, les PR sont du même ordre de grandeur (0,90 à 0,85 %) avec une tendance à augmenter vers le Sud. La fracturation de la couverture secondaire n'est pas à l'origine d'une compartimentation en panneaux plus ou moins "chauffés"; elle ne s'est pas non plus comportée comme un conducteur thermique au moins dans ces coupes étudiées. I - Recherche de gradients d'évolution de la Matière Organique dispersée sur la Bordure Cévenole

Rapport 84 GEO.ES 072

INTRODUCTION

Ce présent rapport s'inscrit dans le cadre de l'action concertée CCE Indicateurs pétrographiques et géochimiques des gîtes cachés qui concerne essentiellement les minéralisations de la bordure cévenole du Nord-Alès à St-Hyppolyte du Fort (Gard - France). De nombreux indices et travaux miniers dont l'exploitation est aujourd'hui abandonnée sont répartis du NE au SW dans des zones prévilégiées du bassin mésozoïque d'Alès, le long du faisceau cévenol, du Horst de Pallières-Générargues, sur le dôme de Durfort ainsi que dans le secteur de St-Jean du Gard. Ce sont aussi bien des indices filoniens (de très petite dimension) que des amas minéralisés de moyenne importance dans la couverture. Il s'agit de minéralisations Pb, Zn, Cu, Ba, F, principalement réparties dans quatre magazins :

- les grès de base du Trias
- les argiles silteuses et dolomies du Trias moyen et supérieur ainsi que l'interface des dolomies hettangiennes.
- les calcarénites plus ou moins dolomitisées du lotharingien inférieur.
- les calcarénites dolomitisées du Bathonien.

Quatre mines sont représentatives de ces différents types :

- St-Sébastion d'Aigrefeuille
- la Croix de Pallière
- Durfort
- St-Hyppolyte du Fort-la-Boissière.

L'étude récente (avril 1981) du gîte de la Croix de Pallières a permis de le redéfinir comme un gîte épigénétique hydrothermal. Il se situe à la croisée des directions tectoniques majeures liées à des accidents du socle qui ont joué au Lias et au Dogger. Ce massif fracturé et fissuré représentant un magasin potentiel, aurait subi aux mêmes époques les effets d'un gradient géothermique anormalement élevé (révélé par l'étude de la maturation de la matière organique) et la circulation per ascensum d'eaux salines et chaudes à l'origine de cristallisationsépigénétiques (comme le montre l'étude des éléments traces et l'étude pétrographique).

OBJECTIF

Les études optiques et géochimiques de la matière organique associée aux minéralisations de la mine de Bois Madame et aux dolomies hettangiennes du gîte de la Croix de Pallières font apparaître une bipolarité tant dans le type de matière organique représentée que dans son degré d'évolution.

Dans la mine de Bois Madame, la matière organique trouvée dans les échantillons est essentiellement de type sapropélique (lignée I). Son degré de diagenèse est très peu avancé avec un P.R. de 0,30 % (avec un maximum à 0,60 %), ce qui permet de la situer à la limite immature mature.

Par contre, la matière organique des dolomies hettangiennes de la Croix de Pallières possède des caractères tout à fait opposés. Elle est d'origine continentale (lignée III). La réflectance de la vitrinite est voisine de 3 (anthracite à méta-anthracite - limite d'existence des gisements à gaz). Cette réflectance, très élevée, ne peut correspondre à une simple diagenèse d'enfouissement de l'Hettangien. Elle constitue un témoin de l'existence temporaire d'un gradiant géothermique anormal. De plus, on a observé l'accroissement de l'évolution de la matière organique vers la zone du Horst et vers la base de la série. Il apparaissait alors possible par la réflectométrique de repérer des "points chauds" à partir des tracés de cartes d'évolution de la matière organique.

Cette présente étude s'inscrit dans cette démarche. Elle représente une première phase qui consiste à définir une échelle d'observation et d'étude au niveau d'un secteur qui s'étend de Sumène (col du Lac) au SW et d'Alès au NE (la mine de Bois Madame se situant au sud de Sumène et la Croix de Pallières au Nord de St-Félix de Pallières à proximité de la mine Joseph).

Ce travail a comporté deux volets qui sont :

- un travail de terrain consistant à lever des coupes dans le secteur découpé par l'ensemble des accidents dit "faille des Cévennes" et en un échantillonnage des différents terrains observés.

- un travail d'analyse et de synthèse sur la matière organique contenue dans les échantillons prélevés.



I - LEVERS DE COUPES - ECHANTILLONNAGE

Le but des travaux de terrain était d'une part d'effectuer des levers de coupes choisies en fonction de l'un ou de plusieurs des critères suivants : continuité stratigraphique, recoupement d'un système d'accidents, appartenance à un panneau délimité par failles, niveau peu ou pas tectonisé, proximité de corps minéralisés, richesse probable en matière organique et d'autre part d'échantillonner les terrains observés.

Quatorze coupes ou lieux d'échantillonnage (pl. l) ont été étudiés, totalisant 147 échantillons (numérotés GG 83-X).

A) COUPE DES PUECHS (pl. 2) : 16 échantillons

Les terrains observés et échantillonnés sont du Sud au Nord :

★ dans la zone du Horst :

- Trias salifère : argilites plissotées (GG 83.63)
- "Marnes irisées" triasiques : alternance de calcaire jaune (GG 83.65) et de marnes gris-jaunâtre (GG 83.64)
- Rhétien : calcaire argileux (GG 83.66) et marnes feuilletées (GG 83.67)

★ dans le bassin de Mialet :

- Hettangien basal IB : dolomie grise à patine gris-jaune, en bancs décimétriques et à interlits marneux (GG 83.68)
- Hettangien moyen dolomitique (GG 83.69)
- Hettangien sommital au contact du Sinémurien : dolomie grise cristalline (GG 83.70)
- Sinémurien basal dolomitisé (GG 83.71)
- Sinémurien : calcaire à patine bleuâtre, à débit en "miches" délimitées par des filonnets terrigènes, à débris de fossiles (radioles, entroques) en relief (GG 83.72)
- Sinémurien sup. : biocalcarénite à entroques (GG 83.73)
- Lotharingien moyen : calcarénite bioclastique (CG 83.74)
- Lotharingien sup. basal : calcaire marneux à Astéroceras, Piwa (GG 83.75)
- Lotharingien sup.: calcarénite à chailles et gryphées (GG 83.76) à interlits marneux (GG 83.77)
- Carixien : calcaire fin gris bleuâtre, litage régulier (GG 83.78)



COUPE DES PUECHS



0 1km

B) COUPE DE MIALET (pl. 3) : 9 échantillons

Les terrains observés sont d'Ouest en Est :

- Trias sup.: alternance de grès grossiers et de marnes vertes (non échantillonnés)
- Keuper sup.: grès grossiers conglomératiques à galets de quartz laiteux, poreux, en bancs massifs, alternant avec des marnes feuilletées vertes (GG 83.118) et des dolomies prismatiques gris-clair à patine jaune en bancs décimétriques.
- Rhétien : bancs massif de dolomie gréseuse et de grès grossiers à galets de quartz laiteux, interlits décimétriques de marnes feuilletées noires et vertes (GG 83.119) - Sommet dolomie silteuse jaune litée (GG 83.120).
- Hettangien . basal marnocalcaire gris cendré (GG 83.121)
 - . dolomie noduleuse (GG 83.122)
 - . sup. dolomitique gris sombre (GG 83.123)
 - sommital au contact du Sinémurien : dolomie calcarénitique (GG 83.124)
- Sinémurien . inf. en miches (GG 83.125) . sup. calcarénite à entroques (GG 83.126)
- C) SAINT-JEAN DU GARD (pl. 3) : 4 échantillons

Il s'agit de points d'observation le long de la D 907 au Sud de St-Jean du Gard :

- Lieu-dit le Ponteil : marnes rhétiennes (GG 83.139)
- Carrière du Lauret : interlit noir hettangien entre les niveaux IC et IIA (GG 83.140) - interlit noir au toit des gros bancs dolomitiques hettangiens IC (GG 83.141)
- Lieu-dit l'Elze : calcaire marneux hettangien IB (GG 83.142)

D) COUPE DES CAPELANS (pl. 4) : 8 échantillons

La colline des Capelans est un massif callovo-oxfordien délimité au Nord, au Sud, et à l'Ouest par des failles ; le versant Est étant en continuité stratigraphique avec le Bathonien qui repose sur l'Aaléno-Bajocien en partie recouvert par les alluvions du Gardon (cf carte géologique Alès 1/50 000).







Les terrains observés et échantillonnés sont de la base au sommet du massif :

- Callovien : alternance de bancs calcaires décimétriques gris foncé à patine rousse (GG 83.11) et de calcaires marneux formant rentrant (GG 83.10)
- Callovo-Oxfordien : calcaire marneux noir en petits bancs (GG 83.9)
- Oxfordien moyen : alternance de calcaires noirs à patine rousse (GG 83.8) et de calcaires marneux plus tendres formant rentrant (GG 83.7).
- Oxfordien sup.: calcaire lithographique marron à bancs décimétriques ondulés (GG 83.144, GG 83.145, GG 83.146).

E) COUPE DE PALEYROLLE (P1. 4) : 11 échantillons

La coupe de Paleyrolle recoupe quatre lambeaux ou panneaux jurassiques ou triasiques délimités par failles.

D'Est en Ouest, on a observé et échantillonné :

- un panneau jurassique : calcaire fin dont la position stratigraphique est mal connue : lotharingien ou carixien (GG 83.134)
- un lambeau triasique : marnes irisées du Trias sup. (GG 83.127) Rhétien calcaréo-marneux (GG 83.133)

- un lambeau jurassique :

- . sinémurien : calcaire fin (GG 83.128)
- . sinémurien : calcaire noduleux (GG 83.129, GG 83.137)
- . lotharingien inf.: calcarénite dolomitisée (GG 83.130)
- . lotharingien : biocalcarénite à micropellets limoniteux (GG 83.135, GG 83.136)
- un lambeau triasique . Rhétien : interlits marneux (GG 83.131, GG 83.132)
- F) MINE JOSEPH : 7 échantillons

Les échantillons ont été prélevés en trois lieux :

- niveau de la Forge : dolomie minéralisée à la base (Pb, Zn, Cu) dont la la stratigraphie est mal connue : sinémurien ou hettangien (GG 83.124 a)
- entrée de la mine surplombante : joints marneux dans la dolomie lotharingienne inf. (GG 83.125 a)
- grande carrière de la mine Joseph : interlits marneux dans le lotharingien sup. (GG 83.126 a à GG 83.126 e).



COUPE DES CAPELANS - COUPE DE PALEYROLLE



0 1km

.

G) COUPE DE DURFORT (pl. 5) : 10 échantillons

Cette coupe a été réalisée en deux parties : d'une part du Nord au Sud sur la D 21 qui conduit à St-Félix de Pallières et d'autre part du Sud au Nord sur la D 213 qui traverse Fressac.

Les terrains échantillonnés sont les suivants :

- Lotharingien inf.: calcarénite sableuse à colithes, massive, grise, diaclasée (GG 83.109)
- Lotharingien sup.: calcaire siliceux sombre (GG 83.110, GG 83.111)
- Carixien : calcaire compact fin, bancs décimétriques parfaitement plans (GG 83.112, GG 83.113)
- Domérien : Marnes noires (GG 83.114)
- Toarcien : Schistes cartons (GG 83.115) à bancs calcaires (GG 83.116)
- Aaléno-Bajocien : alternance de marnes et de calcaires marneux (GG 83.117)

H) COUPE DE MONOBLET (pl. 5) : 11 échantillons

Cette coupe située au Sud de Monoblet s'inscrit dans un panneau délimité au Nord et au Sud par des failles (NE-SW). Elle a été levée le long de la D 133.

Les terrains observés sont les suivants (du Nord au Sud) :

- Hettangien : dolomie (GG 83.12)
- Sinémurien : calcaire noir à pâte fine (GG 83.13)
- Lotharingien : calcaire à chailles (GG 83.14)
- Carixien : alternance de calcaire gris bleu à roux, cassure gris foncé, très dur, éclat esquilleux (GG 83.15) et de calcaire marneux en feuillets (GG 83.16)
- Domérien Toarcien : marnes noires (GG 83.17)
- Aaléno-Bajocien (partie inférieure) : marnes grises (GG 83.19) parcourues de lits décimétriques de calcaire noir à patine rousse en miches (GG 83.18) (partie supérieure) : alternance de calcaires (GG 83.22) et de marnes (GG 83.21)
- Toarcien : "schistes cartons" (GG 83.20)







lkm

12

I) COUPE D'AYROLLE (pl. 6) : 15 échantillons

Cette coupe s'étend de St-Hyppolyte du Fort au Sud, au lieu-dit La Barie au Nord, le long de la D 39. Elle recoupe un système de failles NE-SW et traverse dans sa partie médiane un lambeau de Trias.

Les terrains observés et échantillonnés sont, du Sud au Nord :

- Kimméridgien sup.: calcaire compact beige à patine blanchâtre, cassure conchoïdale, en gros bancs massifs (GG 83.33)
- Oxfordien sup.: calcaire micritique marron à patine beige, nombreuses diaclases à remplissage calcitique (GG 83.34)
- Bathonien

base : calcaire grossier roux en bancs décimétriques (GG 83.35)
dolomie massive rousse (GG 83.36)

- Keuper sup.

. marnes litées versicolores (GG 83.37)

. grès moyen jaune (GG 83.38)

- Muschelkalk

calcaire noir vacuolaire à patine rougeâtre, broyé (GC 83.39)
 marnes noires et grises (GG 83.40)

- Lotharingien moyen calcarénite (GG 83.41)

- Hettangien dolomie (GG 83.42)
- Keuper
- . grès dolomitique beige (GG 83.43)
- . lits centimétriques de sable (GG 83.44)
- . marnes vertes (GG 83.47)

- Muschelkalk

calcaire noir (GG 83.45)argilite verte (GG 83.46)

J) COUPE DE CROS (pl. 6) : 12 échantillons

Cette coupe est sensiblement parallèle à la précédente. Elle débute au Nord au lieu dit Eglise de Cros et se termine au Sud à St-Hyppolyte du Fort (D. 347).

Les terrains observés et échantillonnés sont les suivants :

- Lotharingien inf.

. calcarénite (GG 83.3) parfois à particules noires brillantes de type bitumineux (GG 83.4)



COUPE D'AYROLLE - COUPE DE CROS



0 lkm
- Lotharingien sup. . calcarénite slumpée (YLN 83.74) . calcaire micritique noir à chailles (GG 83.2) . calcaire noir hypersiliceux (GG 83.5) - Plus au sud, après la dépression domérienne au lieu-dit de la Badoche, en contact normal, on retrouve le lotharingien inf.: calcarénite à particules noires brillantes (GG 83.25) - Aaléno-Bajocien alternance de marnes (GG 83.26) et de calcaires (GG 83.27) - Bajocien/Bathonien Calcaire massif gris clair à patine rousse à interlits marneux feuilletés (GG 83.28) - Bathonien : dolomie roussâtre, grossièrement grenue, massive (GG 83.29) - Oxfordien sup. Calcaire micritique marron à patine beige en bancs de 50 cm, en alternance régulière avec des lits centimétriques marneux feuilletés (GG 83.30), l'ensemble étant plissé. - Kimméridgien inf. Calcaire marneux en plaquettes beige jaunatre (GG 83.31) - Partlandien Calcaire gris compact en gros bancs métriques karstifié, base bréchique (GG 83.32). K) COUPE DE CAMBO (pl. 7) : ll échantillons Cette coupe a été levée sur la D. 296 depuis le village de Cambo au Nord. Elle se poursuit au sud par la coupe de la Cadière. Les terrains observés et échantillonnés sont les suivants : - Lotharingien inf. . dolomie graveleuse (GG 83.97) . calcaire oolithique à stratification entrecroisée (GG 83.98, GG 83.99) - Lotharingien sup. . calcaire siliceux à chailles, gryphées (GG 83.100) - Carixien inf. . calcaire bleuâtre, litage régulier, bancs de 20 cm (GG 83.101) avec des interlits marneux feuilletés (GG 83.102)

Planche 7

COUPE DE CAMBO - COUPE DE LA CADIERE COUPE DE CEZAS - COUPE DU COL DU LAC



1km

6

- Carixien sup. . calcaire silicifié à chailles (GG 83.103)

- Domérien . marnes noires (GG 83.104)
- Toarcien "schistes cartons" (GG 83.105)
- Aaléno-Bajocien . alternance de calcaires (GG 83.106) gris noirâtres à patine rousse et de marnes noires (GG 83.107).
- L) COUPE DE LA CADIERE (pl. 7) : 15 échantillons

Cette coupe est le prolongement sud de la coupe de Cambo, le long de la D 296.

Les terrains observés et échantillonnés sont du Nord au Sud :

- Bathonien dolomie (GG 83.48)
- Callovo-oxfordien marnes noires (GG 83.49) à intercalations de calcaire marneux feuilleté à patine rousse (GG 83.50)
- Oxfordien moyen calcaire graveleux (GG 83.51)
- Oxfordien sup.
 - . base calcaire en plaquettes (GG 83.52)
 - . calcaire sublithographique (GG 83.59)
 - sommet calcaire sublithographique diaclasé (GG 83.54) à joints stylolithiques ferrugineux (GG 83.55)

- Kimméridgien inf.

- . calcaire lithographique laminé à interlits en plaquettes
- (GG 83.56)
 - . surmonté de calcaire lithographique massif stylolithique à cassure brune (GG 83.57)

- Kimméridgien sup.

. calcaire sublithographique à cassure brune en bancs pluridécimétriques (GG 83.58)

- Tithonique inf.

- . base calcaire beige clair massif à chailles, térébratules (GG 83.59)
- sommet calcaire beige massif à chailles et cavités de dissolution (GG 83.60)

- Tithonique moyen

. calcaire sublithographique graveleux (GG 83.61, GG 83.62)

M) COUPE DE CEZAS (pl. 7) : 6 échantillons

Cette coupe a été levée d'Ouest en Est sur la D 317 de Cezas à Aigue Bonne.

- Carixien calcarénite grossière (GG 83.91)
- Domérien marnes "schistes cartons" (GG 83.92)
- Domérien sup. dolomie (GG 83.93)

.

- Toarcien "schistes cartons" (GG 83.94)
- Aaléno-Bajocien marnes grises (GG 83.95) et calcaire noir à patine jaune (GG 83.96).

N) COUPE DU COL DU LAC (pl. 7) : 12 échantillons

Elle débute au sommet du massif "Ranc de Banes", passe par le Col du Lac et se poursuit sur la D 317 à l'Est du lieu-dit "Ferrond".

- Tithonique moyen : calcaire lithographique massif blanc à cassure marron (GG 83.79)
- Kimméridgien : alternance de bancs calcaires massifs et de calcaires marneux à délit feuilleté (GG 83.80)
- Oxfordien sup : calcaire sublithographique marron bioturbé à délit feuilleté (GG 83.81)
- Bathonien:dolomie rousse (GG 83.82)
- Toarcien:marnes (GG 83.83, GG 83.85) et calcaire marneux (GG 83.84)
- Domérien : grès entroquitiques (GG 83.86)

base marnes et argiles plastiques grises (GG 83.87) sous marnes grises graveleuses (GG 83.88).

- Carixien : calcaires noduleux, ondulés (GG 83.89) et interlits de calcaires en plaquettes (GG 83.90).

II PETROGRAPHIE DE LA MATIERE ORGANIQUE DISPERSEE

A) RAPPEL DE LA METHODE

L'étude pétrographique de la matière organique dispersée (M.O.D.) des roches sédimentaires est analogue à l'étude pétrographique des charbons. Elle comporte deux volets qui sont, d'une part l'analyse macérale, et d'autre part l'étude du pouvoir réflecteur. Ces études sont basées sur des méthodes optiques.

- Analyse macérale

C'est l'étude (détermination et dénombrement) au microscope métallographique à réflexion, en immersion, lumière blanche et fluorescente, des composants élémentaires organiques fossiles, appelés macéraux (macéral : contraction de minéral et de macération). Cette étude permet également d'observer les composants minéraux associés, présents dans la roche.

L'étude macérale nous donne *le type* de charbon ou autre matériel organique (origine, milieu de dépôt, applications industrielles, etc...). Elle précède et permet l'étude du pouvoir réflecteur.

- Pouvoir réflecteur (ou P.R.)

Cette étude consiste à mesurer dans un échantillon le pourcentage de lumière réfléchie (pouvoir réflecteur) d'une particule de matière organique appelée vitrinite.

La mesure du pouvoir réflecteur est une mesure statistique. Le P.R. caractéristique d'un échantillon est un P.R. moyen établi sur 100 mesures dans le cas idéal.

Le P.R. est fonction du degré d'évolution de la roche (diagenèse, houillification). Il varie proportionnellement avec la profondeur d'enfouissement et la température subie (gradient géothermique, flux thermique, etc...)

L'étude du pouvoir réflecteur nous donne *le rang* du charbon ou de la matière organique, c'est-à-dire son stade d'évolution (intérêt géologique, industriel, prospection gaz, etc...).

- Définitions sommaires

Vitrinite	matière organique gélifiée, homogène à composite, gris clair à pouvoir réflecteur moyen.
Résinite	matière organique homogène, en remplissage de cellules végétales ou isolée, gris rougeâtre, à pouvoir réflec- teur faible.
Bituminite	matière organique à contours géométriques, homogène, fissurée, souvent en forme de gouttelettes à pouvoir réflecteur très variable.

- Inertinite Groupe de macéraux à fort pouvoir réflecteur, inertes au glonflement au cours de la cokéfaction et ayant subi une oxydation précoce.
- Fusinite du groupe de l'Inertinite, tissus végétaux à parois cellulaires entières ou fracturées, cellules vides ou remplies de minéraux (argiles, pyrite...) ou d'un autre macéral (résinite...)
- Sclérotinite du groupe de l'Inertinite, sclérotes ou hyphes de champignons entrelacés.

Inertodétrinite Fragments de macéraux du groupe de l'Inertinite.

L'analyse a porté essentiellement sur les mesures de P.R. ; la composition macérale précise des échantillons ne nous intéressant pas directement pour l'étude de l'évolution thermique.

B) RESULTATS

Les résultats sont exprimés pour chaque échantillons. Lorsque le nombre de mesures est suffisant, un réflectogramme (histogramme de fréquence des pouvoirs réflecteurs) est établi.

Les abréviations utilisées sont les suivantes :

- M.O.D. : matière organique dispersée (sauf précision : vitrinite)
- P.R. : pouvoir réflecteur
- n : nombre de mesures (particules de vitrinite présentes dans la préparation). maximum statistiquement représentatif, environ 100.
- σ: écart type (des classes établies pour le réflectogramme).

Quatre coupes ont été retenues pour entreprendre cette étude (cf pl. 1). Elles ont été choisies pour la très bonne connaissance stratigraphique et géologique que nous en avons, leur position géographique et géologique et/ou leur grande extension.

La coupe des Puechs traverse à l'Est le horst de St-Félix de Pallières et à l'Ouest le bassin de Mialet. Il nous a paru intéressant de l'étudier en premier lieu pour observer les éventuels effets de la disposition structurale sur l'évolution de la matière organique.

A l'autre extrémité du secteur considéré, *les coupes de Cros et d'Ayrolle* au sud, proches l'une de l'autre, quasiment parallèles, recoupent les mêmes structures géologiques, les mêmes panneaux, les mêmes accidents. Leur étude comparée montrera les variabilités des mesures pour des mêmes niveaux.

Le massif des Capelons a retenu notre attention parce qu'il se situe sur le horst de St-Félix de Pallières dans un secteur compartimenté par failles relativement proche du secteur minéralisé de la mine Joseph. La coupe concerne surtout le Jurassique moyen à supérieur.

1) COUPE DES PUECHS (réflectogrammes pl. 8 et 9)

GG 83.63	Trias salifère MOD anisotrope PR : 2,126 % n : 100 σ : 0,335
GG 83.64	Trias marnes irisées PR : 1,05 % n : 14 σ : 0,138
GG 83.65	Trias calcaire marneux jaune PR : 0,98 % n : 9 σ : 0,013
GG 83.66	Rhétien basal, carbonaté, marneux PR : 1,00 % n : 41 σ : 0,074
GG 83.67	Rhétien, marnes grises feuilletées PR : 1,031 % n : 103 σ : 0,142
GG 83.68	Hettangien basal IB, dolomie à interlits argileux PR : 1,00 % n : 100 σ : 0,085
GG 83.69	Hettangien dolomie grise en petits bancs MOD rare, 3 mesures 0,90 % - 1,03 % - 1,12 %
GG 83.70	Hettangien sup. (contact avec Sinémurien) dolomie cristalline grise MOD rare, minuscule, quelques résinites
GG 83.71	Sinémurien dolomitique PR : 0,938 % n : 18 σ : 0,110
GG 83.72	Sinémurien, calcaire en débit en "miches" MOD abondante mais minuscule PR : 1,07 % n : 7
GG 83.73	Sinémurien sup. bioclacarénite à entroques Quelques tasmanacées (algues marines) jaunes à verdâtres, résinites PR : 1,07 % n : 38 σ : 0,125
GG 83.74	Lotharingien inf. sommital, calcarénite grossière fragments d'inertinite

•

Planche 8

REFLECTOGRAMMES



_

Planche 9







GG 83.76	Lotharingien sup. calcarenite PR : 1,085 % n : 10 σ : 0,1319
GG 83.77	Lotharingien sup., interlits marneux PR : 1,105 % n : 53 σ : 0,119
GG 83.78	Carixien, calcaire gris bleuâtre MOD rare - 4 mesures : 0,78 % - 0,97 % - 1,35 % - 1,29 %

Commentaires :

-- -- --

La MOD est dans l'ensemble bien représente. Elle est surtout constituée de vitrinite.

.

L'échantillon GG 83.63 Trias salifère, avec un PR de 2,126 % se distingue nettement de l'ensemble des autres échantillons dont le PR est de l'ordre de l %.

Le PR du Lotharingien sup. est légèrement plus élevé : 1,10 % que celui des autres terrains jurassiques analysés.

Interprétation :

Le Trias salifère a subi les effets d'un flux thermique et de contraintes tectoniques qui ont provoqué une augmentation du PR jusqu'à 2,129 % et une anisotropie de la MOD. Ces phénomènes sont antérieurs au Trias "marnes irrisées" (éch. GG 83.63-64 du Horst) qui n'est pas affecté.

L'ensemble des terrains depuis le Trias "marnes irisées", jusqu'au Sinémurien, semble avoir connu la même évolution thermique : leur PR proche de l % ne varie pratiquement pas. Cette constance du PR est indépendante du système de failles du Sud compartimentant le Trias et le Rhétien (Horst de Pallières mis en contact normal avec l'Hettangien du bassin de Mialet) et indépendante de la stratigraphie. Par contre, le Lotharingien, avec un PR de 1,10 %, témoignerait de l'influence d'un flux thermique plus élevé vers le Nord.

Le flux thermique ayant affecté les terrains jurassiques et triasiques (sauf le Salifère) serait donc pour le moins postérieur au Lotharingien dans le secteur de la coupe des Puechs.

2) COUPE DES CAPELANS

GG 83.11

Callovien calcaire MOD abondante avec débris de fort PR PR : 1,43 mais 2 mesures à 0,70 %

GG 83.10	Callovien marneux gris (réflectrogramme pl. 9) MOD Inertinite en débris très abondante Carbone organique : 0,37 % Population totale de 0,40 à 2,2 % PR : 1,585 % n : 14 σ : 0,477 Population 1 de 0,40 à 1,00 % PR : 0,791 % n : 3 σ : 0,262 Population 2 de 1,05 à 2,2 % PR : 1,802 % n : 11 σ : 0,228
GG 83.9	Callovo-oxfordien calcaire noir marneux MOD : sclérotinite, débris à fort PR PR : 4 mesures : 0,63 % vitrinite composite 1,42 % - 1,62 % - 1,15 %
GC 83.8	Oxfordien moyen calcaire noir à patine rousse MOD : sclérotinite et fusinite abondantes vitrinite rare PR : 4 mesures - PR moyen : 0,89 % 4 mesures PR moyen : 1,80 %
GG 83.7	Oxfordien moyen, calcaire noir, marneux MOD représentée quasi exclusivement par la sclérotinite PR : 2 mesures 0,87 % et 2,45 %

Commentaires :

Les échantillons calloviens et oxfordiens prélevés dans le massif des Capelans contiennent peu de MOD.

Les valeurs de PR sont dispersées.

Il semble s'en dégager deux populations ; la première avec un PR inférieur à l % (de l'ordre de 0,80 %) ; la seconde avec un PR nettement supérieur à l % (1,40 à 1,80 %).

La partie supérieure de l'Oxfordien n'a pas été analysée.

Interprétation :

Les particules de PR supérieur à l % sont probablement des fragments d'Inertinite ou des macéraux de transition vitrinite/inertinite. Compte tenu de la présence de vitrinite composite parfaitement identifiée dans l'échantillon GG 83.9 dont le PR est de 0,63 %.

Les particules de vitrinite du Jurassique inserré en contact anormal faillé entre deux barrières triasiques MME/SSW ne témoignent pas de l'influence d'un flux thermique élevé. 3) COUPE D'AYROLLE (Réflectogramme pl. 10)

GG	83.33	Kimméridgien sup., calcaire micritique beige MOD fusinite - l mesure PR : 0,59 %
GG	83.34	Oxfordien sup., calcaire micritique marron diaclasé absence de MOD
GG	83.35	Bathonien, calcaire grossier roux présence de sclérotinites
GG	83.36	Bathonien, dolomie massive rousse MOD rare - 12 mesures PR : 1,01 %
GG	83.37	Keuper sup., marnes litées ou versicolores MOD fréquente, résinites PR : l,l4 % n : 46 σ : 0,130
GG	83.38	Keuper sup. gris jaune absence de MOD
GG	83.39	Musckelkalk, calcaire noir vacuolaire, patine rougeâtre, broyé MOD rare - 8 mesures PR : 0,95 %
GG	83.40	Muschelkalk, marnes noires et grises, contact Jurassique MOD abondante, inertinite abondante en petits fragments, vitrinite fréquente PR : 0,985 % n : 84 σ : 0,0934
GG	83.41	Lotharingien sup., calcaire sombre à débris de bivalves - quelques chailles MOD très abondante, inertinite uniquement
GG	83.42	Hettangien dolomie MOD très abondante, inertinite uniquement
GG	83.43	Keuper gris, dolomitique beige PR : 0,828 % n : 27 σ : 0,0859 MOD fréquente mais de petites dimensions
GG	83.44	Keuper, interlits centimétriques de sable MOD actuelle extrèmement abondante 4 mesures PR 0,98 % - 0,83 % - 0,65 % - 1,15 %
GG	83.45	Muschelkalk, calcaire noir MOD abondante PR : 0,971 % n : 56 σ : 0,1352
GG	83.46	Muschelkalk, argilite verte absence de MOD
GG	83.47	Keuper sup., marnes vertes dolomitiques absence de MOD

MOYENNE : 1.139% COUPE D'AYROLLE COUPE D'AYROLLE MOYENNE : 0.985% ECART-TYPE : 0.13 30 MUSCHELKALK ECART-TYPE : 0.1009 KEUPER SUP. 28 lectures : 46 ECH. GE 83-37 ECH. G& C3-40 Nb lectures : 84 FREQUENCEX E FREQUENCES 18 . 5 1.5 2 1.5 1 F.R.X . 5 1 F.R.Z 2 MOYENNE : 0.946% COUPE C'AYROLLE MOYENNE : 0.8287 COUPE D'AYROLLE 36 38 ECART-TYPE : 0.0934 LOTHARINGIEN MOY ECART-TYPE : 0.0859 KEUPER Nb lectures : 48 ECH. GG 83-41 Nb Lectures : 27 ECH. GE 83-43 FREQUENCEX FREQUENCE 18 4 • . 5 P.R.Z 1.5 г . 5 L 5 г P.R.7 . COUPE D'AYROLLE MOYENNE : 0.971% PUSCHELKALK ECART-TYPE : 0.1352 30 ECH. GG 83-45 Nb lectures : 56 FREQUENCEX 18 . 5 1.5 F.R.X COUPE DE CROS MOYENNE : 0.827% COUPE DE CROS MOYENNE : 1.4882 LOTHARINGIEN INF. ECART TYPE : 0.1658 AALENO-BAJOCIEN ECART-TYPE : 0.227 28 28 ECH. GG 83-4 NE lectures : 17 ECH. G6 83-26 Nb lectures : 19 FREQUENCE2 (de 0.5 à 1.1%) FREQUENCEX +++ . 5 1.5 ł. 2 . 5 1.5 2 1 P.R.7 P.R.X

.

Commentaires :

La coupe d'Ayrolle a recoupé quatre secteurs qui sont, du Sud au Nord :

- un panneau jurassique faillé (GG 83.33 à 36)

- une barière triasique (GG 83.37 à 40) à bordures faillées
- un panneau jurassique (GG. 83.41-42)

- une bande triasique (GG 83.43 à 47)

Les échantillons jurassiques prélevés au Sud contiennent peu ou pas de vitrinite. Les mesures effectuées sur l'échantillon de dolomie massive rousse bathonienne donnent un PR de 1,01 %.

Les PR de la barrière triasique sont assez variables. Le PR du Muschelkalk est de l'ordre de 0,95 % (jusqu'à 0,985 %) ; celui du Keuper sup. est plus élevé : 1,14 %.

La MOD contenue dans les échantillons jurassiques du Nord est surtout représentée par l'inertinite ; sauf dans l'échantillon de calcarénite du Lotharingien moyen où le PR de la vitrinite est de 0,946 %.

Le PR du Muschelkalk de la bande triasique est du même ordre que celui de la barrière : 0,471 % ; par contre, le PR du Keuper est plus faible : 0,828 %.

Interprétation :

Les différences de PR entre les secteurs sont faibles ou nulles. Le PR moyen de la coupe semble être de l'ordre de 0,90 %. Il est du même ordre de grandeur que celui de la coupe des Puechs.

Dans le détail, il conviendrait de vérifier par des analyses supplémentaires si le PR du Jurassique du sud est bien plus élevé que celui du Nord (1,01 et 0,446 %) d'une part, et d'autre part d'expliquer la signification du PR du Keuper sup. de la lanière : 1,14 %.

La fracturation de la couverture secondaire n'est pas dans cette coupe, à l'origine d'une compartimentation nette en panneaux plus ou moins "chauffés".

4) COUPE DE CROS (Réflectogramme pl. 10)

YLN 83.74	Lotharingien sup., calcarénite slumpée l seule mesure de PR : 0,74 % MOD inertinite et vitrinite abondantes, minuscules
GG 83.2	Lotharingien sup., calcaire noir micritique à chailles très rares débris fusinisés à PR : 2,6 %

28

GG 83.3	Lotharingien inf., calcarénite MOD peu fréquente, Inertinite en petits débris Vitrinite rare, PR : 0,84 %
GG 83.4	Lotharingien inférieur, calcarénite à particules bitumineuses MOD inertinite et vitrinite ; carbone organique : 0,13 % PR : 0,83 % n : 17 σ : 0,165
GG 83.5	Lotharingien sup., calcaire noir hypersiliceux MOD petites particules à très fort PR supérieur à 2 % forte dispersion des mesures de 0,85 à 3 %.
GG 83.25	Lotharingien inférieur, calcarénite à particules noires brillantes. MOD rare, quelques fragments d'inertinite.
GG 83.26	Aaléno-Bajocien, marnes MOD abondante, inertinite quasi exclusivement PR mesurés compris entre l à 4,35 %, bien étalés, exemple de l à 1,8 % : PR : 1,488 % n : 19 σ : 0,227
GG 83.27	Aaléno-Bajocien, calcaire gris noirâtre MOD peu fréquente : vitrinite, inertinite PR réparti de 0,70 à 7,45 % réflectogramme de 0,70 à 1,50 % PR : 1,078 n : 16 σ : 0,228 Population 1 de 0,70 à 1 % PR : 0,88 % n : 8 σ : 0,049 Population 2 de 1,1 à 1,5 % PR : 1,275 n : 8 σ : 0,134
GG 83.28	Bajo- Bathonien, calcaire massif MOD rare, peu évoluée 4 mesures : 0,86 % - 0,86 % - 0,86 % - 0,98 %
GG 83.29	Bathonien, dolomie roussâtre saccharoïde absence de MOD
GG 83.30	Oxfordien sup. calcaire micritique MOD rarissime, 2 résinites de PR : 0,33 % et 0,28 %
GG 83.31	Kimméridgien inf., marnes en plaquettes MOD rare PR : 1,20 % n : 8 σ : 0,092 PR probable : 1,15 %
GG 83.32	Portlandien calcaire gris lithographique en bancs massifs MOD rare 3 mesures PR : 1,05 % - 1,15 % - 1,10 %

| 29 Commentaire :

La MOD est peu fréquente dans le Lotharingien. L'échantillon de calcarénite à particules bituminoïdes du Lotharingien inf. contient suffisamment de vitrinite pour donner une valeur de PR : 0,827 %. On note que le PR moyen de la calcarénite du Lotharingien inf. est de 0,84 %.

Les échantillons d'Aaléno-Bajocien contiennent une forte proportion d'Inertinite et de macéraux de transition, ce qui ne permet pas de donner une valeur moyenne de PR. Toutefois, les plus faibles valeurs de PR mesurées (sur de la vitrinite) sont comprises entre 0,70 et 1 %.

Le PR moyen du Bajo-Bathonien pourraît être de 0,86 %.

Le Malm semple avoir subi une évolution thermique légèrement plus élevée : le PR du Kimméridgien est de 1,20 % ; celui du Portlandien est de l'ordre de 1,10 %.

Interprétation :

Le PR moyen de la coupe est inférieur à 1 % ; il est de l'ordre de 0,85 %, sauf au Jurassique sup. où il est plus élevé : 1,10 à 1,20 %.

Si on compare la coupe de Cros avec celle d'Ayrolle, on observe :

- que les PR sont plus faibles dans la première (sauf pour le Malm).

- la même polarité Nord-Sud : les PR sont plus élevés au Sud.

CONCLUSION

L'étude réflectométrique du degré d'évolution de la matière organique contenue dans les terrains traversés par les coupes des Puechs, d'Ayrolle et Cros, fait apparaître l'existence de flux thermiques locaux.

Ainsi aux Puechs, le flux thermique ayant porté les terrains triasiques du Horst de Pallières et jurassiques du bassin de Mialet au même stade d'évolution (PR : 1 %), serait pour le moins postérieur au Lotharingien. Son influence serait plus forte au Nord. Par contre, l'histoire thermique du Trias "salifère" du horst est différente : ce terrain aurait subi une chauffe beaucoup plus forte associée à des contraintes tectoniques (PR 2,12 %, vitrinite anisotrope).

Dans la coupe d'Ayrolle, les PR sont du même ordre de grandeur (0,90 %) qu'aux Puechs. Le P.R. du Jurassique semble légèrement plus élevé au Sud. La fracturation de la couverture secondaire n'est pas à l'origine d'une compartimentation en panneaux plus ou moins "chauffés".

Malgré des PR dans l'ensemble plus faible (0,85 %), la même polarité Nord-Sud de l'évolution de la matière organique s'observe dans la coupe de Cros.

Le Jurassique du massif des Capelans, pourtant géographiquement proche du secteur minéralisé de la mine Joseph, n'a pas subi les effets d'un flux thermique élevé.

Les résultats obtenus montrent l'intérêt d'une part de couvrir un secteur géographique vaste pour dégager les grandes tendances à l'échelle régionale, et d'autre part, de s'attacher à l'étude de petits panneaux circonscrits par failles pour mettre en évidence d'éventuels points chauds.

L'analyse de l'ensemble des échantillons prélevés se poursuit actuellement. Elle s'accompagne de l'étude d'échantillon de sondages réalisés sur des secteurs minéralisés. Ainsi notre démarche comporte deux aspects. Elle consiste à découvrir et délimiter des zones chaudes (lère phase) et à rayonner à partir de points chauds connus, minéralisés pour en connaître l'extension géologique et géographique (2e phase). ANNEXE : PETROGRAPHIE DE LA MATIERE ORGANIQUE - ECHANTILLONS ANALYSES AU 1.09.84

CROS YLN 83.74 0.74 Lotharingien sup. Calcarénite ø GG 83.2 Lotharingien sup. Calcaire à chailles GG 83.3 Lotharingien inf. Calcarénite 0,84 GG 83.4 Calcarénite Lotharingien inf. 0,83 ø GG 83.5 Calcaire silicifié Lotharingien sup. ø Carixien GG 83.23 Calcaire micritique Sinémurien inf. 0,98 GG 83.24 Marnes ø GG 83.25 Lotharingien inf. Calcarénite ø GG 83.26 Aaléno-Bajocien Marnes GG 83.27 Aaléno-Bajocien Calcaire 0,88 0,86 GG 83.28 Majo. Bathonien Calcaire ø GG 83.29 Bathonien dolomie ø GG 83.30 Oxfordien sup. Calcaire micritique GG 83.31 Kimm. inférieur marnes 1,15 Portlandien calc. litho. 1,10 GG 83.32 LES CAPELANS GG 83.7 Oxfordien moyen calcaire marneux ø GG 83.8 calcaire 0,89 Oxfordien moyen ø Callovien oxfordien calcaire marneux GG 83.9 Callovien calcaire marneux 0,79 GG 83.10 ø GG 83.11 Callovien calcaire CORBES calcaire marneux 0,75 GG 83.6 Rhétien AYROLLE ø GG 83.33 Kimm. supérieur calcaire micritique ø GG 83.34 Oxfordien sup. calcaire micritique ø GG 83.35 Bathonien calcaire GG 83.36 Bathonien dolomie 1,01 1,1 GG 83.37 Keuper sup. marnes ø GG 83.38 Keuper grès

calcaire

0,95

GG 83.39

Muschelkalk

GG 83.40	Muschelkalk	Marnes	0,98
GG 83.41	Lotharingien moyen	Calcarénite	0,95
GG 83.41a	Lotharingien sup.	Calcaire	Ø
GG 83.42	Hettangien	dolomie	ø
GG 83.43	Keuper	grès	0,83
GG 83.44	Keuper	sable	0,83
GG 83.45	Muschelkalk	Calcaire	0,97
GG 83.46	Muschelkalk	argilite	Ø
GG 83.47	Keuper sup.	Marnes	ø

LA CADIERE

GG 83.48	Bathonien	dolomie	Ø
GG 83.49	Callovien oxfordien	marnes	1,04
GG 83.50	Callovien oxfordien	calcaire	0,98
GG 83.51	Oxfordien moyen	calcaire	0,96
GG 83.52	Oxfordien sup.	calcaire	1,20
GG 83.53	Oxfordien sup.	calcaire	1,14

LES PUECHS

GG 83.63	Salifère	marneux	2,13
GG 83.64	Trias	marnes	1,05
GG 83.65	Trias	calcaire marneux	0 ,9 8
GG 83.66	Rhétien	marnes	1,08
GG83.67	Rhétien	marnes	1,03
GG 83.68	Hettangien	dolomie	1,00
GG 83.69	Hettangien	dolomie	1,00
GG 83.70	Hettangien sup.	dolomie	Ø
GC 83.71	Sinémurien	dolomie	0,94
GG 83.72	Sinémurien	calcaire	1,07
GG 83.73	Sinémurien sup.	Calcarénite	1,07
GG 83.74	Lotharingien inf.	calcarénite	ø
GG 83.75	Lotharingien sup.	marnes	1,17
GG 83.76	Lotharingien sup.	calcarénite	1,08
GG 83.77	Lotharingien sup.	Marnes	1,10
GG 83.78	Carixien	calcaire	ø

SFP 2

5	Keuper		1,9
13	Hettangien IA	Joint de dol.	Isotrope Isotrope
18	Hettangien IC	Dolomie	> 1,59 Isotrope

CABANE 1	Hettangien		
2	Hettangien IIB	Dolomie	1,8
4	Sinémurien	joint argileux	1,49
7	Sinémurien	mudstone	1,59
11	Lotharingien inf.	calcarénite	1,76
15	Lotharingien	copeaux	1,77
	Minéralisation : Blende, Galine	e, onisotrope	
16	Lotharingien	copeaux	1,43
19	Lotharingien	copeaux	1,87
VER 1			
24	Lotharingien inf.	biomicrite	
	2 pop. n : 14 : 0,62	n : 100 : 2,16	
30	Lotharingien inf.		1,85
37	Lotharingien inf.	dolomicrite	1,22
	2 pop.: n : 80 : 0,98	n: 39: 1,72	
42	Lotharingien inf.	dolomicrite	1,73

MESURES COMPLEMENTAIRES

Keuper PR = 1,91 % Hettangien IAPR : 1,69 % Hettangien IIB PR : 2,72 % Sinémurien PR : 2 à 2,2 % Lotharingien PR : 2 % Lotharingien sup. PR : 1,62 %
- <u>Coupe des Capelans</u> : 3 échantillons
Oxfordien sup. PR : 1,50 %
PR conforme aux mesures effectuées en 1984 : Callovien de 1,40 à
1,80 % et Oxfordien moyen : 1,80 %.
1,80 % et Oxfordien moyen : 1,80 %. - <u>Coupe de Saint-Jean du Gard</u> : l échantillon
1,80 % et Oxfordien moyen : 1,80 %. - <u>Coupe de Saint-Jean du Gard</u> : l échantillon Rhétien PR : 1,11 %
 1,80 % et Oxfordien moyen : 1,80 %. <u>Coupe de Saint-Jean du Gard</u> : 1 échantillon Rhétien PR : 1,11 % <u>Coupe de Paleyrolle</u> : 1 échantillon

II - Echantillonnage complémentaire Influence de la tectonique

Rapport 85 GEO.ET 044

Campagne d'échantillonnage en vue de l'étude des relations entre les phases de déformation et l'évolution diagénétique de la matière organique

par D. Bonijoly et G. Gonzalez (SGN/GEO)

1 - MISSION DU 20 au 24 MAI 1985

Cette mission d'échantillonnage comportait trois objectifs :

- compléter les relevés de coupes effectués en 1983 ;
- étudier l'influence de la lithologie sur l'évolution de la matière organique dans des séries à alternances marno-calcaires ;
- étudier l'influence du dynamo-métamorphisme sur l'évolution de la matière organique dans des secteurs tectonisés.

1.1. Coupes complémentaires

Elles sont au nombre de quatre (53 échantillons) :

- Coupe de Barafort : 15 échantillons du Keuper au Sinémurien ;
- Coupe de Saint-Roman de Codières : 16 échantillons Trias et Hettangien ;
- Coupe de Thoiras : 18 échantillons Trias et Hettangien ;
- Coupe de Ranc : 4 échantillons Carixien Bajocien Callovien.

1.2. Influence lithologique

- 2 coupes 34 échantillons :
- <u>Coupe de Monoblet</u> : 10 échantillons dans le Sinémurien 14 échantillons dans le Carixien.
- Coupe de Fressac : 10 échantillons dans le Toarcien.
- 1.3. Influence tectonique (85 GEO ET 44)
- 2 coupes 43 échantillons.
- <u>Coupe dans les plis d'Anduze</u> : 14 échantillons dans l'Oxfordien supérieur plissé et faillé ;
- Coupe de Traviargues : 10 échantillons dans le Trias.

19 échantillons dans le Domérien : marnes schistosées et calcaires boudinés.

Au cours d'une mission effectuée le 23/05/1985, deux sites ont été échantillonné, aux alentours d'Anduze, à proximité des deux structures majeures : le horst de Pallières et la faille de Cévennes. Il s'agit (fig. 1) :

- de la coupe de la porte des Cévennes (RN 10) constituée de calcaires et marnes grises de l'Oxfordien supérieur (Carte géologique 1/50 000, Anduze);
- de la coupe de Traviargues (marnes grises à noires et rares passées calcaires, Domérien) sur la carte géologique 1/50 000, St Hippolyte du Fort).

1.3.1. Coupe de la Porte des Cévennes (série plissée, Anduze)

Les calcaires à interlits marneux gris de l'Oxfordien supérieur sont intensément déformés le long de cet affleurement (fig. 2). Une succession de plis en chevrons et de failles sont crées sous l'effet d'une compression NNW-SSE et NE-SW (fig. 3). Les plis résultent d'une compression NNW-SSW. Les failles inverses décrivent des rampes tectoniques (COOPER et al., 1982 ; WILLIAMS et CHAPMAN, 1983).

Le raccourcissement de la série, calculé à partir de la coupe relevée (fig. 2) est voisin de 30 % pour chaque section comprise entre deux failles. La quantité de raccourcissement le long des failles inverses est, quand à elle, impossible à évaluer par manque de niveau repère. La variation de la direction du raccourcissement peut s'expliquer ainsi : le matériau, sous l'effet d'une contrainte régionale NNW-SSE à N-S, se déforme en se plissant jusqu'à atteindre son seuil de rupture. Ce dernier est atteint pour un raccourcissement supérieur à 30 %. Lorsque la rupture est atteinte, la déformation n'affecte plus l'ensemble du matériau mais se concentre au niveau des discontinuités ainsi apparues. La contrainte devient NE-SW car le mouvement important engendré le long de la faille des Cévennes autorise une réorientation de la contrainte parallèlement à celle-ci conformément au modèle d'ANDERSON (1951).

La conséquence de cette hypothèse est de supposer que la matière organique constitutive des matériaux impliqués devrait montrer deux stades d'évolution différents dans les plis et dans les plans de failles. Ainsi les plis et les failles ont été échantillonnées de la manière suivante :

pour les plis : . sur les flancs où la déformation est essentiellement cisaillante ;
. dans les charnières à l'extrado (élongation) et à l'intrado (raccourcissement) ;
pour les failles : . de part et d'autre du plan et dans le plan de faille.

1.3.2. Coupe de Traviargues

Constitué d'une puissante série d'argiles noires dans laquelle s'intercallent des bancs calcaires décimétriques, cet affleurement est intensément déformé. En effet la série impliquée dans cette déformation est :

 1 - schistosée en ce qui concerne les argilites noires ; c'est une schistosité de fracture parfois très intense associée à de petits cisaillements, elle est subverticale mais n'est de plan axial du pli représenté fig. 4 ; celui-ci est un pli d'entrainement de type M (flanc

- 2 -

normal). Il s'inscrit dans une structure plus importante d'ordre hectométrique qu'il faudrait analyser en détail si l'on voulait définir le taux de raccourcissement subi par cette série ;

2 - boudinée pour les bancs calcaires inclus dans cette série ; les espaces entre les boudins sont injectés d'argile schistosée. Cette schistosité est alors diffractée par fluage. Les boudins se localisent sur les flancs étirés du pli. Dans la charnière, on observe un début de formation de mullions.

Le raccourcissement déduit de cet affleurement est N-S. Il est attribué à la compression pyrénéenne (fig. 5). Il est perpendiculaire au plan moyen de schistosité qui comprennent les axes des boudins (plan qui comprend les directions d'élongation suivant X et Y).

L'échantillonnage des argiles noires et des calcaires a été effectué comme suit :

- dans les zones fortement schistosées ;
- dans les boudins calcaires (parties internes, parties externes) ;
- dans les zones cisaillées ;
- dans la charnière du pli souligné par les bancs calcaires ;
- dans les zones peu à pas schistosées.

BIBLIOGRAPHIE SOMMAIRE

- ANDERSON E.M. (1951) : The dynamics of faulting. Oliver et Boyd ed. Edimbourg London.
- COOPER M.A, GARTON M.R, HOSSACK J.R. (1982) : Strain variation in the Henaux Basse Normandie Duplex. Northern France. Tectonophysics, nº 88, pp. 321-324.
- WILLIAMS G., CHAPMAN T. (1983) : Strains developped in the hangingwalls of thrusts due to their slip, propagation rate : a dislocation model. Journ. of Struct. Geol., vol. 5, n° 6, pp. 563-571.



Fig.1: Localisation des coupes echantillonnées



0 50 m



Fig.3: Coupe de la porte des Cévennes - Oxfordien supérieur

- stratification
- ▲ faille normale
- ▼ faille inverse
- faille indéterminée
- 🗙 strie normale
- 🔆 strie inverse
- axe de pli
- ---- plan contenant **V**1
- direction du raccourcissement



Fig.4: Coupe de Traviarques Domérico

- argile noire
 - argile noire schistosée

- calcaire boudinné
- cisaillement



Fig.5: Coupe de Traviarques Domérien

- X schistosité
- stratification
- **e** axe des boudins
- plan contenant **4**3



BRGM	DONNEES GEOCHIMIQUES ET MINERALOGIQUES A N N E X E 8
	87 DAM 012 DEX mars 1987 Contrat n° MSM-041-F
	J.F. SUREAU* E. MARCOUX* J.Y. CALVEZ** A.M. FOUILLAC** J. LETALENET* H. GORZAWSKI*** C. LAFORÊT*
	BUREAU DE RECHERCHES GEOLOGIQUES ET MINIERES * DIRECTION DES ACTIVITES MINIERES Département Exploration ** DIRECTION DE LA TECHNOLOGIE Département Analyses BP 6009 - 45060 ORLEANS CEDEX 2 (France) *** MINERALOGISCH PETROGRAPHISHES INSTITUT DER UNIVERSITAT HEIDELBERG Im Neuheimer Feld 236 - 6900 HEIDELBERG (Germany)

PLAN DE L'ANNEXE 8

- 1- Résultats des études minéralogiques par C.LAFORET
- 2-Etudes minéralogiques complémentaires sur la mine Joseph (Gard) par H.GORZAWSKI
- 3-Résultats des mesures de cristallinité de l'illite par F.WEBER (Institut de Géologie de Strasbourg)

4-Résultats des analyses par I.C.P. des échantillons de roches de la série GG 83 cf annexe 7.

5-Flan de positionnement des prélèvements pour les analyses de mercure dans la zone Combescure - La Ferrière. par J.LETALENET, J.F.SUREAU et A.COUMOUL

6-Résultats analytiques du mercure dans les sols reportés sur la grille de prélèvement Combescure La Ferrière. par J.LETALENET , J.F.SUREAU et A. COUMOUL

7- Résultats de l'analyse chimique des sulfures des minerais de Pallières - Joseph. par J.F.SUREAU

8- Résultats des analyses isotopiques du carbone de l'oxygène et du strontium des carbonates et des barytines par A.M.FOUILLAC et H.GORZAWSKI

9-Résultats des analyses isotopiques du plomb des minerais et des roches de la bordure sous-cevenole. par J.Y.CALVEZ et E.MARCOUX

1- Résultats des études minéralogiques par C.LAFORET

.

Genolhac Ò COUPES **(**1) LES PUECHS Clairac 2) LES CAPELANS Perret 3 DURFORT ٩ MONOBLET 5 AYROLLE 6 CROS 1 CAMBO (\mathbf{s}) COL DU LAC Redoussas Sondages miniers Prélèvements M.O. Catusse Bessouridès 1 GEOLOGIE SOU 5 Le Soulié L'Espinette Terrains cristallins Alès () Terrains métamorphiques Trias St Sébastien Jurassique La Parade Pradinas La_Maline Corbès a Ferrière (2 Anduze Croix de Pallières CP1 Mine Joséph SFP 2 CAB 1-3 /abres 3

VER

St Hippolyte

Durfort

ECHELLE : 1 / 200 000

Carte de positionnement des coupes et des sondages

(5

 \bullet

 \bigcirc

8

Bois Madame

мм 🔳

3

Coupe du MARTINET et de la BOISSIERE

route de Thoiras (Hettangien I)

•

•

.
YLN 85-18 - B 69.125

Paragenèse : pyrite, marcasite, pyrite

Sorte de brèche dolomitique à grain fin, emballée par une phase plus tardive largement cristallisée à laquelle est lié le dépôt de sulfures. Il s'agit d'assemblages (< mm) de pyrite + marcasite, très souvent en individus isolés ou constituant des associations epitaxiques. Des traces de galène à sulfosel (?) très finement inclus sont exprimées dans la pyrite. On note quelques traces de matière organique dans le carbonate.

La Boissière

YLN 85-28 - B 69.126

Paragenèse : galène, cérusite, smithsonite, blende, pyrite, goethite

On distingue de beaux phéno-cristaux de galène (1/2 cm) à croissance zonaire, répartis en chapelets dans du carbonate tardif avec aussi de la smithsonite recélant des traces de blende résiduelle.

Dans le fond de la "roche" siliceuse (calcédoine ?) quelques plages de galène sont résiduelles dans de la cérusite.

Très rare, la pyrite se remarque aussi de façon résiduelle dans des pseudomorphoses en goethite.

YLN 85-28 - B 69.127

Paragenèse : smithsonite, cérusite, blende, galène, pyrite, goethite

On retrouve un fond siliceux hôte de micro-cristaux de galène passablement oxydée en $PbCO_3$ et un "filonnet" centimétrique de smithsonite à blende fine résiduelle, au contact. Des chapelets de galène à croissance zonaire se remarquent en remplissage dans des fissures développées dans l'encaissant.

La Boissière

YLN 85-27 - SP 45 865

Paragenèse : pyrite, limonite, blende, calcite, quartz, marcasite, smithsonite.

Faciès général de type basse température, à l'origine très riche en pyrite automorphe (parfois on note des formes tabulaires pouvant laisser penser qu'il s'agissait d'une ancienne marcasite) passablement épigénisée par de la goethite. Cette dernière est aussi en agrégats à structure craquelée, souvent en "atolls", délimités par des produits limoniteux, du carbonate ou au contact de plages résiduelles de blende xénomorphe (très claire) plus ou moins oxydée en smithsonite.

Coupe de COMBESCURE

.

•

Chemin du Col de Bane à Barafort (réservoir)

YLN 85-34 - B 69.128

Paragenèse : blende, pyrite, chalcopyrite, dolomite

Dans un fond dolomitique s'observe une fissuration à remplissage carbonaté hôte de petits cristaux de blende (rare) et de pseudomorphoses de pyrite (résiduelle) en goethite. Des traces de chalcopyrite sont indépendantes.

YLN 85-34 - B 69.129

Paragenèse : blende, pyrite, marcasite, goethite, dolomite

On a, à nouveau, un même fond dolomitique à grain isogranulaire, affecté par une importante fracturation à remplissage de même nature plus largement cristallisé et dans lequel est située la phase sulfurée. D'anciens assemblages pyriteux (résiduels), d'ordre millimétrique, sont passablement pseudomorphosés en goethite. Ils voisinent avec des cristaux de blende claire, assez fréquents.

La roche renferme d'assez fréquents cristaux de pyrite fine.

YLN 85-621 - B 69.130

Paragenèse : limonite, pyromorphite (?), quartz

Fond quartzeux ne renfermant que peu de minéralisation. Il s'agit de limonite devant provenir d'une ancienne chalcopyrite et dans des microgéodes on observe (peut être) de la pyromorphite en cristaux verdâtres.

YLN 86-622 - B 69.131

Paragenèse : limonite, chalcopyrite, quartz

On ne trouve que de la limonite en pseudomorphose d'une ancienne chalcopyrite (d'ordre millimétrique) encore en micro-plages témoins dans le quartz. Des structures en lattes rappellent la barytine.

YLN 85-50 - B 69.132

Paragenèse : limonite, carbonates, quartz

Dans un fond largement carbonaté (2 types) ne s'observe que de la limonite en imprégnation et en pseudomorphose d'une ancienne pyrite automorphe. YLN 85-36 - SP 45 866

Paragenèse : limonite, lépidocrocite

Masse d'hydroxydes de fer ayant sans doute épigénisé un ancien carbonate (sidérite). Un peu de lépidocrocite, ultra-fine, peut se remarquer de façon ponctuelle dans des pseudomorphoses de pyrite automorphe en goethite.

YLN 85-623 - SP 45.867

Paragenèse : cérusite, galène, covellite, argentite (Ag $_2$ S), diaphorite (Pb $_2$ Ag $_3$ Sb $_3$ S $_8)$

Ancienne minéralisation plombifère sulfurée à présent composée de cérusite renfermant des plages reliquaires de galène (rarement millimétrique). Dans le carbonate de plomb se distinguent un peu de covellite cryptocristalline ainsi que des traces d'argentite.

La gangue est faite de quartz clair, automorphe, paraissant tardif par rapport à la galène. Dans cette dernière on note la présence de microinclusions de diaphorite et peut être de bournonite en petits chapelets vermicules.

Combe Escure - Fente N105 - dolomitique

. YLN - 85-30 - LMP 8087

Pas de sulfures observables.

Indices du Mas de la Baumelle

Musée du Desert

•

La Baumelle

DC 51 - B 69.133

Paragenèse : blende, smithsonite, limonite, carbonate Gangue carbonato-quartzeuse faiblement minéralisée par des reliques de blende automorphe dans de la smithsonite (< mm).

La pyrite primitive est à présent passée à l'état de limonite.

DC 1 - B 69.134

Paragenèse : limonite, blende, dolomite

L'hydroxyde de fer provenant d'une ancienne pyrite (encore résiduelle) est en remplissage fissural. Quelques traces de blende automorphe sont exprimées dans la gangue.

A - B 69.135

Paragenèse : pyrite, dolomite, quartz

Sorte de grès carbonaté dans lequel ne s'observe qu'un peu de pyrite très fine s'oxydant en limonite.

Mine JOSEPH

◊ Pallières (amas) - Joseph - Lotharingien, minéralisation à cuivre, dolomite

. HG 39-7 - LMP 8090

<u>Paragenèse</u> : pyrite, marcasite, limonite, goéthite, cuivre gris, digénite, azurite, matière organique.

Les zones sombres de l'échantillon correspondent à des concentrations de microplages de sulfures de fer : pyrite et marcasite, passant assez souvent au stade de limonite-goethite, avec, associé, du cuivre gris (relativement fréquent en certains points) xénomorphe. Il se retrouve en petites plages indépendantes. Dans les mêmes zones il est possible de distinguer un peu de matière organique (peu évoluée), en plages oblongues. Un peu de digénite succède au cuivre gris ainsi qu'un arséniate (?) de couleur verdâtre. Traces de pyrito-sphères dans la digénite.

Dans le quartz laiteux, plus tardif, se distingue de la chalcopyrite fine, automorphe, associée à de la marcasite moins fréquente. De l'azurite bien formée est à dépôt intercristallin dans le quartz.

◊ La Mine Joseph - silicification, pseudomorphose de sulfate ?

. HG 39-1 - LMP 8091

Paragenèse : galène, cérusite, pyrite, matière organique

La zone sombre correspond à une sorte de microbrèche siliceuse hôte de microplages de galène plus ou moins altérée en cérusite, de pyrite framboïdale finement exprimée, et enfin, de matière organique peu évoluée, en plages erratiques.

HG 84 - 20

Paragenèse : pyrite, marcasite, galène, blende, cuivre gris, chalcopyrite.

Texture bréchiforme à dominante de pyrite-marcasite, en agrégats sub-automorphes plurimillimétriques, passablement affectés par la cataclase, ou à structures rythmiques, la marcasite pouvant être en certains cas le stade le plus tardif. Ensuite, on note de la blende (riche en réflexions internes) en association avec de la galène fréquente pour mouler les agrégats de sulfures de fer.

La galène est hôte de petites plages de chalcopyrite et cuivre gris. Se remarquent également des remplacements de la blende par la galène, un peu de cuivre gris dans les dépôts rythmiques pyriteux, de la matière organique incluse dans la galène, des traces d'énargite finement associée à ZnS-PbS et enfin des exsolutions de chalcopyrite dans la blende. Quartz et carbonate sont tardifs par rapport aux sulfures de fer.

HG 84-80

Paragenèse : galène, pyrite, blende, anglésite, matière organique, géocronite.

Dans une gangue quartzeuse, on distingue une constellation de plages xénomorphes (< mm) de galène passant au stade d'anglésite (assez fréquente). Un peu de pyrite microscopique peut être incluse dans la galène ou s'exprime sous forme de structures framboīdales dans le quartz. Rare blende xénomorphe associée à la galène. Trace de géocronite ultra-microscopique dans la galène. Très rare mais belle matière organique emballée par galène et pyrite framboīdale et/ou indépendante. Paragenèse : goethite, pyrite, lépidocrocite, marcasite.

Sorte de brèche siliceuse à texture partiellement automorphe (le quartz cristallisant dans des microgéodes), dans laquelle on note la présence de pyrite automorphe \pm résiduelle passant à l'état de goethite et de lépidocrocite (traduit un phénomène d'altération lent). Certains agrégats d'hydroxydes de fer sont de taille millimétrique (rare), d'autres peuvent provenir d'une ancienne marcasite (à l'état résiduel).

<u>75 C</u>

Paragenèse : pyrite, blende, marcasite, galène, matière organique, graphite.

Dans un fond dolomito-quartzeux, s'observe une particulière abondance de plages de blende, assez claire, à tendance automorphe, \langle au mm, et souvent à croissance zonaire. De la pyrite automorphe, fine, et marcasite beaucoup plus rare peuvent s'y inclure ou cristalliser en petits assemblages idiomorphes dans le carbonate. Quelques pyrito-sphères se remarquent dans la blende. Le peu de galène tardive recoupe le sulfure de zinc. La dolomite cristallise aux dépens de la blende. Noter la présence de matière organique abondante (une des plages serait très favorable pour effectuer des mesures de P.R.). Les produits titanés sont également assez fréquents. Retenir aussi l'existence de graphite formant liseré sur le pourtour de certaines plages de blende automorphe.

76 F I

Paragenèse : blende, pyrite, galène, marcasite, géocronite.

On a une forte concentration de blende xénormorphe à automorphe, souvent à croissance zonaire, composant des assemblages d'ordre centimétrique à base de micro-plages de quelques dixièmes de millimètre à microscopique. Un peu de galène s'associe à cette blende et plus rarement de la matière organique faiblement anisotrope. Cette dernière se retrouve plus fréquemment dans une zone riche en pyrito-sphères de quelques dizaines de microns. Une phase pyriteuse plus tardive emballe les framboïdes. Rare marcasite associée à la zone pyriteuse. Remarquer la présence de géocronite (rare) à structure concentrique dans la galène.

76 F 2

Paragenèse : pyrite, chalcopyrite, cuivre gris, énargite, goethite, lépidocrocite, azurite, malachite.

Dans un fond siliceux recoupé par des veinules de même nature, s'observe une minéralisation sulfurée très simple à pyrite automorphe dominante, d'ordre ζ au mm, passant par altération supergène au stade de goethite-lépidocrocite. Les associations avec chalcopyrite et cuivre gris sont très rares. Azurite et malachite sont en remplissage fissural.

Série de lames minces polies pour inclusions fluides

LMP 6956 -MINE JOSEPH (niveau à cuivre)

Eléments bréchiques siliceux partiellement minéralisés en pyrite et marcasite, emballés dans une gangue carbonatée – elle même – hôte de mouches de sulfures de fer.

Dans la phase bréchiforme se remarquent des cristaux assez abondants de pyrite, parfois subautomorphes, à carbonate automorphe inclus.

Une association cuivre gris-pyrite (taille environ 2 mm) est hôte de traces de galène (dans cuivre gris) lenticulaire.

Très rare chalcopyrite xénomorphe dans la phase carbonatée.

LMP 6957 - MINE JOSEPH (niveau à cuivre)

On ne note que des micro-cristaux de pyrite évoluant vers le pôle limonite et un peu de matière organique dans un fond carbonaté.

LMP 6958 - MINE JOSEPH (niveau à cuivre)

Même faciès. La pyrite apparaît en micro-cristaux s'altérant en limonite. Des traces de graphite à structure mamelonnée peuvent être observées ainsi que de la matière organique peu évoluée (on ne note pas d'A +)

LMP 7185 -JOSEPH SUD (Le Serre rouge) HG 84-33

Masse de blende à texture un peu hétérogranulaire, subautomorphe, à zonages observables en L+, dans laquelle on observe un dépôt interstitiel de galène, de chapelets pyriteux formant des petits agrégats avec une gangue quartzo-carbonatée (phase plus rare).

Dans la pyrite on remarque quelques structures framboidales.

Le quartz est automorphe par rapport à blende.

Quelques associations pyrite-marcasite dans la blende et la galène.

Un début de remplacement de blende par galène peut être observé.

Présence de matière organique - peu évoluée - dans les zones arrachées, en compagnie de pyrito-sphères.

	74 B	75 C	76 F1	76 F2	HG 84-20	HG 84-80
Pyrite	•	•	•	•	•	•
Blende		•	•		•	•
Galène		•	•		•	•
Chalcopyrite					•	
Marcassite	•	•	•		•	
Cuivre gris				•	•	
Géocronite			•			•
Enargite				•		
Anglésite						•
Goethite	•			•		
Lépidocrocite	•			•		
Azurite			3 	•		
Malachite				•		
Matière organique Graphite		. •				•

.

¢



HG 84-20 : Structure rythmique à base de pyrite, marcasite et quartz automorphe tardif emballés par galène hôte de blende et cuivre gris X120.



HG 84-20 : Cuivre gris (\longrightarrow) inclus dans galène moulant pyrite, quartz et englobant un peu de blende X120.



HG 84-20 : Relations entre quartz automorphe hôte de blende et carbonate par rapport à pyrite et galène X120.



HG 84-20 : Rapports entre pyrite, marcasite, quartz, carbonate vis-à-vis de galène (hôte de cuivre gris) et blende X120.

23



<u>75 C</u> - Dolomite automorphe moulée par de la blende X60.



75 C - Blende xénomorphe et pyrito-sphères localisées dans une zone dolomitique à forte cristallinité X120.



75 C - Plage de blende englobant un peu dolomite et surtout de la matière organique (en haut à droite) X 120



75 C - Même photo prise en lumière polarisée mettant en évidence l'existence de matière organique X120



75 C - Plage de blende bordée par un liseré de graphite X120.



76 F1 - Structure en couronne de géocronite dans la galène X300 . Immersion.



Même prise de vue mais en lumière polarisée X120.



76 F1 - Matière organique X300 Immersion



 $\frac{76\ \text{F1}}{\text{galène}}$ - Association de pyrito-sphères à blende et galène - X300 .1mmersion



HG 84-80 - Galène résiduelle dans de l'anglésite X60

LMP 7187 - FILON DE LA MALINE (St Jean du Gard)

Belle brèche quartzo-phylliteuse, emballée dans du quartz hydrothermal, riche en micro-géodes d'ordre millimétrique à remplissage sulfuré : il s'agit de galène passant au stade de cérusite avec parfois un peu de blende associée, de traces de covellite dans PbCO₃, de chalcopyrite xénomorphe indépendante s'altérant en covellite + limonite (dans la cérusite)

A l'immersion au X500 se distinguent des micro-inclusions (environ 1-3 μm) de possible freieslébenite dans la galène, un peu d'argentite (ou argyrose) en bordure du sulfure de plomb, des traces de bournonite également. Traces de pyrite automorphe dans les éléments de brèche.

Indices du NORD-ALES

•

.

♦ Perret

. LMP 8094

Paragenèse : blende, smithsonite, pyrite, galène, matière organique.

Il s'agit de blende mielleuse filonienne (pluri-centimétrique), un peu altérée à partir de ses plans de clivage et passant au stade de smithsonite à l'éponte. Dans l'encaissant polycristallin on note la présence de pyrite automorphe finement cristallisée. Très rare galène évoluant en cérusite. Trace de matière organique.

Perret

SP 45 868

Paragenèse : blende, galène, cérusite, smithsonite, graphitoïde Minéralisation filonienne pluri-centimétrique, dominée par la présence de blende très claire en voie d'altération en smithsonite, à partir de son réseau cristallin. Le sulfure peut être moulé par des plages plurimillimétriques de graphitoïde. Quelques très rares plages de galène résiduelle dans de la cérusite se trouvent associées à la blende.

L'encaissant carbonaté est plus ou moins riche en petits cristaux pyriteux.

Gravelongue - DC 36

SP 45 869

Paragenèse : pyrite, blende, goethite, lépidocrocite, smithsonite Encaissant dolomitique plus ou moins riche en pyrite d'ordre microscopique se remarquant parfois dans des lignes de fractures en plus grands individus. Ceux-ci sont affectés par l'altération supergène d'où la néo-formation de goethite et lépidocrocite. Le principal sulfure est la blende, filonienne, centimétrique, de nature très clair passant au stade de smithsonite.

Catusse (Chateau d'O)

1 - B 69.139

Paragenèse : goethite, blende, smithsonite, dolomite

Faciès stratiforme dolomitique dans lequel on note des chapelets et agrégats d'une ancienne pyrite automorphe, dans une sorte d'enclave ovale. Un peu de blende subsiste dans de la smithsonite.

Catusse - Côte 225

SP 45 870

Paragenèse : blende, pyrite, marcasite, matière organique, graphi-

toïde

Encaissant dolomitique à grain fin dans lequel on trouve une nouvelle fois une minéralisation filonienne zincifère (blende) en grandes plages centimétriques bordées aux épontes par de la dolomite largement cristallisée (millimétrique) et automorphe. Dans le carbonate quelques cristaux de pyrite (\pm oxydés) et de marcasite s'observent très disséminés. Des chapelets de graphitoïde sont intercalés entre dolomite et blende. Une partie de FeS₂ semble provenir d'anciennes colonies de pyrito-sphères (\pm oxydées) encapuchonnant la matière organique.

Noter que la M.O. de l'encaissant semble moins évoluée.

Meyrannes - AC 63

SP 45 871

Paragenèse : blende, pyrite, galène, dolomite, cérusite

On observe des morceaux de roche encaissante dolomitique à quartz fin inclus, emballés par de la dolomie plus largement cristallisée porteuse de la phase sulfurée. Dans les "enclaves" de roche s'exprime de la pyrite fine, automorphe, ainsi que des pyrito-sphères et de la matière organique en grains isolés ou en petits chapelets.

Le sulfure principal est la blende, montrant des contours automorphes par rapport au carbonate. De nature très claire, elle est en plages plurimillimétriques oxydées sur le pourtour en smithsonite. Un peu de galène (<< mm) peut accompagner la blende. Une croissance zonaire est développée chez le sulfure de plomb. Néoformation de cérusite en bordure de plages de PbS, parfois résiduelle.

Présence d'un sulfosel microscopique, à dépôt orienté, dans la galène.

Les Costes

AC 10 - B 69.140

Paragenèse : blende, smithsonite, pyrite, goethite

Grand ensemble de blende subautomorphe, très claire, s'oxydant à partir de son réseau en smithsonite. Une assez fréquente pyrite automorphe passe au stade de goethite.

36

Mercoirol

DC 15 - B 69.136

Paragenèse : blende, pyrite, smithsonite, limonite, dolomite

Encaissant dolomitique fracturé à remplissage de blende claire, automorphisée et un peu zonée (pluri-millimétrique).

De la pyrite parfois à croissance zonaire peut être liée au sulfure de zinc ou borde en fins chapelets. Quelques pyrito-sphères.

DC 10 B - B 69.137

Paragenèse : blende, pyrite, smithsonite, dolomite

Dans une fracturation centimétrique s'observe de la blende automorphe, claire, à zonages apparents, d'ordre demi-centimétrique et déposée aux épontes. Un début de passage en smithsonite se remarque sur quelques cristaux. Traces de pyrite microscopique dans l'encaissant.

Escabasse

30 - B 69.138

Paragenèse : blende, smithsonite, marcasite, goethite

On a toujours un fond carbonaté dolomitique dans lequel s'observe de la blende automorphe, assez claire, en assemblages de cristaux de l'ordre du 1/2 millimètre à microscopique. Le peu de marcasite est postérieur à la blende. Un peu de goethite tardive.

Clairac

AC 73 - B 69.141

Paragenèse : Blende, galène, pyrite, smithsonite, cérusite, goethite, lépidocrocite, marcasite.

Dans une roche dolomitique s'observe la présence de blende automorphe et zonée, de couleur claire, à laquelle s'associe de la galène moins fréquente. Ces associations sont d'ordre pluri-millimétrique (env. 5).

Néo-formation de smithsonite le long des plans cristallographiques de la blende et de cérusite sur la galène.

Un peu de marcasite accompagne la blende ou se localise (le plus souvent) dans la dolomite. Goethite et plus rare lépidocrocite proviennent de l'altération de la marcasite et de la pyrite.

	YLN 85-27 SP 45.865	YLN 85-36 SP 45.866	YLN 85-623 SP 45.867	SP 45.868	DC 36 SP 45.869	Côte 225 SP 45.870	AC 63 SP 45.871
	La Boisière	Combe Escure	=	Perret	Gravelongue	Catusse	Meyrannes
Blende	•			•	•	•	•
Pyrite	•				•	•	•
Marcasite	•					•	
Galène			•	٠			•
Covellite			•			1	
Argentite			•		:		
Diaphorite			•		,	ļ	
Limonite	•	•			E		
Goethite					•		
Lépidocrocite		•			•	-	
Cérusite	4		•	•			•
Smithsonite	•			•	•		•
M.O.		-				•	
Graphitoīde				٠		•	
Dolomite					•	•	•
Calcite	. •		-				
Quartz	•		•				

.

Mine de PALLIERES et indices du Horst de Pallières-Générargues

.

LMP 6962 - LA PARADE (haldes, Trias)

Dans une gangue quartzo-barytique s'observe un dépôt de galène assez abondante, à fine granulométrie, passant au stade de cérusite. Pyrite, plus rare, en plages ou agrégats aciculaires un peu flexueux. Rare blende (très claire) associée à la pyrite. Quelques pyrito-sphères peuvent être observées indépendantes.

Matière organique abondante, en grains épars dans les zones quartzo-détritiques.

LMP 6963- LE ROUCAN (YLN 83- 57)

Dans du quartz on ne trouve que des mouches millimétriques à < mm d'hydroxydes de fer (limonite), à structure encroutante, provenant de l'altération supergène d'une ancienne chalcopyrite (encore sous forme résiduelle) environnée de covellite plus rare.

LMP 6964 - LE ROUCAN (YLN 83- 57)

Gangue quartzeuse automorphe pauvre en opaques. Seule est observable de la limonite issue de la pseudomorphose d'une ancienne chalcopyrite encore en mouches microscopiques.

LMP 7186 - CORBES GARE ,filon de barytine dans le granite HG 84-1. Fond quartzo-barytique riche en assemblages de sulfures de fer : pyrite et marcasite associées, un peu cataclasées et souvent disséminées dans le quartz.

Développée après la marcasite, la pyrite montre une croissance zonaire sur laquelle se conforme un fin dépôt de galène (retrouvée indépendante dans le quartz).

Un peu de chalcopyrite subautomorphe dans le quartz automorphe par rapport à la barytine. Des traces de galène peuvent s'y inclure.

Les plus grandes plages de galène sont généralement exprimées dans la barytine.

Présence de pyrite nickelifère encroûtée par de la marcasite dans

le quartz. Certaines structures sont composées d'un cristal à coupe hexagonale, enveloppées par de la pyrite automorphe tardive.

Noter les plages aciculaires de boulangérite dans la galène incluse dans FeS₂ (observation sous huile à X500).
Route d'Anduze - fente à quartz-pyrite

. YLN - 83-50 - LMP 8092

Paragenèse : pyrite, marcasite, chalcopyrite.

Dans un quartz largement cristallisé s'observent des assemblages d'ordre plurimillimétrique, à base de pyrite-marcasite à développement radial souvent entrelacées. Un peu de chalcopyrite xénomorphe (< mm) est indépendante ou très rarement associée aux sulfures de fer.

♦ Le Serre (dyke)

. 86-13 - LMP 8084

Paragenèse : pyrite, marcasite, blende, cuivre gris, chalcopyrite, galène.

Dans une roche siliceuse s'observent des assemblages polycristallins à base de pyrite-marcasite, parfois millimétriques. Certains sont accompagnés d'un peu de blen--de automorphe de temps à autre incluse. Rare cuivre gris associé à la pyrite. Traces de chalcopyrite et galène, fines, indépendantes.

La Ferrière - Travers banc, fente ciment dolomitique - pyrite

. JFS - 86-8-3 - LMP 8086 :

Paragenèse : marcasite, pyrite, galène, dolomite.

Les seuls opaques observables sont de la marcasite et de la pyrite plus fréquente, en agrégats polycristallins, intercalés en rubanements à dépôt rythmique dans le fond carbonaté.

Plus finement cristalline, la pyrite englobe généralement des cristaux plus ou moins tabulaires de marcasite antérieure.

Traces de pyrito-sphères indépendantes et de microinclusions de galène dans la pyrite.

La Ferrière - Travers banc, Hettangien

. JFS - 86-8-3 - LMP 8085

Absolument identique à la lame précédente, en ce qui concerne les espèces déjà observées dans la lame 8086. On note toutefois des inclusions subarrondies de <u>blende</u> très claire (peu fréquente) dans la pyrite.

L'ensemble des assemblages de blende compose une sorte de dépôt en cocarde dans le fond dolomitique. Un peu de pyrite fine, xénomorphe, passant au stade de limonite, borde parfois ces assemblages. Quelques agrégats pyriteux sont pseudomorphosés par l'association goéthite-lépidocrocite (cette dernière généralement en traces). L'altération est aussi à l'origine de la néo-formation de smithsonite à partir de la blende. La Ferrière - "Dyke" - silicification arkose Trias. galène - barytine

. JFS - 86-12-1 - LMP 8093

Paragenèse : chalcopyrite, limonite

Gangue quartzo-barytique peu minéralisée en opaques. Seules s'observent de la chalcopyrite plus ou moins résiduelle dans des "boxworks" de limonite.

◊ La Ferrière

. 86-8-1 - SP 46728

Paragenèse : pyrite, marcasite, gypse, dolomite.

Ensemble très banal à dominante de pyrite à laquelle s'associe de la marcasite fine beaucoup plus rare, le tout en remplissage fissural d'ordre pluri-millimétrique dans une gangue carbonatée très polycristalline.

Des veinules gypseuses sont réparties en concordance avec le réseau de fractures.

Assez abondants microcristaux de pyrite dans le fond carbonaté.

♦ La Ferrière (dyke)

. 86-12- - LMP 8082

Paragenèse : pyrite bravoite, marcasite, galène, pyrite, chalcopyrite, cuivre gris, linnéite (violarite), covellite, quartz, barytine.

Dans une gangue quartzeuse très polycristalline, à rare barytine lamellaire associée s'observent des plages de galène (ordre de quelques dixièmes de mm) à dépôt intergranulaire. Très rare marcasite associée à la pyrite. On note aussi une petite association à galène-pyrite-marcasite-chalcopyrite-cuivre gris, incluse dans le quartz.

A noter la présence de porteurs de nickel qui sont :

- pyrite bravoite automorphe mais très rare, indépendante ;
- linnéite (Ni Fe S), en petits cristaux automorphes dans le quartz et la barytine.

Ces deux espèces donnent ainsi un cachet basique à cette minéralisation.

Traces de covellite succèdant à la galène.

. 86-12-2 - LMP 8083

Paragenèse : pyrite, marcasite, cuivre gris, covellite, blende, matière organique.

Minéralisation tardive en remplissage de fractures de façon conjointe avec du quartz microcristallin dans un fond siliceux. Il s'agit d'assemblages polycristallins, automorphes, souvent millimétriques, à base de marcasite-pyrite. La marcasite plus ancienne est généralement incluse.

Un peu de cuivre gris plus ou moins altéré en covellite peut s'associer aux deux sulfures de fer. Traces de blende et très rare matière organique indépendantes.

LMP 7189 - PALLIERES hameau , contact dyke silicifié, SH 331.

Paragenèse sulfurée très banale uniquement (ou presque) composée de grains pyriteux brisés à structure à croissance zonaire, contenant un peu de marcasite. Des traces de galène s'observent dans le quartz tardif à développement zonaire.

LMP 6959 - Pallières hameau (chapeau de fer, Hettangien)

Dépôt rythmique d'hydroxydes de fer provenant d'une ancienne pyrite encore à l'état résiduel ou en très fins cristaux non affectés par l'oxydation, dans une ganque quartzeuse.

> LMP 6960 - Pallières hameau (chapeau de fer , Hettangien) Dans du quartz présence de traces ultrafines de pyrite.

♦ Bois Noir - SW Pallières

. 86-1 - LMP 8079

Paragenèse : blende, smithsonite, limonite, pyrite, dolomite, quartz.

Architecture bréchiforme composée de grandes enclaves minéralisées en blende claire passant par altération à de la smithsonite, phénomène évoluant à partir des plans de clivage. Un peu de limonite est aussi néo-formée.

Dans le fond de roche dolomitique s'observent des fantômes d'oolites repris par la recristallisation. Quelques très rares petits cristaux de quartz bi-terminés se distinguent dans la blende. Trace de pyrite microscopique sur le pourtour de la blende.

O Bois Noir, Sud - Lotharingien moyen - Dolomite

. JFS - 86-1 - LMP 8088

Paragenèse : blende, pyrite, limonite, goéthite, lépidocrocite, smithsonite.

Les opaques sont représentés par de la blende subautomorphe (les plus grandes plages), à automorphe (en microcristaux \leq au mm), montrant en lumière polarisée une croissance zonaire.

Pallières - Filonnet de dolomite - galène - pyrite

. KLAS - 274 - LMP 8089

Paragenèse : pyrite, blende, galène, marcasite.

Bien qu'assez clairsemée, la minéralisation devient un peu plus intéressante. Espèce la plus abondante, la pyrite compose des ensembles de l'ordre de plusieurs millimètres, à structure radiale (ancienne marcasite à l'état résiduel encore observable). Passablement cataclasés, les assemblages sulfurés sont réemballés par le carbonate. Rares associations blende - pyrite - galène. Quelques plages de galène, millimétriques, nettement tardives par rapport au carbonate sont hôtes de rares plages pyriteuses microscopiques.

♦ Pallières

. 86-3 - SP 46726

Paragenèse : blende, galène, cérusite, smithsonite, greenockite, géocronite.

Sorte de brèche carbonatée, à dominante dolomitique, dans laquelle on observe des enclaves polycristallines pluri-millimétriques de même nature, mais riches en structures oolithiques plus ou moins assimilées par un début de recristallisation.

La minéralisation sulfurée est intimement liée à du quartz hydrothermal très automorphe. En plages d'ordre millimétrique, la blende et la galène sont affectées par l'altération supergène avec néo-formation de smithsonite et de cérusite. Dans la galène s'expriment d'assez fréquentes inclusions de géocronite (peu caractéristique) à extinction commune.

Très rare, la greenockite est intimement associée aux secondaires de zinc/plomb.

Pallières (W) - puits 3 - côte 378

.86-4 - LMP 8080

Paragenèse : blende, galène, anglésite, smithsonite, matière organique.

Dans un fond siliceux, s'observent d'abondants cristaux millimétriques de blende claire zonée, accompagnés d'un peu de galène automorphe. A noter la présence de galène tabulaire, généralement indépendante, évoquant une pseudomorphose. Le sulfure de plomb passe au stade d'anglésite et l'on note un peu de smithsonite provenant de l'oxydation de la blende.

La matière organique, peu abondante, est indépendante.

. 86-4 - SP 46727

Paragenèse : galène, pyrite, marcasite, boulangérite, anglésite, matière organique.

Dans une gangue siliceuse, un peu jaspée, riche en produits ferrugineux sous forme globulaire et hôte de matière organique peu évoluée (retrouvée dans la galène), on note de la galène centimétrique, en plages plus ou moins coalescentes, à structure automorphe et souvent tabulaire (pseudomorphose ?). De l'anglésite succède au sulfure de plomb. Rare blende, automorphe par rapport à la galène, qui présente un début d'altération et un début de remplacement par PbS. Rares cristaux mixtes : marcasitepyrite ou plus rarement marcasite, inclus dans la galène. On y trouve aussi de très rares micro-inclusions orientées de boulangérite.

♦ La Rode (Route)

. 86-5 - LMP 8081

Paragenèse : pyrite, goethite, matière organique

Il ne s'agit que d'agglomérats pyriteux composés de micro-cristaux souvent coalescents, pluri-millimétriques, passant à la suite d'altération en goethite. De la matière organique, rare, peut lui être associée et/ou libre.

GITES			LA FE	RRIERE					PALLIER	E S		801S	NOIR	ESCURE	MINE JOSEPH	la Rode	LE SERRE	ROUTE D'AN- DUZE	PERRET	
REF FSPECES	JFS 86- 12-1	JFS 86- 12-2	JFS 86- 8-3	JFS 86- 8-3	JFS 86- 12-1	JFS 86- 8-1	JFS 86- 4	KLAS- 274	HG_ 39-7	. JFS 86- 3	JFS 86- 4	JFS 86 1	JFS 86 1	YLN 85- 30	HG- 1	JFS 86- 5	JFS 86- 13	YLN 83- 50		
MINERALES	LM 8082	LM 8083	LM 8085	LM 8086	LM 8093	SP 46728	LM 8080	LM 8089	LM 8090	SP 46726	SP 46727	LM 8079	LM 8088	LM 8087	LM 8091	LM 8081	LM 8084	LM 8092	LM 8094	
Blende		*	*				*	*		*	[*	*				*		*	
Pyrite	*	*	*	*	L	*		*	*		*	*	*		*	*	*	*	*	
Galène	*	L	*	*	L		*	*	<u>-</u>	*	*	ļ		L	*		*		.*	
Chalcopyrite	*				*						 	ļ	ļ	 			*	*	 	
Marcasite	*	*			ļ	*		*	*		*			ļ			*	*	├	
Cuivre gris	*	*			ļ				*		ļ	ļ					*		 	
Digénite			· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·						*		 		ļ	ļ					 	
Covellite	*	*								*		ļ							ļ	
Géocronite										ļ		<u> </u>	 	·						
Boulangérite					ļ						*	ļ	ļ							
Greenockite										*										
Linnéite	*											ļ								
Pyrite bravoîte	*		7-18-5-22																	
Limonite					*				*			*	*							
Goethite				 					*				*			*				
Lépidocrocite													*						 	
Smithsonite							*			*		*	*						*	
Cérusite										*				ļ	*					
Anglésite							*						 	L					 	
Azurite					 				*		*									
Dolomite			*	*		*		*	*	*		*	*	*		*			*	
Quartz	*	*			*		*			*	*	*			*		*	*		
Barytine	*				*															
Сурве						*														
Matière organique		*					*		*		*				*	*			*	

.

- PLANCHE I -

- <u>Photo nº 1</u>: Remplacement d'un cristal de blende par smithsonite et limonite, et gangue dolomitique. Bois Noir - 86-1 - lame mince nº 8079. Lumière réfléchie - x60.
- <u>Photo n° 2</u>: Relations blende-carbonate. On note une deuxième génération de blende. Bois Noir - 86-1 - lame mince n° 8079. Lumière transmise - x60.
- <u>Photo n° 3</u>: Quartz automorphe hydrothermal dans de la blende avec dolomite au contact. Bois Noir - 86-1 - lame mince n° 8079. Lumière réfléchie - x60.

PLANCHE 1







- PLANCHE II -

- <u>Photo nº 1</u>: Association d'agrégats subautomorphes de pyrite-marcasite avec de la chalcopyrite, dans du quartz. Route d'Anduze - 83-50 - lame mince nº 8092. Lumière réfléchie - x120.
- <u>Photo n° 2</u>: Image d'électrons rétrodiffusés prise au MEB, montrant en gris sombre des plages xénomorphes de géocronite dans de la galène. Pallières - 86-3 - section polie n° 46726 Lumière réfléchie.
- <u>Photo n° 3</u>: Microplages de linnéite incluses dans quartz et barytine, indistinctement.Galène à dépôt intergranulaire. La Ferrière - 86-12-1 - lame polie 8082. Lumière réfléchie - x30.

PLANCHE 2









2-Etudes minéralogiques complémentaires sur la mine Joseph (Gard) par H.GORZAWSKI

1. INTRODUCTION

The work which was carried out in the course of this EC-grant, comprised during the first six months the following points :

- a. Literature studies ;
- b. Field-work in Southern France, region of Pallieres horst-zone (sampling);
- c. Microprobe-profiles (San Vi cente/Peru).

A detailed report of this first working-phase, comprising the period from 15.10.1983 to 15.4.1984 has been given in the "l. Halbjährlicher Bericht über den Fortgang der im Rahmen des Stipendienvertrages durchgeführten Arbeiten" (see enclosed copy, n° 1b), so that in the present report only the period of the last three months will be regarded.

Hereby emphasis has been laid on two subjects :

- microscopical examination of thin sections, polished (thin) sections, with the intention of getting a petrographical classification of host-rocks and ores in the area of the Mine Joseph;
- selection and preparation of samples representing the whole area of the Pallieres horst-zone to carry out isotope studies and other geochemical investigations.

2. PETROGRAPHICAL AND ORE-MICROSCOPICAL OBSERVATIONS IN THE DIS-TRICT OF THE MINE JOSEPH

For this first stage of work sample selection resulted in the preparation of 48 thin and polished sections :

28 thin sections

8 polished thin sections

12 Polished sections.

75 % of these sections were prepared at the B.R.G.M. Orleans, the remaining 25 % at the University of Heidelberg.

Partly the thin sections were coloured with Alizarin of Ferrycyanure to make it possible to distinguish calcite from dolomite or ferroan dolomite from dolomite.

The following description of microscopical work has been subdivided, for the sake of clarity, in 5 parts, each representing a limited area (fig. 1):

- A. Profile of Barafort
- B. Joseph-Nord
- C. Mine Joseph
- D. Joseph Sud
- E. Vieille route d'Anduze/Mine Roman.

Used abbreviations :

first line :	LM	B 60130	(HG-84-51)
	kind of section	section number	sample number
LM = thin sec	tion, GLM = large-size th	hin section	
LP = polished	thin section		
SP = polished	section		
<u>HS</u> = hand-spe	ecimen description		
<u>M</u> = microsco	opical description		
<u>R</u> = remarks			
Comp. = com	ponents		
Class. = class	ification of carbonate roo	ck (after DUNHAM)	
acc. = access	ory minerals		
ore minerals :	: py = pyrite	mc = marca	site
	sl = sphalerite	gn = galena	
	cpy = chalcopyrite	cv = covelli	te
	bnn = bournonite	td-tn = fah	lore
	bou = boulangerite	lz = luzonit	e
	geo = geocronite	sem = sems	eyite
	lim = limonite	az = azurite	2
	ma = malachite		
+++ = very ab	pundant		.•
++ = abundar	nt		
+ = present			
o = rare			
- = traces			



Figure 1 - District of the Mine Joseph showing the subdivision (A-E) of microscopical description (after BERNARD, 1961)

A. Profile of Barafort

This profile is located about 5 km west of Mine Joseph and contains the stratigraphic sequence from the Triassic to the Lotharingian superior. Up to now, 3 thin sections have been prepared.

LM 39 (HG-84-39)

- <u>H5</u>: grey to dark-grey micritic limestone, undulous texture ; organic components are visible.
- <u>M</u>: micritic matrix.

comp. : Echinoids, Filaments (Ostracods ?), Brachiopods, Gastropods, Lamellibranchias, Lumps, detrital quartz-grains (accessory).

class.: bioclastic packstone.

<u>R</u> : clearly belonging to Sinemurian.

LM B 60 127 (HG-84-43)

HS : grey arenitic limestone, (limonitic) components.

<u>M</u>: little matrix consisting predominantly of argillaceous matter and minor micrite. comp. : Echinoids, Lamellibranchias, Gastropods, Ostracods, detrital quartz-grains, many unidentifiable components.

class. : bioclastic grainstone.

R : Lotharingian inferior.

LM B 60 128 (HG-84-44)

HS : grey limestone, more fine-grained than B 60 127.

M : little micritic matrix

comp. : Echinoids, shell debris - Filaments, Ostracods, many unidentifiable components.

class. : bioclastic packstone.

<u>R</u>: occurrence of opaque matter which is frequently outlining former organic structures. The sedimentation seems to have been more quiet than in B 60 127, implicating the belonging to Lotharingian superior.

B. Joseph-Nord

This Hettangian-outcrop is found exactly vis-a-vis the Mine Joseph. Everywhere traces of very old mining-activity can be noticed. Limonite is frequently occurring, but no primary ore-minerals have been observed. Especially remarkable are rythmitic dolomite-structures consisting of black, brownish, and white dolomite (HG-84-28).

LM B 60 131 (HG-84-24)

- H5 : grey, homogeneous fine-grained cristalline dolomite (dolarenite).
- <u>M</u>: grain-size: Ø 🖌 80 μm
 - comp. : "Ooid-phantomes" (frequent)
 - class. : oolithic grainstone
 - acc. : opaque matter and little detrital quartz-grains
- \underline{R} : typical Hettangian-dolomite.

LM B 60 132 (HG-84-26)

- <u>H5</u>: spheroid-like calcite with irregularly schlieren-like dispersed Fe-hydroxide; small cavities occur frequently.
- \underline{M} : calcite-crystals are very different in size and often fibrous, radially arranged.
- <u>R</u> : secondary origin.

GLM B 60 144 (HG-84-10)

- <u>H5</u>: breccia-like structure; grey, fine-grained dolomite fragments (I) are cimented by white-brownish dolomite (II).
- M:I-grain size <120 μm

comp. : Ooid-phantomes(a few) opaque matter, argillaceous matter.

class. : oolithic wackestone.

II - grain size $> 150 \mu$

white dolomite, slightly ferruginous.

- <u>HS</u>: dolomite structure resembling to diagenetic crystallization rythmites (DCR's, see e.g. FONTBOTÉ & AMSTUTZ, 1983). It is composed of black (gen. I), brownish (Gen. IIa), and white dolomite (Gen. IIb). Small voids in the middle of generation IIb could be regarded as generation III (see fig. 2).
- <u>M</u>: Gen. I dolomite crystals. Grain size Ø <150 μm, fine dispersed opaque matter (= Fe-hydroxide) often occurring in framboidal form. Argillaceous-organic matter = abundant.

Gen. IIa - dolomite crystals with sizes from 400-800 μm ; zonation frequent ; no inclusions.

Gen. IIb - sparry clean crystalls with sizes up to 3mm; Fe-hydroxides forms lenses up to several millimeters in size or outline, finely dispersed, the dolomite crystal borders; argillaceous matter is nearly lacking.

<u>R</u>: complex diagenetic structure ; geochemical examinations of these different generations, which are at present in preparation (first results see chapter 4) can possibly being helpful to understand the diagenetic evolution.



Figure 2 - Drawing of a part of GLM B 60145. The different dolomite generations are indicated.

C. Mine Joseph

This group covers the Northern part of the "colline Joseph" which reveals a lot of old mine-workings. These old mine-workings form generally the present outcrops and for the sake of clarity, they have been indicated with the letters (A) to (J), going from the bottom of the "colline" to the top.

Samples from the brook Paleyrolle (old name : Valleraube), which is located in the North of the colline Joseph, are also included in this chapter. Up to now, 13 thin sections, 5 polished sections, and 4 polished thin-sections have been examined.

LM B 60 129 (HG-84-49) Paleyrolle HS : homogeneous, cristalline dolomite (dolarenite). M : cristalline dolomite ; grain size : Ø <150 μm. comp. : ooid-phantomes (abundant) class. : oolithic grainestone.

<u>R</u> : typical Hettangian-dolomite.

LM B 60 130 (HG-84-51) Paleyrolle

- <u>HS</u>: grey fine-grained dolomite (dololutite). Occurrence of several small veins filled with white dolomite and Fe-sulphides.
- <u>M</u>: micritic matrix containing components with a size of generally ζ50 μm. comp. : predominantly detrital quartz-grains (Ca 5-10 % of total rock). acc. : opaque matter, mica (muskovite). class. : mudstone.
- R : presumably Triassic superior.

LM B 60 137 (HG-84-68) (B)

 \underline{HS} : homogeneous, grey, fine grained dolomite (dololutite).

- <u>M</u> : lypidiomorphic dolomite-crystals. Grain size Ø < 60 μm. acc. : opaque matter, a few mica flakes. class. : mudstone ?
- <u>R</u>: dolomitisation has affected the whole rock, making it impossible to recognize original sedimentary structures.

Stratigraphic position uncertain : Rhetien ?

LM B 60138 (HG-84-69b)

(C)

- HS : homogeneous, grey, fine-grained dolomite (dololutite).
- <u>M</u> : hypidiomorphic dolomite-crystals. Grain-size $\varnothing < 70 \ \mu$ m. acc. : opaque matter, detrital quartz-grains, a few mica flakes. class. : ?

LM B 60 136 (HG-84-18) (E)

- <u>HS</u>: homogeneous, fine-grained, grey dolomite (dololutite) crossed by white dolomite-veins.
- M : monotone cristalline dolomite. Grain size : < 80 μm.
 - opaque matter is to be found as well in the homogeneous dolomite as in the veins.
 - argillaceous-organic matter is also present.
 - acc. : very small quartz-particles.

class. : ?

- (G)
- <u>HS</u>: homogeneous to slightly disturbed, brownish-grey dolomite rock. Irregularly formed aggregates of galena are to observe (up to 1 mm in size).
- \underline{M} : grain size : ranging from 20 to 80 $\mu m.$
 - high content of detrital quartz (5 %) with grain sizes of about 50 μm_{\star}
 - opaque matter (gn, -sl, py-) abundant as well as argillaceous-organic matter, which is concentrated in stylolithes.

acc.: zircon.

class.:?

LM 76 a (HG-84-76a)

- <u>HS</u>: dark-grey, fine-grained rock containing light-coloured crystals of dolomite ; high amount of argillaceous matter.
- M: extremely fine-cristalline matrix (55 %), consisting probably of argillaceous matter and quartz, contains (partly idiomorphic) dolomite-crystals (30-40 %) and xenomorphic quartz-grains. The size of the dolomite-crystals is ranging from < 20 μm up to 1 mm (Ø < 50 μm). The crystals are often strongly corroded. Grain size of the quartz is about 50 μm.
 - finely disseminated in the matrix pyrite occurs in form of spharoids and framboids. The total content of opaque matter is about 1-2 %.
- R : field observations suggest belonging to Lotharingian.

LM 76 d (HG-84-76d)

(H)

(H)

 \underline{HS} : dark-grey, fine grained rock showing light-coloured spots.

A pentacrine of 1 cm of diametre is to observe.

- <u>M</u>: matrix of quartz and argillaceous matter containing xenomorphic quartz (grain size 80-100 μm) and minor dolomite crystals (grain size 20-150 ppm).
 - > 5 % opaque matter :
 - 1) finely disseminated (framboidal pyrite)
 - 2) irregularly shaped aggregates.
 - no organic structure can be noted.
 - acc. : muscovite, biotite.
- \underline{R} : almost completely silicified Lotharingian carbonate-rock.

LM 76 fl (HG-84-76 fl)

<u>HS</u>: heterogeneous, grey, fine grained rock. Sphalerite can be observed. Occurring of cavities filled with sparry dolomite.

(H)

(H)

- M: two zones : a) high sphalerite-content
 - b) low sphalerite-content.
 - a) 40-50 % sphalerite, hypidiomorphic crystals
 - <5% detrital quartz-grains (80-100 μm)
 - matrix of quartz and argillaceous matter.
 - acc. : slat-shaped carbonate-crystals.
 - b) matrix : 90 %
 - detrital quartz : 5 %
 - opaque matter : 5 % (sl + framboidal py)
 - acc. : carbonate-slats in the matrix.
- \underline{R} : Lotharingian rock, partly sphalerite-rich, which has been affected by a complete silicification.

GLM B 60146 (HG-84-76 f)

- <u>HS</u>: homogeneous, extremely fine-grained rock, silicified. Worth mentioning are cavity fillings of white sparry dolomite which represent perhaps pseudomorphismes of dolomite after anhydrite. Other small drusy-like cavities are filled with quartz-crystals.
- <u>M</u>: here also the rock has completely been silicified, but nevertheless many microfacies structures are still possible to observe.
 - matrix now consisting of quartz and argillaceous matter.
 - comp. : Pellets, Echinoids, Lamellibranchias, Gastropods, Gravelles, many unidentifiable structures.

acc. : mica-flakes.

- often the biogenic components are not completely silicified and there are still little points of carbonate visible within the quartz.

class. : bioclastic-pelletoïdal packstone (silicified).

 \underline{R} : Lotharingian.

<u>LM B 60 142</u> GLM B 60 143 (HG-84-12) (J)

 \underline{HS} : coarse-grained white dolomite encrusted with black silica, abundant pyrite.

 \underline{M} : -dolomite slightly ferrugineous ;

-quartz is usually fine-grained.

acc. : anhydrite.

Main feature : the relationship between the sulfide minerals and the silica where pyrite occurs, also quartz is always present.

carrière

 \underline{R} : secondary dolomite related to silicification.

LM B 60 141 (HG-84-77)

HS : homogeneous, grey-brownish dolomite (dololutite).

<u>M</u> : - monotone pattern of dolomite-crystals, grain size: 50 μ m.

- detrital quartz (2 %) and argillaceous matter.

acc. : mica-flakes

opaque minerals (a.o. framboidal pyrite)

- small veins filled with dolosparite and sulfides (pyrite). class. : mudstone.
- R : Lotharingian, completely dolomitized.

<u>LP 6872 (HG-84-73b)</u>

HS : slightly bedded, grey dolomitic rock containing Fe-sulfide.

<u>M</u>: extremely fine-grained mixture consisting mainly of dolomite and argillaceous matter with minor quartz. Evident is the close relationship between sulfides and silica.

py/mc (1/1) + gn + organic matter o The Eq culfides are slat like shared

The Fe-sulfides are slat-like shaped.

LP 6873 (HG-84-75c)

(G)

(E)

H5 : grey dolomitic rock (dolarenite) with high sphalerite content.

M : medium grained dolomite.

Comp. : Echinoids, Ooid-phantomes.

These organic structures are still visible, because they are outlined by organic matter.

Low quartz content.

sl	++	Colour of sphalerite is yellow-brownish indicating
ру	+	the low Fe-content.
gn	+	
bou	-	Boulangerite occurs as small inclusions in galena.
organic matter	ο	

 \underline{R} : microfacies allows coordination to Lotharingian.

LP 6874 (HG-84-76 f)(H)

<u>H5</u>: heterogeneous, grey, silicified rock containing considerable amounts of ore minerals.

- <u>M</u>: fine-grained matrix consisting predominantly of quartz with minor argillaceous matter.
 - some detrital quartz-grains.
 - cavity filled with white sparry dolomite (pseudomorphism ?) surrounded by idiomorphic sphalerite-crystals and a zone enriched in argillaceous-organic matter.

sl	+++
py/mc (1/1)	+
gn	+
bou	-
organic matter	D

 \underline{R} : completely silicified rock, only traces of carbonate can be observed.

LP 6875 (HG-84-60)

HS : grey, fine-grained, silicified dolomitic rock.

- <u>M</u>: mixture of quartz and argillaceous matter with in part rhomboedric dolomitecrystals.
 - grain sizes are very heterogeneous, ranging from <30 μm up to >200 $\mu m.$
 - ratio quartz/dolomite is about 10/1.
 - py/mc (1/1)
 - organic matter
- R : sulfides are enriched in quartz veins.

SP 44 439 (HG-84-52)

H5 : Triassic sandstone, quartz-grains cimented by pyrite.

+

<u>M</u>: py/mc (5/1) +++ gn o sl o - galena occurs finely dispersed in pyrite - grain size of the quartz : 0.5 - 2 mm.

SP 74 b (HG-84-77 b) (F) HS: heterogeneous, strongly silicified dolomitic rock. Fe-sulfides and hydroxides are visible. M : py/mc (5/1) + Fe-hydroxides ++ organic matter 0 - many small cavities filled with idiomorphic quartz-crystals. SP 75 c (HG-84-75 c) (G) HS : grey, fine-grained cristalline dolomite. High sphalerite content. M:sl ++ py/mc (4/1) + gn Ο organic matter Ο - yellow-brownish sphalerite forms irregularly shaped aggregates and shows often zonation. - pyrite-framboids are frequent. SP 76 fl (HG-84-76 fl)

<u>HS</u>: dark-grey to black silicified rock. Two zones are distinguishable : Zone A : monotone fine-grained, zone B : enriched in sulfides.

<u>M</u> :zone A:	py/mc (5/1)	+
	sl	+
	gn	O
	organic matter	0
zone B :	py/mc (5/1)	+
	sl	+++
	gn	+
	եոս	+
	geo	-

- sphalerite forms irregularly shaped aggregates

- framboidal pyrite is frequent

- bournonite and geocronite occur as small inclusions in galena and show often characteristic twin n ing.

- the gangue consists mainly of quartz, carbonate has not been observed.

66

SP 76 f2 (HG-84-76 f)

(H)

<u>H5</u>: heterogeneous, silicified rock presenting a lot of small cavities and veins filled predominantly with quartz and minor carbonate. Besides disseminated pyrite, azurite and malachite are frequent.

- M: py++lim+ma/az+cpyoorganic mattero
 - chalcopyrite is related to limonite
 - azurite and malachite occur in small veins.

D. Joseph Sud

Comprised in this chapter is the area between the "colline Joseph" and the "colline de la Baraque". Here exist several indices of old mining-activity. For the present work, each of them has been indicated with a letter ranging from (a) to (e). 5 thin sections, 1 polished thin section and 5 polished sectionshave been available for examination.

LM 21 (HG-84-21) (b)

HS : grey, fine-grained dolomite (dololutite). The rock is intersected by small veins containing white dolomite and sphalerite.

M : very fine-grained dolomite. Grain size : \emptyset < 40 μ m.

- high quartz content (10 %).

- opaque matter occurs in several forms :

1) disseminated framboidal pyrite

2) concentrated to roundish or lens-like shapes outlining probably former organic structures

3) concentrated in stylolithes

4) yellow-brownish sphalerite in veins).

class. : bioclastic mudstone.

R: stratigraphical coordination to the Lotharingian is probable.

LM B 60 135 (HG-84-88) (b)

HS : homogeneous, grey, fine-grained dolomite (dololutite).

M : grain size : $\emptyset < 50 \mu m$.

- detrital quartz-grains (3 %)
- high content of argillaceous matter which is forming stylolithes
- finely dispersed opaque matter.

class. : mudstone ?

 \underline{R} : completely dolomitized Lotharingian rock.

LM B 60 133 (HG-84-82)

- HS : fine grained, silicified dolomite with high content of Fe-hydroxides.
- \underline{M} : this rock has been completely silicified, but it is still possible to recognize the former dolomite-structure.
 - comp. : Echinoids ? Ooids ? Pellets ?
 - acc. detrital quartz (grain size $<50~\mu m)$
 - mica-flakes.
 - class. : bioclastic wackestone ?
- <u>R</u>: this sample (Lotharingian) consists now of about 100 % silica, but the former dolomitic structure (rhomboedric crystal contours) is still visible. Even (organic) components can be observed owing to the outlining by opaque particles.

LP 6876 (HG-84-87 b)

(d)

(e)

HS : bedded, fine-grained dolomite with high sphalerite content.

+

<u>M</u> : very fine grained dolomite. Grain size : \emptyset < 50 μ m.

- detrital quartz-grains (5 %)
- argillaceous-organic matter

acc. : mica-flakes

sl ++ gn + py +

organic matter

- opaque matter (predominantly sphalerite) occurs in several forms :
 - * impregnations
 - * concordant layers
 - * discordant veinlets.

SP 44 440 (HG-84-20)

- framboids and spheroids (pyrite).

SF	20	

(a)

HS	: massive sulfide-ore.			
<u>м</u> :	py/mc (1/1)	+++	део	•
	sl	+++	sem/bou	•
	gn	++	lz	-
	(td-)tn	+	organic matter	-
	сру	0		

- geocronite, boulangerite and semseyite occur as small inclusions within galena

- luzonite is related to chalcopyrite and pyrite
- the occurring fahlore mineral is regarded to be As-rich (tennantite).
- the gangue consists predominantly of quartz.

SF	9 44 443 (HG-84-81)	· (a)	•	
<u>H5</u> : massive su	llfide-ore			
<u>M</u> : sl	+++	geo	+	
gn	+++	bou	• +	
py/mc (2/1)) ++	lz	-	
(td-)tn	+	CV	+	
сру +		organic matte	r -	
- traces of	covellite occur rela	ated to sphalerite and	luzonite	

- the gangue consists of quartz and dolomite.

<u>SP 44 442 (HG-84-33)</u>	(b)

HS : massive sulfide-ore with high sphalerite content.

<u>M</u> :	sl	+++	bou/sem	-
	py/mc (1/1)	++	organic matter	+
	gn	+		

- sphalerite forms rounded aggregates which are arranged in a layering-like pattern. Geopetal features (load casts) of sphalerite and pyrite within argillaceous organic matter are often to observe.

- pyrite appears frequently framboidal and spheroidal.

- the gangue consists predominantly of quartz with minor carbonate.

E. Vieille route d'Anduze / Mine Roman

Along the "vieille route d'Anduze", two thin sections of rock samples has been studied. The old "Mine Roman" is located near by that old road and from there two polished thin sections and two polished sections of dump-ore samples has been examined.

LM 94 (HG-84-94)

HS : light-grey dolomite containing numerous quartz-grains (dolarenite).

<u>M</u> : dolomite grain size : $\emptyset < 60 \ \mu m$

quartz grain size : about 500 µm

ratio carbonate/quartz is about 60/40

acc. : opaque matter (pyrite), mica (muscovite, biotite), zircon.

 \underline{R} : quartz-rich dolomite, typical for the Rhetien.

HS : grey, fine-grained dolomite (dololutite) crossed by white calcitic veinlets.

M: micritic matrix (grain sizes < 30 μm).

comp. : Lamellibranchias, Echinoids, Gastropods ?

class. : bioclastic wackestone.

R : completely dolomitized biomicrite, belonging presumably to the Sinemurian.

<u>LP 6 870</u>

SP 44 437 (HG-84-9)

- <u>HS</u>: heterogeneous, grey, silicified dolomitic rock mineralized with sphalerite, pyrite and galena.
- <u>M</u>: the gangue consists here of a microcristalline matrix containing xenomorphic dolomite-crystals up to 200 μ m in size. The ratio quartz/dolomite runs to about 5/1.

SI	+++	geo	-
py/mc (2/1)	++	bou/sem	-
gn	+	organic matter	-

- sphalerite is enriched in irregularly shaped zones
- idiomorphic quartz-crystals occur frequently within sphalerite.
- <u>R</u>: strongly mineralized, originally dolomitic rock, which has been affected by an important silicification.

LP 6 871 (HG-84-91)

Mine Roman

_

La Baraque

Mine Roman

- <u>HS</u>: dark-grey to black silicified dolomitic rock containing Fe-sulfides arranged in schlieric structures.
- \underline{M} : fine crystalline matrix consisting of argillaceous matter and quartz contains quartz-grains and xenomorphic carbonate-crystals.

- the ore minerals are often surrounded by a rim of sparry carbonate.

py/mc (1/1) ++ gn sl + organic matter

- pyrite (marcasite) occurs framboidal, idiomorphic, and as xenomorphic aggregates.

- geopetal features of pyrite within argillaceous matter have been observed.

SP 44 4	38 (HG-84-91)	Mine Roman	
HS : massive sulfide-	ore		
<u>M</u> : py/mc (10/1)	+++	geo	+
gn	++	bou/sem	-
sl	+	organic matter	-

- occurrence of large geocronite crystals within galena, often the typical complex twinning-structures are visible ;

- galena is slightly anisotrope.

Preliminary conclusions of the foregoing descriptions

Though only the first stage of microscopical examination has been carried out, it is evident that the complete dolomitization of the whole stratigraphic sequence visible at Mine Joseph will make it very difficult to determine exactly different stratigraphic units. The dolomitic rocks are generally fine-grained monotone and microfacies structures probably have often been obliterated during the dolomitizationprocess.

The existence of different forms and generations of dolomite (HG-84-28) shows a complex diagenetic evolution. Geochemical investigations of these structures should be helpful for a better understanding of these processes (see chapter 4).

The most striking observation is the detection of an important silicification having affected a big part of the dolomitic series at Joseph. Very often, the mineralization seems to be closely related to this silicification.

For some samples, the determination of the total carbonate content has been effected. The results show that for instance in sample HG-84-76_a only about 13 % carbonate (dolomite) is present. Within sample HG-84-76 f, nearly no carbonate is to be found any more.

The examination of polished sections and polished thin sections has resulted in the detection of 12 different ore minerals, 3 of which (geocronite, semseyite, luzonite) have never been described at the Mine Joseph (see table 1).

Ore mineral	Present work	AUBAGUE et al. (1981)
Pyrite, Marcasite	+++	+++
Sphalerite	+++	+++
Galena	+++	+++
Chalcopyrite	+	+
Covellite	-	. +
Bournonite	-	+
Tetrahedrite		+
Tennantite	+	
Famatinite	}	-
Luzonite	0	
Geocronite	+	
Boulangerite	-	0
Semseyite	-	
Arsenic		-

Table 1

Identified ore minerals related to dolomitic rocks of the Mine Joseph

It should be mentioned out that the microscopical examinations and the interpretation of observations are not yet finished. In addition 5 thin sections, 7 polished thin sections, and 4 polished sections are actually in preparation and will be available within the next weeks.

6. REFERENCES

AUBAGUE M., COUMOUL A., LE NINDRE Y.M., L'HOMER A., SUREAU J.F., 1981 Recherche de guides de prospection pour les gites Pb-Zn liés aux strates en environnement carbonaté. Deuxième phase. Le gite de la Croix-de-Pallières. (Bordure cévenole, Gard). A.C. DGRST, 78 07 0211.

BERNARD A., 1961

Contribution à l'étude de la province métallifère sous-cévenole. Sci. Terre, 7, nº 3-4, 123-403.

FONTBOTÉ L., AMSTUTZ G.C., 1983

Diagenetic crystallization rhythmites in Mississippy Valley type ore deposits. Int. Conf. on Mississippy Valley type lead-zinc deposits. Proc. Vol. Univ. Missouri-Rolla, p. 328-337. 3-Résultats des mesures de cristallinité de l'illite par F.WEBER (Institut de Géologie de Strasbourg)

ECHANTILLONS DE LA PROVINCE CEVENDLE (Série GG 83)

.

N°	PR%	ln(10)	002/001		N°	PRS	ln(10)	002/001	
CRD	s				LA CADIER	RE			
3	0,84	9,0	C,58	I	48		5,5	D,26	I,K
4	0,63	10,0	0,55	I	49	1,04	12,5	0,48	I,(I-Sm)
5	-	4,5	0,56	I,C	50	0,98	13,5	0,56	I,(I-Sm)
23/25	-	6,2	0,35	I	51	0.96	21,5	D,41	I,(I-Sm)
24	0,98	-	-		52	1.20	18.5	0.47	I.(I-Sm)
27	D.88	-	-	I.Sm	53	1.14	23,0	D.47	I.(I-Sm)
28	D,86	11.5	0.54	I,(I-Sm)K					
29	-	6.0	0.52	I.K	LES PUECI	15			
30	-	18.0	0.35	I.(I-Sm)	63	2.13	5.5	0.60	1.C(C-Sm=corrensite
31	1,15	-	•		64	1.05	6.5	0.43	1
32	1.10	14.0	D.42	1.(1-Sm)K	65	0.98	5.5	0,39	I,(K)
		-			66	1.08	7.5	D.42	I
LES COP	ELANS				67	1.03	6.5	0.49	Ĩ
7	-	10,0	0,23	I,(I-Sm)	66	1.00	9.5	0.63	ī
8	0,69	9.5	0,42	I, (I-Sm)C	69	1.00	5.5	0.52	ī
5	•	8,5	0,34	1,0	20	-	5.5	0.45	I. (Sm)
10	0,79	9,5	0,38	I	21	0,94	5.5	0.42	I.(K)
11	•	8,2	0,42	I,C	72	1.07	7.5	D.41	I
CORB	ES				23	1.07	7.0	D.45	ī
6	0.75	7	0.29	I	74	-	-	-	I
	_				75	1.17	11.5	0.46	I.(I-Sm)
AYRULL	<u>.</u>				76	1.08	6.5	D.47	I.K
33	-	18,0	D,46	1,(1-5m)	77	1.10	10.5	0.56	I.(I-Sm)
34	-	23,0	0,43	1,(1-5m)	78	-	6.5	0,50	I
35		8,0	0,41	1					
36	1.01	7.0	0,60	1,K					
37	1,1	5,0	0,45	1.0(0-Sm)					
35	-	7.0	0,49	1.K(C-Sm)					
39	0,95	6,5	0,30	1.K[C-Sm]					
. 40	0,98	7,5	0,57	1,C(C-5m)5	ene ene				
41	0,95	7.0	0.51	I.Sm					
418	-	6,5	0,38	1,5m					
42	-	5,5	0,42	1.5m					
43	0,83	4,5	0,43	1					
44	0,63	6, D	0.6/	1.500					
45	0,9/	0,5	0,44	4					
40	-	0,U	0,40	1			•		
4/		b ,5	0,29	1					
4-Résultats des analyses par I.C.P. des échantillons de roches de la série GG 83 cf annexe 7.

`n/₫₽	٠	 se.	۰.		•	

Nº_	. N°	N٥	N°	No	No
LABO	ECHANTILLONS	<u>LABO</u>	ECHANTILLONS	LABO	ECHANTILLONS
1	GG 83. ¥9	51	GG \$3.16	101	GG 83. 113 140
2	80	52		102	LIGSPE
2 3	84	53	2A Ž	103	120
<u> </u>	82	54	65	104	122 5
- 5	83	55	66	105	123 E
÷ 6	84	56	68	106	124 5
7	86 8	57	69	1 37	125 -
28	88 1	58	40 02	108	126 9
<u></u> 3	89 2	59	<u> </u>	109	144 8
10	90	60	12	110	145 3 2
11	91 2	51	33	111	146 8
12	93 2	62	44 4	TRYZ	
.13	95 0	63	45 8	113	
14	96	64	46 5	114	
,15	94	65	9 44	115	
÷16	98	66	48	116	
17	99 0	67	GG. 83. 108 - FORT	117	
18	100 2	68	121	118	
19	101 0	69	128	119	
20	102 U	70	129	120	
21	103 0	71	130 W	121	
22	104 0	72	131 2	122	
-23	105 4	73	132 0	123	
24	106 2	74	133 2	124	
25	107	75	134 2	125)
26	23 8	76	135 2	126	
27	25 2	77	136 U	127	,
28	24 0	78	134 3	128	·
29	28 2	79	138 0	129)
30	29 0	_ 80	SEAN DU ALLO GARD	130)
31	30 3	81	33	1 3 1	
32	32 32	82	34	132	
33	48	83	35	133	· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·
34	<u> </u>	_ 84	36 4	_ 134	·
35	51	_ 85	38	_ 135) <u></u>
36	52 10	86	<u>39 ¢</u>	136	· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·
37	<u>53 K</u>	_ 87	1 _ ht é	137	
38	54 -2	88	<u> </u>	138	3
. 39	55 8	89	43	_ 139	
40	56 @	90	44 4	_	
41	54 ~	91	45 - 6	-1;	
42	<u>58 v</u>	92	41.A.	_	
43	59 3	93	124.A	.	
44	60 0	- 94	126 A.W	-dB	
45	61	9	126 . 8. 2	6	
•6	62	96	126 C.	2	
47	GG T3. 12 5	- 9	ن وما	1	
48	13 y 2	- 98	110 2	-1	
49	1422	99	<u><u><u></u></u><u></u><u></u><u></u><u></u><u></u><u></u><u></u><u></u><u></u><u></u><u></u><u></u><u></u><u></u><u></u><u></u><u></u></u>		
5 0	<u>ک ت کلان</u>	10		1	



· Carte de positionnement et d'échantillonnage pour l'étude de l'évolution de la matière organique.

* \$ ETUDE : M5134A * GONZALES \$ *

* EDITION DU BULLETIN D'ANALYSES * ************************************

DEPUIS LE 02-FEV-1984 : QUELQUES MODIFICATIONS DANS LES LIMITES SUPERIEURES

ELEMENTS	LINITES INFERIEURES	LIMITES SUPERIEURES
5102	DE DOSABILITE 1.00 %	DE DOSABILITES
AL203 (AL2)	x) 1.00 ž	100.00 2
FE203 (FE2)	X) 1.00 Z	
MGO	1.00 ž	50.00 %
K20	0.50 %	20.00 %
TI02	0.01 %	20.00 % 35.00 %
F205	100. G/T	80000. G/T
		40000, G/T 3500, G/T
B	10. G/T	13000, G/T
V	10. G/T	40000. G/T
	5. G/T	25000. G/T
NI	10. G/T	18000. G/T
Cu	5. 6/1	8000. G/1
+++++++++++++++++++++++++++++++++++++++	+++++++++++++++++++++++++++++++++++++++	*********
+ ALTENTIUN: LES	RESULTATS PHOSPHORE ONT TOUJOUR	RS ETE FOURNIS EN P205 +
*********		*****

REMARQUE:

I.C.P.

UNE VALEUR EGALE A LA LIMITE INFERIEURE DE DOSABILITE DOIT ETRE CONSIDEREE COMME INFERIEURE DU EGALE A LA LINITE UNE VALEUR EGALE À LA LIMITE SUPERIEURE DE DOSABILITE DOIT ETRE CONSIDEREE COMME SUPERIEURE OU EGALE A LA LIMITE

LES CONCENTRATIONS SONT DETERMINEES PAR RAFPORT A UN ECHANTILLON EVENTUELLEMENT DEBARRASSE DE SA MATIERE ORGANIQUE.

LES ELEMENTS HAJEURS SONT DONNES AVEC UNE PRECISION DE 5 % RELATIVE EN MILIEU DE GAMME ET LES ELEMENTS TRACES AVEC 10 Z DANS LES MEMES CONDITIONS.

TOUTE VALEUR SUPERIEURE A LA LIMITE DE DOSABILITE PEUT ENTRAINER UNE INTERFERENC NON CONTROLEES SUR L'UN QUELCONQUE DES AUTRES ELEMENTS.

LES RESULTATS DE CETTE ETUDE SONT STOCKES SUR VAX DANS UNE DIRECTORIE ACCESSIBLE PAR LE DEMANDEUR (FICHIER IMAGE-CARTE OU FIESTA) (RENSEIGNEMENTS: A.MABILLE SGN-MGA FOSTE 3998)

BRGM/SGN/MGA

LE 27-MAR-84 A 09:20:45 Fage NO : 1

$\begin{array}{c c c c c c c c c c c c c c c c c c c $
$\begin{array}{cccccccccccccccccccccccccccccccccccc$
$\begin{array}{cccccccccccccccccccccccccccccccccccc$

BRGM/SGN/MGA

LE 27-MAR-84 A 09:20:47 PAGE NO : 2

INDR S	sio2 A	L2X	FE2X	CA0	===== Mg0	K20	MND	TI02	P205	LI	BE	B	V	CR	CO	NI	CU
INDR 9 0051 10052 11 0052 20054 11 0055 10055 10055 10055 10055 10055 10055 10055 100057 100057 100057 100057 100057 100057 100057 100055 100057 1000057 100057 10000057 100057 100057 100057 100057 10000057 100057	A = 2 = 5 =	= L=74546611221161212815001	FE2:3961341070005000302001	= = 9215355973786924740234 = 0 = • • • • • • • • • • • • • • • • •	======================================	IIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIII	MN0 -0.010 0.120 -0.010 0.190 0.190 0.140 0.190 0.140 0.100 -0.010 -0.010 -0.010 -0.010 -0.010 -0.010 -0.010 -0.010 -0.010 -0.010 -0.010 -0.010 -0.010 -0.010 -0.010 -0.010 -0.017 -0.010 -0.017 -0.010 -0.050 -0.00	TID2 TID2 TID2 TID2 TID2 TID2 TID2 TID2	P205 1045. 1040. 903. 494. 788. 451. 152. 551. 422. 551. 400. 1338. 721. 526. 462. 1417. 423. 492. 544.	LI 38. -10	= B=	$\begin{array}{c} B \\ + 1 \\ -10 \\ -10 \\ -10 \\ 58 \\ -10 \\ -1$	V 58. 27. 31. 36. -10. 117. 24. 15. 60. 12. 143. 53. -10. 28.	CR 43. 19. 37. 22. 36. 10. 13. 14. -10. 42. -10. 48. -10. 42. -10. 43. -10. 25.		NI 52. 24. 26. 18. -10. -10. -10. -10. -10. -10. -10. -10	CU 29, 13, 12, 14, 6, 7, 9, 9, 12, 14, 6, 7, 9, 12, 14, 15, 12, 14, 14, 14, 14, 14, 14, 14, 14, 14, 14
00774 00775 00775 007778 007778 00081 00885 008856 000885 000885 0009995 0009995 0009995 0009995 00095 00095 00095 00000000	1 322 1 9 6 4 3 3 9 5 1 2 3 8 1 1 1 5 2 2 4 4 1 1 6 0 3 1 4 6 2 8 - 1 1 1 1 1 6 0 3 1 4 6 2 8 - 1 1 1 1 1 1 6 0 3 1 4 6 2 1 1 1 1 1 2 3 1 1 1 6 2 1 1 1 1 1 2 3 1 1 1 6 2 1 1 1 1 2 3 1 1 1 6 2 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1	52612111111111112 5261212111111111111111	21114411100900037040082360000	1282369678280665637669225776575165032801077647278627930	16994 16994 15994 16994 16994 16994 169970 219970 21	いいいていいいいいいいいいいいいいいいいいいいいいいいいいいいいいいいいい	$\begin{array}{c} 0.080\\ 0.070\\ -0.010\\ 0.070\\ 0.050\\ 0.050\\ -0.010\\ -0.010\\ -0.010\\ -0.010\\ -0.010\\ -0.010\\ -0.010\\ -0.010\\ 0.050\\ 0.040\\ 0.050\\ 0.040\\ 0.030\\ -0.010\\ 0.040\\ 0.030\\ -0.010\\ 0.040\\ 0.040\\ 0.030\\ -0.010\\ -0.00\\ -$	29114856324324253694324571130 0.000000000000000000000000000000000	580, 2098, 2098, 2098, 2098, 2098, 2099, 2090, 2090, 2090, 2090, 2090, 2090, 2090, 2090, 2090, 2090, 2090, 2090, 2090, 2090, 2098, 2097, 2007, 2007, 2007, 2007, 2007, 2007, 2007, 2007, 2007, 2007, 2007, 2	$\begin{array}{c} -10 \\$		$\begin{array}{c} 35. \\ -10$	340 222.192.162 110.1.22.110 -122.41.160 -109 -102 -110 -	26. 15. 17. -10	ំកំកុំកំកុំកំកុំកំកុំកំកុំកំកុំកំកុំកំ	17, 13, -10, -1	21119790389875679736756745821

BRGM/SGN/MGA

LE 27-MAR-84 A 09:20:52 PAGE NO : 3

=====	=====	======	======	======	=====	=====		=======				******		========	========		222222
INDR	5102	AL2X	FE2X	CAO	MGO	K20	MNO	T102	P205	LI	BE	B	V	CR	CO	NI	CU
0101 0102 0103 0104 0105 0105 0107 0108 0109 0110 0111	31.3 25.2 3.4 1.1 4.5 9.4 1.8 -1.0 -1.0	$\begin{array}{c} 2 \cdot 1 \\ 7 \cdot 4 \\ 1 \cdot 3 \\ -1 \cdot 0 \end{array}$	$\begin{array}{c} 1 \cdot 1 \\ 3 \cdot 4 \\ 1 \cdot 7 \\ -1 \cdot 0 \end{array}$		-1.0 1.6 22.0 1.9 230.7 21.9 19.1 -1.0 -1.0		$\begin{array}{c} -0.010\\ 0.110\\ 0.120\\ 0.020\\ 0.050\\ 0.040\\ 0.040\\ 0.030\\ -0.010\\ -0.010\\ -0.010\end{array}$	0.07 0.32 0.08 0.03 -0.01 -0.01 -0.01 -0.01 -0.01 -0.01	825. 825. 168. 272. 377. 382. 382. 364. 195. 176.	-10. 18, -10. -10. -10. -10. -10. -10. -10. -10. -10. -10. -10. -10.		$\begin{array}{c} -10 \\ 17 \\ -10 \\ -10 \\ -10 \\ -10 \\ -10 \\ -10 \\ -10 \\ -10 \\ -10 \\ -10 \\ -10 \\ -10 \\ \end{array}$	20. 53. 13. 15. 13. -10. -10. -10.	16. 37. 13. -10. 13. 12. 14. -10. -10. -10. -10.		$\begin{array}{c} 23 \\ 37 \\ -10 \\ -10 \\ -10 \\ -10 \\ -10 \\ -10 \\ -10 \\ -10 \\ -10 \\ -10 \\ -10 \\ -10 \\ -10 \\ \end{array}$	17. 24. 9. 16. 16. 11. 7. 8. 8.

DEFUIS LE 02-FEV-1784 : QUELQUES MODIFICATIONS DANS LES LIMITES SUPERIEURES

ELEHENTS	LIMITES INFERIEURES DE DOSABILITE	LIMITES SUPERIEURES DE DOSABILITES
ZN	5. G/T	20000. G/T
SR SR	5. 6/1	10000. G/T
Y	20. 6/1	5000. G/T
NB	20. 6/1	15000. G/T
MU AG	0.2 G/T	7500. G/T 300. G/T
CD	2. G/T	5000. G/T
SN	10. G/T	20000. G/T
SB	10. G/T	25000. G/T
BA	10. G/T	4000. G/T
LA	20. G/T	15000. G/T
CE	10. G/T	5500. G/T
W	10. G/T	15000. G/T
FB	10. G/T	6000. G/T
BI	10, G/T	10000. G/T
Zr	20, G/T	13000. G/T

REMARQUE:

UNE VALEUR EGALE A LA LIMITE INFERIEURE DE DOSABILITE DOIT ETRE CONSIDEREE COMME INFERIEURE OU EGALE A LA LIMITE UNE VALEUR EGALE A LA LIMITE SUPERIEURE DE DOSABILITE DOIT ETRE CONSIDEREE COMME SUFERIEURE OU EGALE A LA LIMITE

LES CONCENTRATIONS SONT DETERMINEES PAR RAPPORT A UN ECHANTILLON EVENTUELLEMENT Debarrasse de sa matière organique.

LES ELEMENTS MAJEURS SONT DONNES AVEC UNE PRECISION DE 5 % RELATIVE EN MILIEU DE Gamme et les elements traces avec 10 % dans les memes conditions.

TOUTE VALEUR SUPERIEURE A LA LIMITE DE DOSABILITE PEUT ENTRAINER UNE INTERFERENC NON CONTROLEES SUR L'UN QUELCONQUE DES AUTRES ELEMENTS.

LES RESULTATS DE CETTE ETUDE SONT STOCKES SUR VAX DANS UNE DIRECTORIE ACCESSIBLE Par le demandeur (fichier image-carte ou fiesta)

.

LE 27-MAR-84 A 09:20:5 FAGE NO :

BRGH/SGN/MGA

ł

LE 27-MAR-84 A 09:21:11 PAGE ND : 3

INDR	z=====================================	AS	====== SR	Y	NB	HO	====== AG	====== CD	====== SN	SB	====== BA	LA	CE	======== W 	FB	BI	zzzzzzz ZR
0101	195.	-20.	307.	-20.	-20.	-5.	-0.2	-2.	-10.	-10.	29,	-20.	15.	-10.	43.	-10.	22.
0103	-5.	30.	63.	-20.	-20.	-5,	-0.2	-2: -2:	-10.	-10.	38.	-20.	-10.	-10.	39.	-10.	29.
0105	-5. -5.	53.	47.	-20.	-20. -20.	-5.	-0.2 -0.2	-2.	-10.	-10. -10.	-10. -10.	-20.	-10.	-10.	55. 47.	-10.	-20.
0107	-5.	33. 31.	40.	-20. -20.	-20. -20.	-5.	-0.2	-2.	-10.	11. -10.	-10.	-20. -20.	-10.	-10.	73.	-10.	-20.
0109	8.	-20.	193.	-20.	-20.	-5.	-0.2	-2.	-10.	-10.	-10.	32.	-10.	13.	32.	-10,	-20.
0111	6.	25.	203.	-20.	-20.	-5.	-0.2	-2.	-10.	-10.	-10.	37.	-10.	-10.	44.	-10,	-20.

5-Plan de positionnement des prélèvements pour les analyses de mercure dans la zone Combescure - La Ferrière. par J.LETALENET , J.F.SUREAU et A.COUMOUL

(planche hors texte)

.

•

6-Résultats analytiques du mercure dans les sols reportés sur la grille de prélèvement Combescure La Ferrière. par J.LETALENET , J.F.SUREAU et A. COUMOUL

(planche hors texte)

.

,

•

7- Résultats de l'analyse chimique des sulfures des minerais de Pallières - Joseph. par J.F.SUREAU

.

		Corbée diselecce eresite
I	ng 04 i pyrite	corbes diactases granite
2	CP1 104.25 pyrite	Sondage La croix de Palliéres
3	3773 BSS pyrite	mine de Palliéres
4	HG 84 115 pyrite	mine Joseph
5	CP1 128.4 galène	Sondage La croix de Palliéres
6	220 PAL galène	mine de Palliéres
7	3773 BSS galène	mine de Palliéres
8 •	MA1 galène	mine de Palliéres
9	2727 galène	mine Joseph sud
10	CP1 128.4 blende	Sondage La croix de Palliéres
11	220 PAL blende	mine de Palliéres
12	3773 BSS blende	mine de Palliéres
13	HG 84 33 blende	mine Joseph
14	HG 84 14 pyrite	La Ferrière
15	JF 83 50 pyrite	Fracture granite route Anduze

Echantillons de sulfures analysés pour les éléments majeurs et en traces.

			=====	=====				
NOL.	INDR	GR01	GR02	GR03	FE	CU	PB	ZN
1	95	HGE4	1	FYRT	346.00	0.23	5.60	1,75
2	96	CF1	104.	FYRT	123.00	0.16	2.90	4.00
3	97	BSS	3773	FYRT	410.00	0.04	38,20	16.00
4	99	HG84	115	PYRT	155 .0 0	0.20	2+00	1.25
5	100	CF1	128.	GALN	1.40	0.05	700.00	32.00
5	101	KLAS	220	GALN	0.80	0.03	660.00	5.00
7	102	BSS	3773	GALN	0.70	1.45	760,00	3.50
3	103	KLAS	MA1	GALN	2.00	0.12	620.00	15.50
9	104	BSS	2727	GALN	10,00	8.44	530,00	9.00
10	105	CF1	128.	BLEN	34.00	0.03	18.00	540.00
11	106	KLAS	220	BLEN	31,50	0.06	2.00	435.00
12	107	BSS	3773	BLEN	30.00	0.26	30.00	575.00
13	110	HG84	33	BLEN	5.00	0.44	1.00	615,00
14	111	HG84	14	PYRT	348.00	0.02	2.00	1.50
15	112	JF83	50	FYRT	293,00	0.25	5,00	3,00

								_			
NOL·	INDR	AS	AG	SB	CD	C0	GE	SE	NI	 TL	HG
=====			21 50			E 00		1 ^^		210 00	1 660
I	73	2010.00	21.50	187.00	7.00	2.00	2.00	1.00	30.00	210.00	1+000
- 2	95	2423+00	25+30	411+00	13.00	5.00	2.50	1.00	11.50	100.00	245.000
3	97	840.00	26.50	145.00	56.50	6.00	1.00	1.00	30.50	325.00	5.500
4	77	1937.50	35.00	285.00	1.00	5.00	2.00	1.00	25.00	750.00	4.000
5	100	1300.00	211.00	3850.00	113.00	3.00	2.00	1.00	5.00	15.00	0.250
3	101	390.00	120.00	1050.00	113.00	3.00	1,50	1.00	5.00	8.00	2.500
7	102	130.00	35.00	2625.00	37.00	1.00	2.00	1.00	10.00	3.00	0.250
3	103	1133.00	46.00	2500.00	62.00	3.00	2.00	1.00	10.00	3.00	5.500
. 9	104	1,00	31.00	450.00	24.00	10.00	1.00	1.00	1000.00	1.00	1,600
10	105	270.00	27.00	130.00	2500.00	100.00	12,50	1.00	70.00	20.00	5,500
11	106	180.00	22.50	88,50	3100.00	125.00	12.50	1.00	50.00	7.50	25.500
12	107	77.50	37.50	157.50	1750.00	150.00	1.00	1.00	50.00	20.00	27.500
tΞ	110	72.50	14.00	405.00	2750.00	50.00	0.50	1.00	50.00	1.50	17.500
14	111	3415.00	15.00	107.50	2.50	200.00	1.50	1.00	70.00	310.00	17.250
15	112	4705.00	64.00	590.00	8.00	1250.00	2.00	1.00	670.00	150.00	3.000

8- Résultats des analyses isotopiques du carbone de l'oxygène et du strontium des carbonates et des barytines par A.M.FOUILLAC et H.GORZAWSKI

TECHNIQUES ANALYTIQUES

L'obtention du gaz CO₂ des carbonates a été faite par réaction avec de l'acide phosphorique à 100 % suivant la technique classique décrite par Mc CREA (1950).

La présence de matière organique dans ce type d'échantillons oblige à un traitement supplémentaire afin de l'éliminer. Les échantillons ont été lavés avec une solution d'hypochlorite de sodium à 5 % pendant 20 heures, puis rincés à l'eau distillée et séchés à l'étuve à 80° C pendant une nuit. L'extraction du CO₂ des carbonates se fait ensuite classiquement. Cependant, si la matière organique initiale était soufrée, des traces de gaz soufrés peuvent polluer le CO₂ obtenu. Les rapports isotopiques sont alors anormaux. Pour éliminer ces gaz soufrés éventuels, les échantillons de CO₂ ont été passés sur de la laine d'argent portée à 600° C pendant une demi heure (SMITH, CROYFORD, 1975 ; CHAREF, 1983).

Les analyses isotopiques sont faites sur un spectromètre de masse MICROMASS 602 C. Les résultats sont présentes suivant la notation usuelle :

$$\delta = \left(\frac{\frac{R_{\text{échantillon}}}{R_{\text{standard}}} - 1\right) \times 1 \ 000$$

avec

Le standard pour le carbone est le PDB et pour l'oxygène le SHOW. L'erreur analytique est de ± 0,1 % pour les deux éléments.

NOL,	GR02	GR03	GR04	GR05	SR	7-6	D180	P13C	DIV.	
==== 15	້ອອລອອ	HG84	7		********		14.70	-0.40	IA RARADUE FRACTURE SINEMURIEN	::
17		JES	CP1	MINE	*****	0.7116	18.20	0.10	CRAIX DE PALLIERES CP1 104.25m	
18		JES	CP1	HINC	*******	0.7089	21.00	0.30	CROIX DE PALLIERES CP1 104.25m	
19		JES	CP1	MINE	****	0.7089	19.40	~2.80	CROIX DE PALLERES CEL 128.4m D	
20	70L0	JES	CP 1	MTHE	******	0.7088	20.80	0.40	CROIX DE PALLIERES CP1 128.4m	
21	חחוח	JES	CP1		*****	0.7089	21.70	0.60	CROIX DE PALLIERES CP1 128.4m	
22		JES	CP1		79.000	0.7119	14.80	-0.70	CROIX DE PALLIERES CP1 140.55m	
23		JES	CP1		33.000	0.7087	19.80	1.20	CROIX DE PALLIERES CP1 140.55m	
24	DOLO	HG84	28		79.000	0.7107	16.80	-1.40	JOSEPH NORD HET 18 DOL BLANCHE	
25	DOLO	HG84	28		56.000	0.7090	20.88	-0.09	JOSEPH NORD HET 10 DOL BRUNE	
26	DOLO	HG84	28		35,000	0.7083	21.10	0.60	JOSEPH NORD HET IB DOL NOIRE	
27	DOLO	YL83	54		******	0.7093	24.10	2.60	PRADINAS TRIAS 13-6 ROCHE TOT,	
28	DOLO	JFS	7		78.000	0.7082	21.30	2.10	CROIX DE PALLIERES 7 CP1 HET 1 ROCHE TOTALE	
29	DOLO	KLAS	MA1	MINE	******	0,7112	17.90	-0.50	CROIX DE PALLIERES MINERAI MAI	
30	DOLO	HG84	88		******	0.7091	22.10	0.60	JOSEH SUD VX TRAVAUX ROCHE TOT. LOTHARINGIEN	
31	DOLO	JFS	SD2	MINE	*******	0.7103	18.00	0.90	CAZALIS SU2 CARRIERE CALC. +FLUORINE+DOLOMITE	
32	DOLO	KLAS	278	MINE	29.000	0.7103	22.05	2.08	DURFORT-NIVEAU GASTEROPODES MINERALISE	
33	DOLO	KLAS	277A	MINE	114.000	0.7085	19.65	0.02	PALLIERES MINE BOIS NOIRS HET 2	
34	DOLO	YL83	39		59,000	0.7116	17.18	-1.42	JOSEPH DOLO, PSEUDOM, CASO4 NIVEAU CU	
35	DOLO	YL85	51		40.000	0.7110	21.11	-4.01	COL DE BANES BRECHE FAILLE SINE.	h
39	DOLO	HG84	9A	MINE	70.000	0.7114	19,05	-0.54	MINE ROMAN LOTH, DOLO BLANCHE+SULFURES	2
40	IOLO	HG84	9 B		******	0.7333	*****	*****	MINE ROMAN LOTH JOINT ARGILEUX ROCHE	
41	DOLO	YL85	15		66.000	0.7108	19.01	-0.29	LE MARTINET PTS 52 HET, 1C	
42	DOLO	YL85	20		37.000	0.7089	21.39	0.65	RT THOIRAS ROCHE TOT, HET 1C	
43	DOLO	YL85	30		55.000	0.7114	17.12	-1.43	COMRE ESCURE FENTE N105 LOTHARINGIEN	
44	DOLO	KLAS	277R	MINE	80,000	0.7124	17.51	-0.51	FALLIERES MINE BOIS NOIRS D5 cf33	
46	DOLO	YL85	10		29.000	0.7090	22.13	0.77	LE MARTINET PONT HET 1C	
48	DOLO	YL85	11		42.000	0.7095	21.98	0.60	LE MARTINET COUPE PONT HETTANGIEN	
49	DOLO	YL85	16		136.000	0.7126	20.45	-0.15	LE MARTINET COUPE PTS 65-66 HETT, GEODE	
51	DOLO	YL85	1G .		74.000	0.7110	17.99	-0,23	BARAFORT COUPE HETT,GEODE DOLO, BLANCHE	
52	DOLO	YL85	1F		37.000	0.7085	21.79	2.04	BARAFORT COUPE HETT, DOLO, FRANCISCAINE	
53	1101.0	YL85	60		56,000	0,7116	18.06	-0.76	COL DE BANES FRANCISCAINE SINE,	
54	DOLO	YL85	3		132,000	0.7114	16.02	-1.07	BARAFORT COUPE SINEMURIEN FENTE	
56	DOLO	65	H39A		61,000	0,7093	22.54	0.96	RT THOIRAS MARTINET HETTANGIEN 1 ROCHE TOT.	
57	DOLO	65	H39B	•	******	0.7128	*****	*****	RT THOIRAS MARTINET FENTE N70 HETTANGIEN	
62	DOLO	5	H47A		26.000	0.7132	19.53	-0,30	MAISON NEUVE FENTE N57 LOTHARINGIEN	
66	DOLO	JFS	CF1		18.000	0.7096	21.99	0.73	CROIX DE FALLIERES CP1 136,15m roche	
67	DOLO	JFS	CF1		45.000	0.7101	18.19	-0.02	CROIX DE FALLIERES CF1 136.15m DOLO BLANCHE	
68	DOLO	JFS	CP1	MINE	45.000	0,7092	21.37	-0.13	CROIX DE PALLIERES CP1 100.1m	
	DOI O	JF 5	CP1	MINE	113.000	0.7117	18.84	0.77	CROIX DE PALLIERES CP1 74,35m	
69	TOLO									
69 70	DOLO	JFS	CF1	MINE	22.000	0.7103	21.45	-0.10	CROIX DE PALLIERES CP1 55m	

NOL 🕻	GR02	GR03	GR04	GR05	SR	7-6	D180	D13C	DIV.
			=====			- 71A1	nennenn 10 10		INGROPHER CART 15 C.
10	LALL	JF 5			. 122+000	0.7101	13.10	0.00	UURFURI CABS 13.3m
11	CALC	JES	5361		369.000	0.7101	13.00	-4.40	ST JEAN DU GARD GRDE CARRIERE
12	CALC	KLAS	220	MIRE	310.000	0./105	18,30	-4.70	CRUIX BE PALLIERES MINERAL PAL
13	CALC	BSS	3773	MINE	****	0.7104	21.40	-2.60	CRUIX DE PALLIERES MINERAI
14	CALC	JFS	24	MINE	76.000	0.7100	24.70	- 3.00	DURFORT CARRIERE SD2 DOL+FLUORINE
15	CALC	JFS	CF1		300.000	0.7093	20.30	2.00	CROIX DE PALLIERES 14 CP1 ROCHE TOT.
33	CALC	YL 95	34	MINE.	93.000	0.7109	17.78	-1.57	COMRE ESCURE MINERALISATION
37	CALC	YL 85	26		89.000	0.7077	20.81	-2.29	LA BOJSSIERE BATH, FENTE CALC, DOLOMIE SILICIFIEE
38	CALC	YL 85	18	MINE	302.000	0.7120	16.73	0.02	LE MARTINET HET 1C PTS66 GEODE
45	CALC	YL85	2		133.000	0.7118	15.47	0.48	LA SOURIERE LOTH, FENTE
47	CALC	YL 95	54		45+000	0.7092	18.10	-1.95	ST ROMAN FRACTURE NBO HETTANGIEN ARENITES
50	CALC	YL85	17		157.000	0.7095	18.45	-5.89	LE MARTINET COUPE PTS 65-66 HETT, CALCITE POUDRE
55	CALC	AE	9-6		53.000	0.7099	20.25	-7.02	ROC COURBE FENTE N35 HETTANGIEN
58	CALC	5	H46A		773.000	0.7096	20.65	2.31	MAISON NEUVE FENTE N21 LOTH, COL DE BANES
59	CALC	5	H46B		129.000	0.7095	22.16	-0.15	MAISON NEUVE FENTE N21 LOTH. COL DE BANES
60	CALC	5	H39		102.000	0.7109	13.87	-2.74	RT THOIRGS MARTINET FENTE N120 HETTANGIEN
61	CALC	80	H43C		288.000	0,7126	19.61	0.74	MAISON NEUVE FENTE N140 LOTHARINGIEN
63	CALC	5	H47B		209.000	0.7102	13.46	-1.34	MAJSON NEUVE FENTE N20 LOTHARINGIEN
64	CALC	5	H47C		114.000	0.7088	24.85	-0.10	MAISON NEUVE LOTH ROCHE TOT, RESIDU 0,71918 RB 58ppm
65	CALC	HG84	6		168.000	0.7119	15.81	-1.40	JOSEPH VIELLE ROUTE ANDUZE SINE, FENTE

· ·

9-Résultats des analyses isotopiques du plomb des minerais et des roches de la bordure sous-cevenole. par J.Y.CALVEZ et E.MARCOUX

,

GEOCHIMIE ISOTOPIQUE DU PLOMB

a) Les données antérieures

La géochimie isotopique du plomb en Cévennes n'a été abordée que sporadiquement par les travaux de Lancelot et al. (1971), A. Charef (1983) et O. Brévart et al. (1982) pour les minéralisations et par ceux de A. Michard-Vitrac et al. (1982) pour les roches.

b) Choix des échantillons et prélèvements

Les analyses isotopiques du plomb des minéralisations ont essentiellement porté sur des galènes, auxquelles se sont ajoutées quelques pyrites et quelques blendes. Le choix des échantillons analysés découle des études minéralogiques puisqu'il s'est efforcé de prendre en compte les différents types de minerai recencés : karstique, massif, remobilisé, concrétionné, etc. Ainsi, dans le gite de La Croix de Pallières les analyses ont porté sur le minerai précoce à pyrite concrétionnée (Aubague et al., 1980) et sur le minerai plus tardif de l'amas.

Les analyses isotopiques du plomb des roches ont porté sur les principales formations géologiques régionales : socle métamorphique (gneiss et quartzite feldspathique), granites du Mont-Lozère (feldspaths potassiques et roches totales) et de Pallières, (satellite du massif du Mont Aigoual), série sédimentaire non métamorphique (dolomie du Georgien, argilite du Rhétien, arkose du Trias).

c) Technique analytique

Les minéraux plombifères (galène) ont été prélevés sur section polie et sous microscope métallographique à raison de 1 à 2 mg par échantillon. Après une dissolution dans HBr supra pur et une reprise par HNO3 supra pur, on procède à une dilution puis à une évaporation. Le résidu sec obtenu est ensuite repirs par H3PO4. 3 ul de la solution ainsi obtenue (soit environ 300 ng de Pb) sont chargés sur un filament de rhénium (40 u) avec 3 ul de l'activateur silicagel, et placés dans un spectromètre de masse Finnigan MAT 261.

Les sulfures non plombifères (pyrite, blende) sont prélevés à raison de 200 mg par échantillon et dissous dans un mélange 1 : 1 de HNO3 7N et HCl 6N. Après évaporation et reprise par HBr 1N, les solutions sont passées sur des résines échangeuses d'ions AG 1-8X (200 mesch). Le plomb est alors élué avec HCl 6N et purifié par un second passage sur résine. Le résidu sec obtenu subit ensuite les mêmes opérations que les sulfures plombifères.

Les feldspaths et les roches totales suivent une procédure analytique identique à celles des pyrites excepté pour la mise en solution qui s'opère dans un mélange HF + HNO₃ + HClO₄.

L'erreur analytique attachée à chaque mesure est comprise entre 0,15 % et 0,36 % par unité de masse. La reproductibilité (erreur analytique externe) mesurée par analyses répétées du standard NBS 982 varie de 0,29 % à 0,37 % par unité de masse.

Le fractionnement est très constant et voisin de 1,25 % par unité de masse. Tous les résultats énoncés sont corrigés en fonction de cette valeur de fractionnement.



NOLL GR01 GR02 GR02 GR02 GR05 GR06 GR06 GR06 G-4 7-4 8-4 01V. 1 EGEM JFS GALE FALE CEVN PALE 18 652 15.711 36.712 CDL DU PUIT SP28563 2 SPECH JFS GALE DARC CEVN PALE 18 654 15.673 38.513 GVEAT VERNISSIERE 5 SPECH JFS GALE DARC CEVN PALE 18 654 15.673 38.513 GVEAT VERNISSIERE 5 SPECH JFS GALE CALC CEVN PALE 18 654 15.673 38.513 GVEAT VERNISSIERE 5 SPECH JFS GALE FALE CEVN PALE 18 654 15.573 58.317 OKEAPH EXE ST2775 5 SPECH JFS GALE FALE CEVN PALE 18 654 15.549 15.573 FALIERES SPECT775 5 SPECH JFS GALE FALE CEVN PALE 18 654 15.549 15.573 FALIERES SPECT775 5 SPECH JFS GALE FALE CEVN PALE 18 654 15.549 15.573 FALIERES SPECT775 5 SPECH JFS GALE FALE CEVN PALE 18 654 15.549 15.553 88.737 FALIERES SPECT775 5 SPECH JFS GALE FALE CEVN PALE 18 654 15.553 15.700 68 759 FALIERES ANAS MEN PALE 10 BRCM JFS GALE HEJS CEVN AUTH 18.402 15.6640 38.668 B015 MADARE MINE VAE 11 BRCM JFS GALE GR02 CEVN PALE 18 650 15.6507 38.546 B015 MADARE MINE VAE 11 BRCM JFS GALE GR02 CEVN PALE 18 6450 15.6507 38.540 DESSOUTCOUS SPE 22400 14 BRCM JFS GALE GR02 CEVN PALE 18 6450 15.6507 38.540 DESSOUTCOUS SPE 2240 15 SPECH JFS GALE GR02 CEVN PALE 18 6450 15.6507 38.540 FRLIERES SPE 2734/4G31 15 SPECH JFS GALE FALE CEVN PALE 18 6450 15.6507 38.540 FRLIERES SPE 2734/4G31 15 SPECH JFS GALE FALE CEVN PALE 18 6450 15.6507 38.540 FRLIERES SPE 2734/4G31 15 SPECH JFS GALE FALE CEVN PALE 18 6450 15.6507 38.540 25 FPG SPEV GALE FALE CEVN PALE 18 6450 15.6507 38.540 25 FPG SPEV GALE FALE CEVN PALE 18 6450 15.6507 38.540 25 FPG SPEV GALE FALE CEVN PALE 18 6450 15.6507 38.540 25 FPG SPEV GALE FALE FALE CEVN PALE 18 6450 15.6507 38.540 25 FPG SPEV GALE FALE FALE CEVN PALE 18 6.500 15.6507 38.540 25 FPG SPEV GALE FALE FALE CEVN FALE 18 6.501 15.5407 38.540 25 FPG SPEV GALE FALE FALE CEVN FALE 18 6.501 15.5407 38.540 25 FPG SPEV GALE FALE FALE CEVN FALE 18 6.501 15.5407 38.540 25 FPG SPEV GALE FALE FALE CEVN FALE 18 6.501 15.5407 38.540 25 FPG SPEV GALE FALE FALE CEVN FALE 18 6.501 15.5407 38.540 25 FPG SPEV GALE FALE FALE CEVN FALE 1			.===:			*****		109 =========	*******		*************************
<pre>1 Except Field Construction Field Construction</pre>	NOL.	GRO1	GR02	6R03	GR04	6R05	GR06	6-4	7-4	8-4	DIV.
1 BERGH JFS GALE FOR CEWN APLE 18 18 19 14 14 15 657 38 52 0FS VFTA2 1057 0FS 188 188 05 0FF VFTA2 1057 0FS 188 188 05 0FF VFTA2 1057 0FS 188 157 0FS GALE DUR? CEWN AUTR 18 454 115 657 38 515 0VERA VERNISSIERE 5 0FS	*===:										
S BREM JFS GALE DURG CEWN AUTR 18 4451 15 647 38 551 6VEM VERNISSIERE 5 BREM JFS GALE PALE CEWN PALE 18 450 15 673 38 551 6VEM VERNISSIERE 5 BREM JFS GALE FALE CEWN PALE 18 643 15 673 38 551 6VEM VERNISSIERE 5 BREM JFS GALE FALE CEWN PALE 18 643 15 720 38 655 PALLIERES AMAG MW P721 5 BREM JFS GALE FALE CEWN PALE 18 643 15 720 38 655 PALLIERES MINE P721 FILD 10 BREM JFS GALE FALE CEWN PALE 18 643 15 720 38 655 PALLIERES MINE P721 FILD 10 BREM JFS GALE FALE CEWN PALE 18 642 15 663 38 454 6015 MADAME MINE VAB 11 BREM JFS GALE FALE CEWN PALE 18 642 15 663 38 656 E015 MADAME MINE VAB 11 BREM JFS GALE FALE CEWN PALE 18 650 15 669 68 045 6015 MADAME MINE VAB 11 BREM JFS GALE FALE CEWN PALE 18 650 15 669 68 045 6FE LA PARDE 58 3773 HGA1 17 BREM JFS GALE GENE CEWN PALE 18 650 15 609 68 045 FALLIERES S1773 HGA1 17 BREM JFS GALE GENE CEWN PALE 18 650 15 609 68 045 FALLIERES S1773 HGA1 17 BREM JFS GALE GENE CEWN PALE 18 650 15 609 68 046 FALL FREES 58 3773 HGA1 17 BREM JFS GALE GENE CEWN PALE 18 650 15 643 38 462 FFELE APARDE 59 4210 18 BREM JFS GALE FLE CAWS AUTH 18 6450 15 645 38 462 FFELES APROLE VARST 1407 18 BREM JFS GALE FLE GALE CEWN PALE 18 650 15 660 38 454 601 50 FALLIERES 276 59 38 391 HMAN 22 FFE BREV GALE FLE CAWS AUTH 18 650 15 640 38 544 50 FALLIERES 276 59 38 391 HMAN 22 FFE BREV GALE FLE GAUS AUTH 18 550 15 640 38 540 50 FFE PALLIERES 276 59 38 391 HMAN 22 FFE BREV GALE FLE GAUS AUTH 18 520 15 640 38 540 50 FFE BREV GALE FLE GAUS AUTH 18 520 15 640 38 540 50 FFE BREV GALE FLE GAUS AUTH 18 520 15 640 38 540 51 FFE BREV GALE FLE GAUS AUTH 18 520 15 640 38 550 52 FFE BREV GALE FLE GAUS AUTH 18 520 15 640 38 540 51 FFE BREV GALE FLE GAUS AUTH 18 520 15 640 38 540 51 FFE BREV GALE FLE GAUS AUTH 18 520 15 640 38 540 51 FFE BREV GALE FLE GAUS AUTH 18 520 15 650 38 570 51 FFE BREV GALE FLE CEWN AUTH 18 520 15 640 38 540 51 FFE BREV GALE FLE CEWN AUTH 18 520 15 650 38 540 51 FFE BREV GALE FLE CEWN AUTH 18 520 15 650 38 540 51 FFE BREV GALE FLE CEWN AUTH 18 520 15 650 38 540 51 FFE BREV GALE FLE CEWN AUTH 18 520	2	BRGM	JES	GALE	TOSE	CEVN	PALE	18 581	15 696	38.712	GRES TRIAS JOSE SE36188
4 BRCM JFS GALE DUP? CEVN AUTE 16.620 15.673 38.513 GVERA VERNISSIENE 5 BRCM JFS GALE FALE CEVN FALE 18.543 15.683 30.703 FALLIERES BSS 3773.4 FALLIERES BSS 3773.4 FALLIERES AM65 MUR P272 6 BRCM JFS GALE FALE CEVN FALE 18.543 15.693 30.703 FALLIERES BSS 3773.4 FALLIERES AM65 MUR P272 6 BRCM JFS GALE FALE CEVN FALE 18.543 15.700 30.739 FALLIERES MAGS MUR P300 10 BRCM JFS GALE FALE CEVN FALE 18.620 15.700 30.739 FALLIERES MAGS MADATE HINE VAE 11 BRCM JFS GALE FALE CEVN FALE 18.625 15.660 38.458 F015 MADATE HINE VAE 12 BRCM JFS GALE FALE CEVN FALE 18.545 15.660 38.458 5015 MADATE HINE VAE 13 BRCM JFS GALE FALE CEVN FALE 18.545 15.660 38.458 JUBERH BSS 2727 MAG 13 BRCM JFS GALE FALE CEVN FALE 18.545 15.660 38.458 JUBERH BSS 2727 MAG 14 BRCM JFS GALE FALE CEVN FALE 18.545 15.667 38.457 JUBERS BSS 373.4041 15 BRCM JFS GALE FALE CEVN FALE 18.545 15.667 38.457 JUBERS BSS 373.4041 15 BRCM JFS GALE CEV CAUS AUTR 18.459 15.647 38.457 JUBERS BSS 373.40431 15 BRCM JFS GALE FALE CEVN FALE 18.542 15.647 38.547 JUBERS BSS 373.40431 15 BRCM JFS GALE FALE CEVN FALE 18.542 15.647 38.547 CAUSE SUBS 373.40431 15 BRCM JFS GALE FALE CEVN FALE 18.542 15.650 38.430 22 IFG BREV GALE FALE CAUS AUTR 18.650 15.650 38.430 23 JPG FREV GALE FALE CAUS AUTR 18.550 15.640 38.530 24 IFG BREV GALE FALE CAUS AUTR 18.550 15.640 38.530 25 IFG BREV GALE FALE ARE ARDE AUTR 18.550 15.640 38.530 25 IFG BREV GALE LARG ARDE AUTR 18.550 15.640 38.530 25 IFG BREV GALE LARG ARDE AUTR 18.550 15.640 38.530 25 IFG BREV GALE LARG ARDE AUTR 18.550 15.640 38.530 25 IFG BREV GALE LARG ARDE AUTR 18.500 15.650 38.500 27 IFG BREV GALE LARG ARDE AUTR 18.500 15.650 38.500 27 IFG BREV GALE LARG ARDE AUTR 18.500 15.650 38.500 27 IFG BREV GALE LARG ARDE AUTR 18.500 15.650 38.500 27 IFG BREV GALE LARG ARDE AUTR 18.500 15.650 38.500 27 IFG BREV GALE LARG ARDE AUTR 18.500 15.650 38.500 27 IFG BREV GALE LARG ARDE AUTR 18.500 15.650 38.500 27 IFG BREV GALE VILL CAUS AUTR 18.600 15.670 38.400 27 IFG BREV GALE VILL CAUS A	3	BRGM	JFS	GALE	DURF	CEVN	AUTR	18.461	15.687	38.531	GVER4 VERNISSIERE
 5 BRAM JRS GALE PALE CEVE PALE 18 S77 15 6 S3 38 754 PALLERS AMAG SUNCE P22 6 BRAM JRS GALE PALE CEVE PALE 18 S43 15 6 S73 373 735 JOSEPH RES DS 377375 7 BRAM JRS GALE PALE CEVE PALE 18 S43 15 700 38 735 JOSEPH RES DS 377375 7 BRAM JRS GALE PALE CEVE PALE 18 S43 15 700 38 735 JOSEPH RES AMAS J TI SUND 10 BRAM JRS GALE MEXA CEVA NUTR 18 A42 15 660 38 456 BOIS MADARE NINE VAS 11 BRAM JRS GALE MEXA CEVA NUTR 18 A42 15 660 38 456 BOIS MADARE NINE VAS 12 BRAM JRS GALE ALES CEVA NUTR 18 A42 15 660 38 456 BOIS MADARE NINE VAS 13 BRAM JRS GALE GELE CEVE PALE 18 S15 15 679 38 605 JOSEPH ALE CEVE PALE 18 S50 15 660 38 456 BOIS MADARE NINE VAS 18 BRAM JRS GALE ALES CEVA NUTR 18 A50 15 646 FALL GEVE CEVE PALE 18 S50 15 640 38 457 SMES JAN JAN JAN JAN JAN JAN JAN JAN JAN JAN	4	BRGM	JFS	GALE	DURF	CEVN	AUTR	18,460	15.673	38.513	GVER4 VERNISSIERE
b Photo Jr.S. GALE PALE Let 13 15. Borgo 39. 793 MALLENES DS. 774/75 S BEGN Jr.S. GALE PALE DEVEN DEVEN<	5	BRGM	JFS	GALE	PALE	CEVN	FALE	18.577	15.693	38.754	PALLIERES AMAS MUR P272
1 BEGN UP: GALE PALE CEVN PALE 18: 240 18: 700 33: 648 AALTTERES JANE/572 FLUD 10 BRGM UP: GALE PALE CEVN PALE 18: 402 15: 660 36: 458 BOIS MADAME MINE VAS 11 BRGM UP: GALE PALE CEVN AUTR 18: 402 15: 660 36: 458 BOIS MADAME MINE VAS 12 BRCM UP: GALE PALE CEVN AUTR 18: 402 15: 660 36: 645 BOIS MADAME MINE VAS 12 BRCM UP: GALE PALE CEVN PALE 18: 552 15: 660 36: 653 JOSEPA LECKS 272 HG432 13 BRCM UP: GALE PALE CEVN PALE 18: 552 15: 650 36: 657 SECTOR 574 HLUN 16 BRCM UP: GALE PALE CEVN PALE 18: 552 15: 640 35: 452 SECTOR 574 HLUN 17 BRCM UP: GALE PALE CEVN PALE 18: 552 15: 640 35: 456 PALLIERES 275 JAGE 274 18 BRCM UP: GALE PALE CEVN PALE 18: 552 15: 640 35: 456 PALLIERES 275 JAGE 275 18 BRCM UP: GALE PALE CEVN PALE 18: 552 15: 640 36: 450 JAGE 474 JAGE 474 JAGE 474 JAGE 474 JAGE 474 JA	5	BRGM	JES	GALE	FALE	CEVN	FALE	18.613	15.695	38.793	PALLIERES ESS 377375
9 BEGM 375 GALE PALE CEVN PALE 18 C23 15 750 759 PALLIERES AMSA 11 BRGM 375 GALE PEAA CEVN AUTR 18 A02 15 660 38 645 BOIS MADAME MINE VBS 12 BRGM 375 GALE EALE CEVN AUTR 18 A57 58 646 BESSUNCIES FALSAO 13 BRGM 375 GALE FALE CEVN APLE 18 540 35 303 SPALLIERES SS 373 MGA3 14 BRGM 375 GALE FALE 18 541 15 645 303 305 SPALLIERES SS 373 MGA3 14 18 33 305 SAULE FALE CEV AAUT 18 30 305 SAULE FALE SAULE FALE SAULE 18 50 30 30 SAULE FALE SAULE FALE FALE SAULE FALE SAULE <td>8</td> <td>BRGM</td> <td>3F3 153</td> <td>GALE</td> <td>PALE</td> <td>CEVN</td> <td>FALE PAIE</td> <td>16,546</td> <td>15.657</td> <td>38.731</td> <td>PALLIERES MINE POTA ETLON</td>	8	BRGM	3F3 153	GALE	PALE	CEVN	FALE PAIE	16,546	15.657	38.731	PALLIERES MINE POTA ETLON
10 BRGM JFS GALE MEJA CEVN AUTR 18.402 15.663 38.454 BOIS MADAME MINE VAG 12 BRGM JFS GALE ALES CEVN AUTR 18.429 15.670 38.664 BESSUURIDES SP 42300 13 BRGM JFS GALE ALES CEVN AUTR 18.459 15.670 38.664 BESSUURIDES SP 42300 14 BRGM JFS GALE GALE CEVN FALE 18.650 15.690 38.943 GRES LA PARADE SP43117 15 BRGM JFS GALE GALE CEVN FALE 18.630 15.690 38.943 GRES LA PARADE SP43117 16 BRGM JFS GALE GALE CEVN FALE 18.630 15.690 38.942 GRES LA PARADE SP43117 17 BRGM JFS GALE CEVN FALE 18.630 15.690 38.422 GRES LA PARADE SP43117 18 BRGM JFS GALE CEVN FALE 18.521 15.640 38.427 MGES LA PARADE SP43117 18 BRGM JFS GALE CEVN FALE 18.532 15.640 38.427 MGES LARGET TISI 18 BRGM JFS GALE CEVN FALE 18.532 15.640 38.427 MGES SP431191 MIN 21 FFG BREV GALE FIGA CAUS AUTR 18.3660 15.640 38.421 TREVES AUGUL KARST TISI 18 BRGM JFS GALE FALE CEVN FALE 18.532 15.641 38.540 22 FFG BREV GALE FIGA CAUS AUTR 18.560 15.640 38.640 23 FFG BREV GALE FIGA CAUS AUTR 18.560 15.640 38.640 24 FFG BREV GALE FIGA CAUS AUTR 18.520 15.640 38.640 25 FFG BREV GALE FIGA CAUS AUTR 18.520 15.640 38.540 25 FFG BREV GALE MILE ARG ADDE AUTR 18.520 15.640 38.540 25 FFG BREV GALE MILE LARG ADDE AUTR 18.520 15.640 38.550 25 FFG BREV GALE MILE LARG ADDE AUTR 18.520 15.640 38.550 25 FFG BREV GALE MILE CAUS AUTR 18.520 15.640 38.550 30 FFG BREV GALE MILE CAUS AUTR 18.520 15.640 38.560 31 FFG BREV GALE MILE CAUS AUTR 18.520 15.640 38.560 32 FFG BREV GALE MILE CAUS AUTR 18.520 15.640 38.560 33 FFG BREV GALE MILE CAUS AUTR 18.520 15.640 38.560 34 FFG BREV GALE MILE CAUS AUTR 18.520 15.640 38.560 35 FFG BREV GALE MILE CAUS AUTR 18.520 15.650 38.540 34 FFG BREV GALE MILE CAUS AUTR 18.520 15.650 38.540 35 FFG BREV GALE MILE CAUS AUTR 18.520 15.650 38.540 35 FFG BREV GALE MILE CAUS AUTR 18.520 15.650 38.540 35 FFG BREV GALE MILE CEVN FALE 18.520 15.650 38.540 35 FFG BREV GALE MILE CEVN FALE 18.520 15.650 38.540 35 FFG BREV GALE MILE CEVN FALE 18.520 15.650 38.540 35 FFG BREV GALE MILE CEVN FALE 18.520 15.650 38.540 35 FFG BREV GALE MILE CEVN FALE	š	BRGM	JFS	GALE	PALE	CEVN	PALE	18.623	15.700	38.793	PALLIERES AMASI P11 SOND
11 BEGN JPS GALE MEIA CEW AUTR 18.402 12 BEGN JPS GALE ALE SCEWN AUTR 18.402 13 BEGN JPS GALE ALE SCEWN FALE 14 BEGN JPS GALE FALE CEWN FALE 15 BEGN JPS GALE FALE CEWN FALE 15 BEGN JPS GALE FALE CEWN FALE 16 BEGN JPS GALE FALE CEWN FALE 18 Stat 16 BEGN JPS GALE FALE CEWN FALE 18 Stat 17 BEGN JPS GALE TREV CAUS AUTR 18 Stat 18 Stat 18 Stat 19 BEGN JPS GALE TREV CAUS AUTR 18 Stat 19 BEGN JPS GALE FALE CEWN FALE 18 Stat 19 BEGN JPS GALE TREV CAUS AUTR 18 Stat 19 BEGN JPS GALE FALE CEWN FALE 18 Stat 20 Stat 21 FS BERV GALE FALE CEWN FALE 18 Stat 21 FS BERV GALE FALE CAUS AUTR 18 Stat 21 FS BERV GALE FALE CAUS AUTR 18 Stat 21 FS BERV GALE FALE CAUS AUTR 18 Stat 22 IFS BERV GALE FALE CAUS AUTR 18 Stat 23 FS BERV GALE FALE CAUS AUTR 18 Stat 24 IFS BERV GALE CAUS AUTR 18 Stat 25 IFS BERV GALE CAUS AUTR 18 Stat 26 IFS BERV GALE CAUS AUTR 18 Stat 27 IFS BERV GALE CAUS AUTR 18 Stat 28 JFS BERV GALE CAUS AUTR 18 Stat 29 IFS BERV GALE CAUS AUTR 18 Stat 20 IFS BERV GALE CAUS AUTR 20 Stat 20 IFS BERV GALE FALE CEWN FALE 20 Stat 20 IFS BERV GALE CAUS AUTR 20 STAT 20 STAT 20 STAT 20 STAT 20 STAT	10	BRGM	JFS	GALE	MEJA	CEVN	AUTR	18,402	15.663	38.454	BOIS MADAME MINE VAS
12 BHGH JFS GALE FALE CEVN FAULE 18 530 15 660 36 C33 USEN LESS 37 HG432 14 BHGH JFS GALE FALE CEVN FALE 18 530 15 636 36 C33 USEN LARUS 577 HG432 15 BHGH JFS GALE FALE CEVN FALE 18 6530 15 636 38 772 GRES MULLARS 577 HG431 17 BHGH JFS GALE FALE CEVN FALE 18 640 15 645 38 040 FALLERES 505 3773 HG31 17 BHGH JFS GALE FALV CAUS AUTR 18 386 15 640 38 042 TREVES ARGIEL (ARGS T 1407 18 BHGH JFS GALE FALV CAUS AUTR 18 386 15 640 38 042 TREVES ARGIEL (ARGS T 1407 19 BHGH JFS GALE FALV CAUS AUTR 18 386 15 640 38 042 TREVES ARGIEL (ARGS T 1407 19 BHGH JFS GALE FALV CAUS AUTR 18 386 15 640 38 042 TREVES ARGIEL (ARGS T 1407 19 BHGH JFS GALE FALV CAUS AUTR 18 350 15 661 38 050 38 047 19 BHGH JFS GALE FALV CAUS AUTR 18 550 15 640 38 040 24 FFS BERV GALE FIG CAUS AUTR 18 550 15 640 38 040 25 FFS BERV GALE FIG CAUS AUTR 18 510 15 570 38 650 26 FFS BERV GALE FIG CAUS AUTR 18 040 15 650 38 040 27 FFS BERV GALE FIG CAUS AUTR 18 040 15 650 38 040 28 FFS BERV GALE FIG CAUS AUTR 18 040 15 650 38 040 29 FFS BERV GALE FIG CAUS AUTR 18 040 15 650 38 040 20 FFS BERV GALE VILL CAUS AUTR 18 040 15 650 38 040 20 FFS BERV GALE VILL CAUS AUTR 18 040 15 650 38 040 20 FFS BERV GALE VILL CAUS AUTR 18 040 15 640 38 050 20 FFS BERV GALE VILL CAUS AUTR 18 040 15 640 38 040 21 FFS BERV GALE VILL CAUS AUTR 18 040 15 640 38 040 21 FFS BERV GALE FILL CAUS AUTR 18 040 15 640 38 040 21 FFS BERV GALE FILL CAUS AUTR 18 040 15 640 38 040 21 FFS BERV GALE FEV CAUS AUTR 18 040 15 650 38 040 21 FFS BERV GALE FEV CAUS AUTR 18 040 15 650 38 040 21 FFS BERV GALE FEV CAUS AUTR 18 040 15 650 38 040 21 FFS BERV GALE FEV CAUS AUTR 18 040 15 570 38 040 21 FFS BERV GALE FEV CAUS AUTR 18 040 15 570 38 040 23 FFS BERV GALE FEV CAUS AUTR 18 040 15 570 38 040 24 CFFS CHAR GALE MALT TEN AUTR 18 040 15 570 38 040 25 FFS BERV GALE FALV CAUS AUTR 18 040 15 570 38 040 25 FFS BERV GALE FALV CAUS AUTR 18 040 15 570 38 040 25 FFS BERV GALE FALV CAUS AUTR 18 040 15 570 38 040 25 FFS BERV GALE FALV CAUS AUTR 18 045 15 560 38 540 25 FFS BERV GALE FA	11	BRGM	JFS	GALE	MEJA	CEVN	AUTR	18.402	15.660	38,458	BOIS MADAME MINE VB5
12 BORN UTS GALE CENE CENN PALE 15 BORN UTS GALE CENE CENN PALE 16 BORN UTS GALE CENE CENN PALE 17 BORN UTS GALE CENE CAN PALE 18 BORN UTS GALE TREV CANS AUTR 18.444 18 BORN UTS GALE TREV CANS AUTR 18.454 17 BORN UTS GALE TREV CANS AUTR 18.385 15 LS 445 GS 4572 GRESS AFGGLE KARST T407 18 BORN UTS GALE TREV CANS AUTR 18.385 15 LS 45 GS 45 CT CENESS AFGGLE KARST T407 18 BORN UTS GALE TREV CANS AUTR 18.385 15 LS 45 GS 45 CT CENESS AFGGLE KARST T407 19 BORN UTS GALE CARS CENN FALE 18 BORN UTS GALE CARS CENN FALE 19 BORN UTS GALE CARS AUTR 18 LS 500 18 LS 40 38 LS 00 20 IFG BORV GALE FIGH CAUS AUTR 18 LS 500 18 LS 40 38 LS 00 21 IFG BORV GALE BIGH CAUS AUTR 18 LS 500 21 IFG BORV GALE BIGH CAUS AUTR 18 LS 500 21 IFG BORV GALE BIGH CAUS AUTR 18 LS 500 21 IFG BORV GALE BIGH CAUS AUTR 18 LS 500 21 IFG BORV GALE BIGH CAUS AUTR 18 LS 500 21 IFG BORV GALE BIGH CAUS AUTR 18 LS 400 21 IFG BORV GALE BIGH CAUS AUTR 18 LS 400 21 IFG BORV GALE BIGH CAUS AUTR 18 LS 400 21 IFG BORV GALE BIGH CAUS AUTR 18 LS 400 21 IFG BORV GALE BIGH CAUS AUTR 18 LS 400 21 IFG BORV GALE BILL CAUS AUTR 18 LS 400 21 IFG BORV GALE BILL CAUS AUTR 18 LS 400 21 IFG BORV GALE CUL CAUS AUTR 18 LS 400 21 IFG BORV GALE CUL CAUS AUTR 18 LS 400 21 IFG BORV GALE CUL CAUS AUTR 18 LS 400 21 IFG BORV GALE CUL CAUS AUTR 18 LS 400 21 IFG BORV GALE CUL CAUS AUTR 18 LS 400 21 IFG BORV GALE CUL CAUS AUTR 18 LS 400 21 IFG BORV GALE CUL CAUS AUTR 18 LS 400 21 IFG BORV GALE CUL CAUS AUTR 18 LS 400 21 IFG BORV GALE CUL CAUS AUTR 18 LS 400 21 IFG BORV GALE MALT CON AUTR 18 LS 400 21 IFG BORV GALE MALT CUN AUTR 18 LS 400 21 IFG BORV GALE MALT CUN AUTR 18 LS 400 21 IFG BORV GALE MALT CUN AUTR 18 LS 400 23 IFG MICH GAWA LC2E GAWA AUTR 18 LS 400 24 IFG BORV GALE MALT CUN AUTR 18 LS 400 25 IFG BORV GALE MALT CUN AUTR 18 LS 400 25 IFG BORV GALE MALT CUN AUTR 18 LS 400 25 IFG BORV GALE MALT CUN AUTR 18 LS	12	BRGM	JES	GALE	ALES	CEVN	AUIR	18.455	15.679	38.604	BESSOURIDES SP 42340
<pre>15 ERGM IPS GALE GENE FEEV PALE 18 ESG 16 .530 16 .630 38 .772 AFES AHOUS SP2341 17 ERGM IPS GALE TREV CAUS AUTR 18 .450 15 .641 38 .042 TREVES AFGLE KARST 1401 17 ERGM IPS GALE TREV CAUS AUTR 18 .450 15 .641 38 .421 TREVES AVGLE KARST 1401 18 ERGM IPS GALE TREV CAUS AUTR 18 .380 15 .640 38 .541 TREVES AVGLE KARST 1411 19 ERGM IPS GALE CON PALE EVEN FALE 18 .522 15 .667 38 .670 CADEVER 3 149 .6M 21 IPS GALE PALE CENN FALE 18 .520 15 .641 38 .540 37 CADEVER 3 149 .6M 21 IPS GALE PALE CENN FALE 18 .520 15 .640 38 .540 21 IPS GALE PALE ARG ARDE AUTR 18 .540 15 .640 38 .540 23 IPS GREV GALE FIGA CAUS AUTR 18 .540 15 .640 38 .540 24 IPS GREV GALE FIGA CAUS AUTR 18 .540 15 .640 38 .540 25 IPS EREV GALE LEARG ARDE AUTR 18 .540 15 .540 38 .540 25 IPS EREV GALE LEARG ARDE AUTR 18 .540 15 .540 38 .540 26 IPS EREV GALE ALGE AUGN AUTR 18 .540 15 .540 38 .540 27 IPS EREV GALE VILL CAUS AUTR 18 .540 15 .540 38 .540 28 IPS EREV GALE VILL CAUS AUTR 18 .340 15 .540 38 .540 30 IPS EREV GALE VILL CAUS AUTR 18 .340 15 .540 38 .540 31 IPS EREV GALE VILL CAUS AUTR 18 .340 15 .540 38 .540 31 IPS EREV GALE VILL CAUS AUTR 18 .400 15 .540 38 .540 34 IPS EREV GALE VILL CAUS AUTR 18 .400 15 .540 38 .540 35 IPS EREV GALE VILL CAUS AUTR 18 .400 15 .540 38 .540 35 IPS EREV GALE VILL CAUS AUTR 18 .400 15 .540 38 .540 35 IPS EREV GALE TREV CAUS AUTR 18 .400 15 .540 38 .540 35 IPS EREV GALE TREV CAUS AUTR 18 .400 15 .540 38 .540 35 IPS EREV GALE TREV CAUS AUTR 18 .240 15 .540 38 .540 35 IPS EREV GALE TREV CAUS AUTR 18 .240 15 .540 38 .540 35 IPS EREV GALE TREV CAUS AUTR 18 .240 15 .540 38 .540 35 IPS EREV GALE CAUS AUTR 18 .240 15 .540 38 .540 35 IPS EREV GALE FAUL CEWN AUTR 18 .240 15 .540 38 .540 35 IPS EREV GALE FAUL CEWN AUTR 18 .240 15 .540 38 .540 35 IPS EREV GALE FAUL CEWN AUTR 18 .240 15 .540 38 .540 35 IPS EREV GALE FAUL CEWN AUTR 18 .250 15 .560 38 .540 35 IPS EREV GALE FAUL CEWN AUTR 18 .350 15 .540 38 .540 35 IPS ENTICH GRAN AUTR 18 .250 15 .560 38 .540 35 IPS ENTICH GRAN AUTR 18 .540 15 .540 38 .540 35 IPS ENTICH GRAN AUTR 18</pre>	14	BRGM	JES	GALE	GENE	CEVN	PALE	18 680	15 690	38,843	GRES LA PARADE SPA3117
15 BRGH JFS GALE PALE CEWN PALE 10.542 15.653 38.060 FALLIERES ESS 3773 H631 17 BRGM JFS GALE TREV CAUS AUTR 10.250 15.640 38.541 TREVES ARGIEL KARST T151 18 BRGM JFS GALE CREV CAUS AUTR 10.308 15.640 38.541 TREVES ARGIEL KARST T151 19 BRGM JFS GALE CALE CEWN FALE 10.522 15.667 38.750 CAUSTLERES 276 5F38191 MIN 21 JFS BREV GALE FIEL CAUS AUTR 10.309 115.650 38.420 21 JFS BREV GALE LARG ARDE AUTR 10.500 115.650 38.430 22 JFS BREV GALE LARG ARDE AUTR 10.500 115.650 38.430 24 JFS GREV GALE LARG ARDE AUTR 10.500 115.650 38.430 25 JFG BREV GALE LARG ARDE AUTR 10.500 115.650 38.430 26 JFG BREV GALE LARG ARDE AUTR 10.500 15.650 38.430 27 JFG BREV GALE LARG ARDE AUTR 10.500 15.650 38.700 27 JFG BREV GALE NOZI SOCL AUTR 10.500 15.650 38.500 27 JFG BREV GALE NOZI SOCL AUTR 10.500 15.640 38.500 21 JFG BREV GALE VILL CAUS AUTR 10.300 15.640 38.500 31 JFG BREV GALE VILL CAUS AUTR 10.300 15.640 38.500 31 JFG BREV GALE VILL CAUS AUTR 10.400 15.640 38.500 31 JFG BREV GALE VILL CAUS AUTR 10.400 15.640 38.500 31 JFG BREV GALE TREV CAUS AUTR 10.400 15.630 38.400 31 JFG BREV GALE TREV CAUS AUTR 10.500 15.630 38.400 34 JFG BREV GALE TREV CAUS AUTR 10.300 15.630 38.400 35 JFG BREV GALE TREV CAUS AUTR 10.300 15.630 38.400 35 JFG BREV GALE TREV CAUS AUTR 10.300 15.630 38.500 36 JFG BREV GALE TREV CAUS AUTR 10.300 15.630 38.400 36 JFG BREV GALE AULI CEWN AUTR 118.400 15.670 38.400 37 JFG HICH GRAN LOZE GRAN AUTR 18.300 15.640 38.500 38 JFG HICH GRAN LOZE GRAN AUTR 18.300 15.640 38.500 39 JFG HICH GRAN LOZE GRAN AUTR 18.307 15.640 38.500 30 JFG CHAR FYRI MALI CEWN AUTR 118.300 15.640 38.500 30 JFG BREV GALE BALE CEWN FALE 18.500 15.640 38.500 31 CAPG CHAR FYRI MALI CEWN AUTR 118.300 15.640 38.500 34 CRPG CHAR FYRI MALI CEWN AUTR 118.300 15.640 38.500 35 JFG HICH GRAN LOZE GRAN AUTR 118.300 15.640 38.500 36 JFG HICH GRAN LOZE GRAN AUTR 118.300 15.640 38.500 37 JFG HICH GRAN LOZE GRAN AUTR 118.300 15.640 38.500 38 JFG HICH GRAN LOZE GRAN AUTR 118.300 15.640 38.500 39 JFG HICH GRAN LOZE GRAN AUTR 18.300 1	15	BRGM	JFS	GALE	GENE	CEVN	PALE	18,590	15,698	38.772	GRES AMOUS SP42341
17 BRGM 1PS GALE TREV CAVS AUTR 18:3450 15:440 38:42 TREVES SOUEL KARST T107 18 BRGM 1PS GALE CADE CEVN PALE 18:532 15:647 38:570 CADEVER 3:145:67 20 BRGM 1PS GALE FALE CENN PALE 18:532 15:640 38:550 21 DFG BREV GALE FIGA CAUS AUTR 18:350 15:640 38:550 23 DFG BREV GALE LARG ARDE AUTR 18:350 15:650 38:430 24 DFG BREV GALE LARG ARDE AUTR 18:350 15:650 38:430 25 DFG BREV GALE LARG ARDE AUTR 18:520 15:650 38:430 25 DFG BREV GALE LARG ARDE AUTR 18:520 15:650 38:450 26 DFG BREV GALE LARG ARDE AUTR 18:520 15:650 38:450 27 DFG BREV GALE LARG ARDE AUTR 18:520 15:650 38:450 28 DFG BREV GALE ULL CAUS AUTR 18:520 15:650 38:450 29 DFG BREV GALE VILL CAUS AUTR 18:520 15:650 38:450 30 DFG BREV GALE VILL CAUS AUTR 18:420 15:640 38:550 31 DFG BREV GALE VILL CAUS AUTR 18:420 15:650 38:560 30 DFG BREV GALE VILL CAUS AUTR 18:420 15:650 38:560 31 DFG BREV GALE VILL CAUS AUTR 18:420 15:650 38:560 31 DFG BREV GALE VILL CAUS AUTR 18:420 15:650 38:560 32 DFG BREV GALE VILL CAUS AUTR 18:420 15:630 38:450 34 DFG BREV GALE TREV CAUS AUTR 18:400 15:500 38:450 35 DFG BREV GALE TREV CAUS AUTR 18:400 15:500 38:450 35 DFG BREV GALE TREV CAUS AUTR 18:400 15:500 38:450 35 DFG BREV GALE TREV CAUS AUTR 18:400 15:500 38:450 35 DFG BREV GALE TREV CAUS AUTR 18:400 15:500 38:450 35 DFG BREV GALE TREV CAUS AUTR 18:400 15:500 38:450 35 DFG MICH GRAN LOZE GRAN AUTR 18:350 15:610 38:450 35 DFG MICH GRAN LOZE GRAN AUTR 18:350 15:610 38:450 35 DFG MICH GRAN LOZE GRAN AUTR 18:350 15:610 38:420 35 DFG MICH GRAN LOZE GRAN AUTR 18:350 15:610 38:420 35 DFG MICH GRAN LOZE GRAN AUTR 18:350 15:610 38:420 35 DFG MICH GRAN LOZE GRAN AUTR 18:350 15:610 38:420 35 DFG MICH GRAN LOZE GRAN AUTR 18:350 15:610 38:420 35 DFG MICH GRAN LOZE GRAN AUTR 18:350 15:610 38:420 35 DFG MICH GRAN LOZE GRAN AUTR 18:350 15:610 38:420 35 DFG MICH GRAN LOZE GRAN AUTR 18:350 15:610 38:420 35 DFG MICH GRAN LOZE GRAN AUTR 18:350 15:610 38:420 35 DFG MICH GRAN LOZE GRAN AUTR 18:350 15:610 38:420 35 DFG MICH GRAN EUZE HAUT CEVN AUTR 18:350 15:600 38:510 AUTH	16	BRGM	JFS	GALE	PALE	CEVN	PALE	18,644	15.693	38.806	PALLIERES BSS 3773 HGA31
16 Bradi JFS Britz TREV CHOS HOLTE 18.285 18.255 <td< td=""><td>1/</td><td>BRGM</td><td>JES</td><td>GALE</td><td>THEY</td><td>CAUS</td><td>AUTO</td><td>18.450</td><td>15.645</td><td>36.462</td><td>TREVES ARGILE KARST 1407</td></td<>	1/	BRGM	JES	GALE	THEY	CAUS	AUTO	18.450	15.645	36.462	TREVES ARGILE KARST 1407
20 BRAW JFS GALE PALE CEWN PALE 18 530 15 540 388 540 21 IFG BEV GALE FIGA CAUS AUTR 18 550 15 540 388 530 23 IFG BEV GALE LARG ARDE AUTR 18 550 15 560 388 530 24 IFG BEV GALE LARG ARDE AUTR 18 510 15 560 388 500 25 IFG BEV GALE LARG ARDE AUTR 18 510 15 560 388 500 26 IFG BEV GALE NOCI AUTR 18 510 15 560 388 500 27 IFG BEV GALE VILL CAUS AUTR 18 560 38 500 360	10	BRGM	JES IES	GALE GALE	CADE	CHUS	PALE	18,300	15.640	30.341 38.670	CADEVES SUUCLIAMASI (151 CADEVER 3 149 AM
21 IP6 BREV GALE FIGA CAUS AUTR 18.560 15.650 38.610 22 IP6 BREV GALE LARG ANDE AUTR 18.250 15.650 38.370 23 IP6 BREV GALE LARG ANDE AUTR 18.250 15.650 38.370 24 IP6 BREV GALE LARG ANDE AUTR 18.510 15.650 38.430 25 IP6 BREV GALE BLEM SOLL AUTR 18.510 15.650 38.620 27 IP6 BREV GALE NOZI SOLL AUTR 18.510 15.650 38.620 28 IP6 BREV GALE NOZI SOLL AUTR 18.470 15.660 38.730 29 IP6 BREV GALE VILL CAUS AUTR 18.470 15.660 38.730 29 IP6 BREV GALE VILL CAUS AUTR 18.470 15.660 38.560 31 IP6 BREV GALE VILL CAUS AUTR 18.430 15.660 38.560 31 IP6 BREV GALE VILL CAUS AUTR 18.430 15.660 38.560 32 IP6 BREV GALE VILL CAUS AUTR 18.430 15.660 38.560 33 IP6 BREV GALE VILL CAUS AUTR 18.430 15.660 38.560 34 IP6 BREV GALE TEV CAUS AUTR 18.430 15.660 38.560 35 IP6 BREV GALE TEV CAUS AUTR 18.400 15.630 38.560 35 IP6 BREV GALE HALI CEVN AUTR 18.400 15.630 38.450 35 IP6 BREV GALE HALI CEVN AUTR 18.400 15.650 38.450 35 IP6 BREV GALE HALI CEVN AUTR 18.400 15.650 38.450 35 IP6 BREV GALE MALI CEVN AUTR 18.400 15.650 38.400 36 IP6 BREV GALE MALI CEVN AUTR 18.340 15.600 38.400 37 IP6 MICH GRAN LOZE GANA AUTR 18.340 15.600 38.400 38 IP6 MICH GRAN LOZE GANA AUTR 18.340 15.700 38.600 39 IP6 MICH GRAN LOZE GANA AUTR 18.340 15.700 38.600 40 CRP6 CHAR PVRI MALI CEVN AUTR 18.340 15.600 38.510 42 CRP6 CHAR PVRI MALI CEVN AUTR 18.340 15.600 38.510 42 CRP6 CHAR PVRI MALI CEVN AUTR 18.340 15.600 38.510 44 CRP6 CHAR PVRI MALI CEVN AUTR 18.340 15.670 38.430 45 BR6M JF5 GALE MALI CEVN AUTR 18.357 15.650 38.510 46 BR6M JF5 GALE MALI CEVN AUTR 18.357 15.650 38.510 47 BR6M JF5 GALE ALES CEVN AUTR 18.521 15.672 38.430 48 BR6M JF5 GALE ALES CEVN AUTR 18.521 15.672 38.430 48 BR6M JF5 GALE ALES CEVN AUTR 18.521 15.672 38.430 49 BR6M JF5 GALE ALES CEVN AUTR 18.521 15.672 38.430 40 BR6M JF5 GALE ALES CEVN AUTR 18.521 15.672 38.542 LA FERTIERS EAV3350 50 BR6M JF5 GALE ALES CEVN AUTR 18.521 15.673 38.630 LARAC AC73 50 BR6M JF5 GALE ALES CEVN AUTR 18.521 15.673 38.642 CALB CALINETE TRIAS 38/72 50 BR6M JF5 PVRT GRAN CEVN PALE 18.551 15.6	20	BRGM	JFS	GALE	PALE	CEVN	FALE	18,630	15.681	38.768	PALLIERES 276 SP38191 MIN
22 IPG BREV GALE FIGA CAUS AUTR 15.640 38.530 24 IPG BREV GALE LARG ANDE AUTR 18.510 15.650 38.430 24 IPG BREV GALE LARG ANDE AUTR 18.510 15.650 38.430 25 IPG BREV GALE LARG ANDE AUTR 18.510 15.650 38.610 26 IPG BREV GALE NOZI SOLL AUTR 18.520 15.650 38.610 28 IPG BREV GALE VILL CAUS AUTR 18.620 15.650 38.550 30 IPG BREV GALE VILL CAUS AUTR 18.430 15.650 38.550 31 IPG BREV GALE TREV CAUS AUTR 18.430 15.650 38.450 32 IPG BREV GALE TREV CAUS AUTR 18.400 15.630 38.450 34 IPG BREV GALE MALI CEVN AUTR 18.400 15.640 38.450 35 IPG BREV GALE MALI CEVN AUTR 18.400 15.640 38.420 36 IPG BREV GALE MALI CEVN AUTR 18.400 15.640 38.420 37 IPG BREV GALE MALI CEVN AUTR 18.400 15.640 38.420 <	21	IPG	BREV	GALE	FIGA	CAUS	AUTR	18.560	15.650	38.610	
23 1PG BHEV GALE LARG ANDE AVITR 18. 200 15. 250 38. 430 25 1PG BREV GALE BLERG ANDE AVITR 18. 200 15. 650 38. 620 25 1PG BREV GALE BLEN SOLL AVITR 18. 10 15. 650 38. 660 27 1PG BREV GALE BLENZ SALE AVITR 18. 200 15. 650 38. 730 28 1PG BREV GALE VILL CAUS AVITR 18. 200 15. 650 38. 540 21 1PG BREV GALE VILL CAUS AVITR 18. 430 15. 650 38. 540 21 1PG BREV GALE VILL CAUS AVITR 18. 430 15. 650 38. 450 21 1PG BREV GALE TREV CAUS AVITR 18. 420 15. 650 38. 450 25 1PG BREV GALE FALE TAEV CAUS AVITR 18. 620 15. 650 38. 450 26 1PG BREV GALE FALE TAEV CAUS AVITR 18. 630 15. 650 38. 450 27 1PG BREV GALE FALE TAEV CAUS AVITR 18. 630 15. 650 38. 450 <td>22</td> <td>IPG</td> <td>BREV</td> <td>GALE</td> <td>FIGA</td> <td>CAUS</td> <td>AUTR</td> <td>18.550</td> <td>15.640</td> <td>38.590</td> <td></td>	22	IPG	BREV	GALE	FIGA	CAUS	AUTR	18.550	15.640	38.590	
25 1PG 5KEV GALE 5LE 6ALE 6ALE AUTR 18: 550 15: 650 38: 650 27 1PG 5KEV GALE NOZI SOCL AUTR 18: 420 15: 650 38: 610 28 1PG 5KEV GALE MILL CAUTR 18: 420 15: 650 38: 550 29 1PG 5KEV GALE VILL CAUSA AUTR 18: 430 15: 650 38: 550 31 1PG 5KEV GALE VILL CAUSA AUTR 18: 430 15: 650 38: 550 32 1PG 5KEV GALE VILL CAUSA AUTR 18: 420 15: 650 38: 430 34 1PG 5KEV GALE FAULY CAUSA AUTR 18: 420 15: 650 38: 430 35 1PG SKEV GALE FAULY CAUSA AUTR 18: 420 15: 650 38: 450 36 1PG SKEV GALE FAULY CAUSA AUTR 18: 420 15: 660 38: 450 37 1PG MICH GRAN LOZE GGAN AUTR 18: 420 15: 660 38: 450 38 1PG MICH GRAN LOZE GGAN AUTR 18: 420 1	23	166	BREV	GALE	LANG	ARDE	AUTE	18.260	15.630	38.370	
26 FPG BREV GALE NOZI SOCL AUTR 18.510 15.670 38.660 27 IPG BREV GALE VIAL SOCL AUTR 18.620 15.660 38.730 30 IPG BREV GALE VIAL SOCL AUTR 18.620 15.660 38.540 30 IPG BREV GALE VILL CAUS AUTR 18.380 15.650 38.560 31 IPG BREV GALE VILL CAUS AUTR 18.380 15.650 38.560 32 IPG BREV GALE VILL CAUS AUTR 18.380 15.650 38.560 32 IPG BREV GALE VILL CAUS AUTR 18.380 15.630 38.550 34 IPG BREV GALE TREV CAUS AUTR 18.380 15.630 38.550 35 IPG BREV GALE TREV CAUS AUTR 18.380 15.630 38.450 34 IPG BREV GALE TREV CAUS AUTR 18.420 15.630 38.450 35 IPG BREV GALE TREV CAUS AUTR 18.400 15.630 38.450 36 IPG BREV GALE TREV CAUS AUTR 18.400 15.630 38.450 36 IPG BREV GALE TREV CAUS AUTR 18.400 15.650 38.450 37 IPG MICH GRAN LOZE GRAN AUTR 18.400 15.650 38.450 38 IPG BREV GALE MALI CEVN AUTR 18.400 15.650 38.450 39 IPG MICH GRAN LOZE GRAN AUTR 18.360 15.610 38.200 40 CRP6 CHAR PYRI MALI CEVN AUTR 18.360 15.680 38.460 40 CRP6 CHAR PYRI MALI CEVN AUTR 18.400 15.700 38.600 41 CRP6 CHAR PYRI MALI CEVN AUTR 18.400 15.700 38.600 42 CRP6 CHAR PYRI MALI CEVN AUTR 18.400 15.670 38.480 42 CRP6 CHAR FYRI MALI CEVN AUTR 18.400 15.670 38.480 42 CRP6 CHAR GALE MALI CEVN AUTR 18.400 15.670 38.480 42 CRP6 CHAR GALE MALI CEVN AUTR 18.400 15.670 38.480 42 CRP6 CHAR GALE MALI CEVN AUTR 18.410 15.670 38.480 43 CRP6 CHAR GALE MALI CEVN AUTR 18.410 15.673 38.511 REDOUSAS \$P43120 48 BR6M JFS GALE ALES CEVN AUTR 18.410 15.673 38.540 PARLIER7 180.2 \$P42332 49 BR6M JFS GALE ALES CEVN AUTR 18.418 15.673 38.513 SOULER7 180.2 \$P42332 49 BR6M JFS GALE ALES CEVN PALE 18.503 15.675 38.544 PA0INAS \$P40396 51 BR6M JFS GALE ALES CEVN PALE 18.503 15.675 38.544 PA0INAS \$P40396 51 BR6M JFS GALE CADE CEVN PALE 18.503 15.675 38.544 PA0INAS \$P40396 51 BR6M JFS GALE CADE CEVN PALE 18.503 15.675 38.546 ALES CLAIRCA C73 54 BR6M JFS GALE CADE CEVN PALE 18.503 15.675 38.546 ALES CLAIRCA C73 55 BR6M JFS GALE CADE CEVN PALE 18.503 15.675 38.546 ALES CLAIRCA C73 54 BR6M JFS GALE CADE CEVN PALE 18.503 15.675 38.546 ALES CLAIRCA C73 55 BR6M JFS PYRT PALE C	25	IPG	BREV	GALE	BLEM	SOCL	AUTR	18.590	15,660	38,620	
27 IPG EREV GALE NOZI SOCL AUTR 18.470 15.660 38.510 28 IPG EREV GALE VIAL SOCL AUTR 18.420 15.640 38.590 30 IPG EREV GALE VILL CAUS AUTR 18.430 15.650 38.540 31 IPG EREV GALE VILL CAUS AUTR 18.430 15.650 38.540 32 IPG EREV GALE VILL CAUS AUTR 18.430 15.650 38.550 33 IPG EREV GALE TREV CAUS AUTR 18.420 15.640 38.490 35 IPG EREV GALE TREV CAUS AUTR 18.420 15.640 38.490 35 IPG EREV GALE TREV CAUS AUTR 18.420 15.640 38.490 35 IPG EREV GALE FALE CENN PALE 18.630 15.670 38.400 37 IPG MICH GRAN LOZE GRAN AUTR 18.420 15.680 38.420 39 IPG MICH GRAN LOZE GRAN AUTR 18.420 15.680 38.420 39 IPG MICH GRAN LOZE GRAN AUTR 18.420 15.680 38.420 30 CRP6 CHAR PYRI MALI CENN AUTR 18.420 15.650 38.520 40 CRP6 CHAR PYRI MALI CENN AUTR 18.300 15.670 38.460 39 IPG MICH GRAN LOZE GRAN AUTR 18.300 15.680 38.460 30 CRP6 CHAR PYRI MALI CENN AUTR 18.300 15.650 38.500 41 CRP6 CHAR PYRI MALI CENN AUTR 18.300 15.650 38.500 42 CRP6 CHAR PYRI MALI CENN AUTR 18.300 15.650 38.500 42 CRP6 CHAR PYRI MALI CENN AUTR 18.450 15.660 38.510 44 CRP6 CHAR GALE MALI CENN AUTR 18.450 15.640 38.450 45 CRP6 CHAR GALE MALI CENN AUTR 18.351 15.640 38.450 45 CRP6 CHAR GALE MALI CENN AUTR 18.351 15.640 38.450 45 CRP6 CHAR GALE MALI CENN AUTR 18.351 15.642 38.511 REDOUSCAS SP43120 45 BRGM JFS GALE ALS CENN AUTR 18.351 15.642 38.511 REDOUSCAS SP43120 45 BRGM JFS GALE BALS CENN AUTR 18.450 15.642 38.511 REDOUSCAS SP43120 45 BRGM JFS GALE GENE CENN PALE 18.551 15.77 38.542 PALLIERES FALSS CONCRETIO 50 ERGM JFS GALE GENE CENN PALE 18.551 15.672 38.749 CADEVERS 252.1 DYKE 51 BRGM JFS GALE GENE CENN PALE 18.551 15.673 38.542 ALSOLNAS SP43396 51 BRGM JFS GALE GENE CENN PALE 18.552 15.653 38.544 ALSOLNAS SP43396 51 BRGM JFS GALE ALSE CENN PALE 18.552 15.653 38.544 ALSOLNAS SP43396 51 BRGM JFS GALE FALE CENN PALE 18.552 15.653 38.544 ALSOLNARS SP43396 51 BRGM JFS GALE FALE CENN PALE 18.552 15.653 38.544 ALSOLNARS SP43396 51 BRGM JFS GALE FALE CENN PALE 18.552 15.653 38.542 ALSOLNARS 272 BLENCETH FALAXIN 54 BRGM JFS GALE FALE CENN PALE 18.552	26	IPG	BREV	GALE	NOZI	SOCL	AUTR	18.510	15.670	38.660	
28 IPG ERCV GALE VILL SUCL AUTR 18. 620 15. 660 38. 730 30 IPG ERCV GALE VILL CAUS AUTR 18. 300 15. 650 38. 550 31 IPG ERCV GALE VILL CAUS AUTR 18. 300 15. 650 38. 560 32 IPG ERCV GALE VILL CAUS AUTR 18. 420 15. 650 38. 560 34 IPG ERCV GALE TREV CAUS AUTR 18. 420 15. 660 38. 750 35 IPG ERCV GALE MAUTR 18. 620 15. 660 38. 750 36 IPG ERCV GALE MAUTR 18. 340 15. 660 38. 420 39 IPG MICH GRAN LOZE GRAN AUTR 18. 340 15. 660 38. 640 40 CRP6 CHAR PYRI MALI CEVN AUTR 18. 340 15. 660 38. 510 42 CRP6 CHAR GALE MAUTR 18. 340 15. 640 38. 400 45 CRP6 CHAR AUTR 18. 340 15. 670 38. 610 0 </td <td>27</td> <td>IPG</td> <td>BREV</td> <td>GALE</td> <td>NÖZI</td> <td>SOCL</td> <td>AUTR</td> <td>18.470</td> <td>15.650</td> <td>38.610</td> <td></td>	27	IPG	BREV	GALE	NÖZI	SOCL	AUTR	18.470	15.650	38.610	
230 IPG EREV GALE VILL CAUS AUTR 18.330 15.650 38.540 31 IPG EREV GALE VILL CAUS AUTR 18.330 15.650 38.550 32 IPG EREV GALE VILL CAUS AUTR 18.330 15.650 38.550 33 IPG EREV GALE VILL CAUS AUTR 18.420 15.630 38.430 34 IPG EREV GALE TRV CAUS AUTR 18.420 15.630 38.430 35 IPG EREV GALE FALC CEVN PALE 18.630 15.600 38.450 35 IPG EREV GALE FALC CEVN PALE 18.630 15.610 38.240 36 IPG EREV GALE FALC NUTR 18.340 15.670 38.600 37 IPG MICH GRAN LOZE GRAN AUTR 18.350 15.660 38.540 37 IPG CHAR PRIT MALI CEVN AUTR 18.350 15.660 38.450 38 IPG GHAE MALI CEVN AUTR 18.350 15.672 38.430 45 CRPG CHAR PRIT MALI CEVN AUTR 18.350 15.672 3	28	1PG	BREV	GALE	MIN	SUCL	AUTO	18.620	15.660	- 33.730 - 00 E90	
31 IP6 EREV GALE VILL CAUS AUTR 18.350 15.650 38.550 32 IP6 BREV GALE TREV CAUS AUTR 18.350 15.640 38.450 34 IP6 BREV GALE TREV CAUS AUTR 18.420 15.640 38.450 35 IP6 BREV GALE TREV CAUS AUTR 18.420 15.640 38.450 35 IP6 BREV GALE TREV CAUS AUTR 18.420 15.640 38.480 36 IP6 BREV GALE TREV CAUS AUTR 18.420 15.640 38.480 37 IP6 BREV GALE MALIDZE GRAN AUTR 18.420 15.640 38.480 39 IP6 MICH GRAN LOZE GRAN AUTR 18.300 15.700 38.600 40 CRP6 CHAR FYRI MALIC EVN AUTR 18.300 15.640 38.450 42 CRP6 CHAR GALE MALIC EVN AUTR 18.350 15.640 38.871 LA MALINE BRECHE 84/15 45 GRM JFS GALE MALI CEVN AUTR 18.361 15.640 38.631 EDOUSSAS EP43120 45 GRAF HYRI MALI CEVN AUTR 18.351 15.640 38.631 EDOUSSAS EP43120 47	25 30	1FG	BREV	GALE	VIII	CAUS	AUTR	18,200	15.640	38.530	
32 IPG BREV GALE VILL CAUS AUTR 18:360 15 630 38:550 34 IPG BREV GALE TREV CAUS AUTR 18:420 15 640 38:450 34 IPG BREV GALE TREV CAUS AUTR 18:420 15 640 38:450 34 IPG BREV GALE TAEV CAUS AUTR 18:400 15 680 38:450 35 IPG BREV GALE PALE CEVN PALE 18:630 15 680 38:450 36 IPG BREV GALE MALL CEVN AUTR 18:400 15 670 38:480 37 IPG MICH GRAN LOZE GRAN AUTR 18:340 15 680 38:450 38 IPG MICH GRAN LOZE GRAN AUTR 18:340 15 680 38:450 40 CRPG CHAR PYRI MALI CEVN AUTR 18:340 15 680 38:540 40 CRPG CHAR PYRI MALI CEVN AUTR 18:390 15 680 38:540 41 CRPG CHAR PYRI MALI CEVN AUTR 18:390 15 680 38:540 42 CRPG CHAR PYRI MALI CEVN AUTR 18:390 15 680 38:540 43 CRPG CHAR PYRI MALI CEVN AUTR 18:400 15 670 38:400 44 CRPG CHAR GALE MALI CEVN AUTR 18:410 15.670 38:400 45 ERGM JPS GALE MALI CEVN AUTR 18:391 15 640 38:540 45 ERGM JPS GALE MALI CEVN AUTR 18:317 15 640 38:540 45 ERGM JPS GALE MALI CEVN AUTR 18:350 15 640 38:510 47 ERGM JPS GALE ALES CEVN AUTR 18:351 15 644 38:511 REDUSSAS \$P43120 48 BRGM JPS GALE ALES CEVN AUTR 18:351 15 673 38:613 SOULIERS PALSE CONCRETIO 50 ERGM JPS GALE ALES CEVN AUTR 18:503 15 677 38:644 PRADINAS \$P4393 48 BRGM JPS GALE ALES CEVN PALE 18:503 15.672 38:742 CADEYERS 282.1 DYKE 52 BRGM JPS GALE CADE CEVN PALE 18:503 15.672 38:744 PALLIERES PALSE CONCRETIO 50 ERGM JPS GALE ALES CEVN PALE 18:503 15.672 38:744 CADEYERS 282.1 DYKE 52 BRGM JPS GALE ALES CEVN PALE 18:503 15.672 38:744 PALLIERES CP1 126.4 H1C 54 BRGM JPS GALE ALES CEVN PALE 18:502 15.669 38:642 CADEYERS 282.1 DYKE 55 BRGM JPS GALE ALES CEVN PALE 18:503 15.672 38:745 CADEYERS 282.1 DYKE 56 BRGM JPS GALE ALES CEVN PALE 18:503 15.672 38:742 CADEYERS 282.1 DYKE 56 BRGM JPS PYRT GRAN CEVN PALE 18:502 15.669 38:627 ALLES CLAIRAC AC73 56 BRGM JPS PYRT GRAN CEVN PALE 18:502 15.669 38:627 ALLES CLAIRAC AC73 56 BRGM JPS PYRT GRAN CEVN PALE 18:552 15.713 38:748 COL DUP IT 83/25 ERECHE 56 BRGM JPS PYRT GRAN CEVN PALE 18:552 15.769 38:160 CADEYERS 13/30 CDUCRETION 56 BRGM JPS PYRT GRAN CEVN PALE 18:552 15.669 38:629 PALLIERES CONCRET	31	IFG	BREV	GALE	VILL	CAUS	AUTR	18.430	15.650	38.560	,
33 1P6 EREV GALE TREV CAUS AUTR 18.400 36.490 34 1P6 EREV GALE TREV CAUS AUTR 18.400 15.630 38.490 35 1P6 EREV GALE MALL CEVN AUTR 18.630 15.660 38.490 35 1P6 MICH GRAN L02E GRAN AUTR 18.640 15.670 38.480 37 1P6 MICH GRAN L02E GRAN AUTR 18.340 15.690 38.40 36 1P6 MICH GRAN L02E GRAN AUTR 18.340 15.600 38.40 40 CRPG CHAR PYRI MALL CEVN AUTR 18.390 15.600 38.40 42 CRPG CHAR PYRI MALL CEVN AUTR 18.410 15.640 38.40 43 CRPG CHAR GALE MALL CEVN AUTR 18.410 15.640 38.40 44 CRPG CHAR GALE MALL CEVN AUTR 18.411 15.640 38.40 45 CRPG CHAR GALE MALL CEVN AUTR 18.351 15.641 38.40 45 CRPG CHAR GALE MALL CEVN AUTR 18.351 15.642 38.40 45 SRGM JFS GALE ALES CEVN AUTR 18.351 15.647 38.451 47 BRGM	32	IPG	BREV	GALE	VILL	CAUS	AUTR	18.380	15.630	38.550	
34 IPG BREV GALE FALE CEVN PALE 18.630 15.680 38.750 35 IPG BREV GALE PALL CEVN PALT 18.620 15.680 38.750 36 IPG BREV GALE MALUZE GRAN AUTR 18.620 15.650 38.290 38 IPG MICH GRAN LOZE GRAN AUTR 18.300 15.610 38.320 40 CRPG CHAR PYRI MALL CEVN AUTR 18.300 15.640 38.400 41 CRPG CHAR FYRI MALL CEVN AUTR 18.301 15.640 38.400 42 CRPG CHAR GRAL MALL CEVN AUTR 18.301 15.660 38.400 45 CRGM JFS GALE MALL CEVN AUTR 18.301 15.670 38.400 45 CRGM JFS GALE MALL CEVN AUTR 18.301 15.675 38.613 SOULTER7 180.2 SP42332 46 </td <td>33</td> <td>1PG</td> <td>BREV</td> <td>GALE</td> <td>TREV</td> <td>CAUS</td> <td>AUTR</td> <td>18,420</td> <td>15.640</td> <td>38.490</td> <td></td>	33	1PG	BREV	GALE	TREV	CAUS	AUTR	18,420	15.640	38.490	
35 1P6 BREV GALE MALT 124 Jac 15670 38 Jac Jac 37 1P6 MICH GRAN LOZE GRAN AUTR 18 Jac 15 GO 38 Jac 38 Jac <t< td=""><td>34</td><td>IPG IPG</td><td>BREV</td><td>GALE</td><td>FALF</td><td>CEUN</td><td>PALE</td><td>18,400</td><td>15.630</td><td>38.490</td><td></td></t<>	34	IPG IPG	BREV	GALE	FALF	CEUN	PALE	18,400	15.630	38.490	
37 IF6 MICH GRAN LOZE GRAN AUTR 18.620 15.650 38.290 38 IF6 MICH GRAN LOZE GRAN AUTR 18.360 15.610 38.320 40 CRPG CHAR PYRI MALI CEVN AUTR 18.360 15.610 38.320 40 CRPG CHAR PYRI MALI CEVN AUTR 18.300 15.660 38.510 42 CRPG CHAR FYRI MALI CEVN AUTR 18.370 15.660 38.510 42 CRPG CHAR GALE MALI CEVN AUTR 18.410 15.670 38.400 45 CRPG CHAR GALE MALI CEVN AUTR 18.351 15.640 38.400 45 CRPG CHAR GALE MALI CEVN PALE 18.511 15.643 38.011 REDOUSAGE SP43120 46 BRGM JFS GALE ALES CEVN AUTR 18.351 15.673 38.642 PADINAS SP43036 47 BRGM JFS GALE GENE CEVN PALE 18.591 15.673 38.642 PADINAS SP43036 50 BRGM JFS GALE GENE CEVN PALE 18.501 15.673 38.642 PADINAS SP40366 51 BRGM JFS GALE GENE CEVN PALE 18.501 15.673 38.642 PADINAS SP40366 372 52 BRGM JFS GALE CLE CEVN PALE	36	IPG	BREV	GALE	MALI	CEVN	AUTR	18.410	15.670	38,480	1
38 IFG MICH GRAN LOZE GRAN AUTR 18 360 15 16 38 320 40 CRPG CHAR PVRI MALI CEVN AUTR 18 300 15 600 38 540 42 CRPG CHAR PVRI MALI CEVN AUTR 18 370 15 660 38 540 42 CRPG CHAR GALE MALI CEVN AUTR 18 370 15 660 38 540 42 CRPG CHAR GALE MALI CEVN AUTR 18 360 35 37 LA MALINE BRECHE 34/15 45 GRGM JFS GALE ALE CEVN AUTR 18 360 15 640 38 511 REDRUSSAS SP43120 48 864 38 511 REDRUSSAS SP43120 48 38 513 5011167 38 513 5011167 38 513 5011167 38 513 501167 <td>37</td> <td>IFG</td> <td>MICH</td> <td>GRAN</td> <td>LŨZE</td> <td>GRAN</td> <td>AUTR</td> <td>18.620</td> <td>15.650</td> <td>38.290</td> <td></td>	37	IFG	MICH	GRAN	LŨZE	GRAN	AUTR	18.620	15.650	38.290	
33 1PS GRAP CHAR PARI MALL CEVN AUTR 18.360 15.610 38.600 40 CRPG CHAR PARI MALL CEVN AUTR 18.390 15.680 38.600 41 CRPG CHAR PARI MALL CEVN AUTR 18.390 15.680 38.450 42 CRPG CHAR PARI MALL CEVN AUTR 18.390 15.680 38.450 43 CRPG CHAR GALE MALL CEVN AUTR 18.410 15.670 38.480 45 CRPG CHAR GALE MALL CEVN AUTR 18.311 15.660 38.511 46 DRGM JFS GALE MALL CEVN AUTR 18.341 15.670 38.480 45 CRPG CHAR GALE MALL CEVN AUTR 18.351 15.670 38.613 SOULER7 180.2 SP42332 48 BRGM JFS GALE ALES CEVN AUTR 18.351 15.675 38.642 PALLIERES PALSE CONCRETIU 49 BRGM JFS GALE GALE CEVN PALE 18.503 15.675 38.644 PRADINAS SP40396 51 BRGM JFS GALE CADE CEVN PALE 18.603 15.672 38.749 CADEYERS 252.1 DYKE 52 BRGM JFS GALE FALE CEVN PALE 18.603 15.673 38.644 PESPINETTE TRIAS 63/72 53 BRGM JFS GALE FALE CEVN PALE 18.555 15.711 38.745 CLESPINETTE TRIAS 6	38	IFG	MICH	GRAN	LOZE	GRAN	AUTR	18.340	15.680	36.460	
41 CERG CHAR PYRI MALI CEVN HOIR 18.300 13.600 38.500 41 CERG CHAR PYRI MALI CEVN AUTR 18.370 15.660 38.450 42 CERG CHAR GALE MALI CEVN AUTR 18.450 15.660 38.450 43 CERG CHAR GALE MALI CEVN AUTR 18.450 15.660 38.450 44 CERG CHAR GALE MALI CEVN AUTR 18.360 15.640 38.400 45 ERG CHAR GALE MALI CEVN AUTR 18.351 15.650 38.57 LA MALINE BRECHE 84/15 47 EKGM JFS GALE ALES CEVN AUTR 18.351 15.650 38.57 LA MALINE BRECHE 84/15 48 BRGM JFS GALE ALES CEVN AUTR 18.351 15.657 38.640 PRADINAS SP43322 49 BRGM JFS GALE CADE CEVN PALE 18.503 15.675 38.647 LESPINETTE TRIAS 83/72 50 BRGM JFS GALE ALES CEVN AUTR 18.502 15.659 38.544 LESPINETTE TRIAS 83/72 51 BRGM JFS GALE CADE CEVN PALE 18.503 15.672 38.744 PALLIERES CPI 32.1 DYKE 52 BRGM JFS GALE ALES CEVN AUTR 18.50	39	1FG CODA	MICH CHAD	GRAN	MALT	GRAN	AUTE	18.350	15.510	28.320	
42 CRP6 CHAR FVR1 MALT 18:370 15:660 38:450 43 CRP6 CHAR GALE MALT CEVN AUTR 18:450 15:570 38:480 44 CRP6 CHAR GALE MALT CEVN AUTR 18:410 15:570 38:480 45 CRP6 CHAR GALE MALT CEVN AUTR 18:311 15:570 38:400 45 BRGM JFS GALE ALES CEVN AUTR 18:351 15:570 38:511 REDOUSSAS \$P43120 45 BRGM JFS GALE ALES CEVN AUTR 18:351 15:571 38:574 38:725 FALL 18:575 38:61 SULIERS PALS CONCRETIO 50 BRGM JFS GALE CALE CEVN PALE 18:501 15:672 38:749 CADEYERS 252.1 DYKE 52 BRGM JFS GALE FALE CEVN PALE 18:601 15:672 38:749 CADEYERS 252.1 DYKE	41	CRPG	CHAR	FYRI	MALI	CEVN	AUTR	18.390	15,680	38.540	
43 CRFG CHAR GALE MALI CEVN AUTR 18.450 15.640 38.510 44 CRFG CHAR GALE MALI CEVN AUTR 18.360 15.640 38.400 45 CRFG CHAR GALE MALI CEVN AUTR 18.360 15.640 38.37 LA MALINE BRECHE 84/15 47 BRGM JFS GALE ALES CEVN AUTR 18.351 15.640 38.511 REDUVSAS \$F43120 48 BRGM JFS GALE ALES CEVN AUTR 18.351 15.674 38.725 FALLIERES PALS CONCRETIO 50 BRGM JFS GALE GALE CEVN PALE 18.591 15.675 38.644 FALSE CONCRETIO 50 BRGM JFS GALE ALES CEVN PALE 18.603 15.675 38.647 FERSE PALSE CONCRETIO 50 BRGM JFS GALE ALES CEVN PALE 18.603 15.675 38.647 FERSE CLARK AC73 51 BRGM JFS GALE ALES CEVN AUTR 18.407 15.658 38.543 ALES CLARAC AC73 52 BRGM JFS GALE ALES CEVN AUTR 18.457 15.658 38.545 ALES CLARAC AC73 55 BRGM JFS GALE FALE CEVN PALE 18.551 15.711 38.742 ALERS CLARAC AC73 55 BRGM JFS PYRT FARAC CEVN PALE 18.521 15.6	42	CRPG	CHAR	PYRI	MALI	CEVN	AUTR	18.370	15.660	38,450	
44 CRFG CHAR GALE MALI CEVN AUTR 18.410 15.670 38.480 45 CRFG CHAR GALE MALI CEVN PALE 18.947 15.630 38.897 LA MALINE BRECHE 84/15 47 BRGM JFS GALE ALES CEVN AUTR 18.351 15.679 38.697 LA MALINE BRECHE 84/15 47 BRGM JFS GALE ALES CEVN AUTR 18.18 15.679 38.613 SOULIER7 180.2 28742332 45 BRGM JFS GALE CEVN PALE 18.503 15.672 38.726 FALLIERES PALS CONCRETIO 50 BRGM JFS GALE CADE CEVN PALE 18.503 15.672 38.744 PADIST PATRIAS 84/72 53 BRGM JFS GALE CADE CEVN PALE 18.603 15.672 38.744 PALISES CPI 128.4 H1C 54 BRGM JFS GALE FALE CEVN PALE 18.610 15.676 38.744 PALIERES CPI 128.4 H1C 54 BRGM JFS GALE ALES CEVN AUTR 18.457 15.671 38.744 PALIERES CPI 128.4 H1C 54 BRGM JFS GALE CEVN PALE 18.551 15.711 38.744 PALITACAC73 55 BRGM JFS </td <td>43</td> <td>CRPG</td> <td>CHAR</td> <td>GALE</td> <td>MALI</td> <td>CEVN</td> <td>AUTR</td> <td>18.450</td> <td>15.680</td> <td>38.510</td> <td></td>	43	CRPG	CHAR	GALE	MALI	CEVN	AUTR	18.450	15.680	38.510	
46 BRGM JFS GALE MILL CEVN PALE 18.307 18.600 38.307 LA MALINE BRECHE 84/15 47 BRGM JFS GALE ALES CEVN AUTR 18.351 15.679 38.511 REDOUSSAS \$P43120 48 BRGM JFS GALE ALES CEVN AUTR 18.351 15.679 38.513 SOULIER7 180.2 \$P42332 45 BRGM JFS GALE CEVN PALE 18.501 15.677 38.726 FALLIERES FALSE CONCRETIO 50 BRGM JFS GALE CEVN PALE 18.503 15.672 38.749 CADEYERS 252.1 DYKE 52 BRGM JFS GALE ALES CEVN PALE 18.603 15.672 38.749 CADEYERS 252.1 DYKE 53 BRGM JFS GALE ALES CEVN PALE 18.603 15.672 38.749 CADEYERS 252.1 DYKE 54 BRGM JFS GALE ALES CEVN PALE 18.603 15.672 38.749 CADEYERS 252.1 DYKE 55 BRGM JFS GALE ALES CEVN PALE 18.603 15.672 38.749 CADEYERS 252.1 DYKE 54 BRGM JFS GALE ALES CEVN PALE 18.603 15.672 38.740 CADEYERS 252.1 DYKE 55 BRGM JFS GAL	44	CRPG	CHAR	GALE	MALI	GEVN	AUTO	18.410	15.670	38.480	
47 BRGM JFS GALE ALES CEVN AUTR 18.351 15.664 38.511 REDOUSSAS \$P43120 48 BRGM JFS GALE ALES CEVN AUTR 18.418 15.674 38.513 SOULIER7 180.2 SP42332 45 BRGM JFS GALE CEVN PALE 18.591 15.674 38.726 FALLIERES FALS CONCRETIO 50 BRGM JFS GALE CADE CEVN PALE 18.503 15.675 38.644 PRADINAS SP40396 51 BRGM JFS GALE CADE CEVN PALE 18.503 15.675 38.749 CADEYERS 252.1 DYKE 52 BRGM JFS GALE CADE CEVN PALE 18.603 15.676 38.749 CADEYERS 252.1 DYKE 53 BRGM JFS GALE ALES CEVN AUTR 18.602 15.676 38.744 PALITERS CPI 128.4 H1C 54 BRGM JFS GALE FALE CEVN PALE 18.551 17.11 38.748 COL DU PUT 83/26 BRCHCE 55 BRGM JFS PART CAR CEVN PALE 18.551 15.711 38.642 LA FERRIERE 84/14 58 BRGM JFS PYRT PALE CEVN PALE 18.521 15.673 38.612 CADEYER 7.787 59 BRGM JFS	40 46	RRGM	JES	GALE	MTA	CEVN	PALE	18 947	15.640	38 897	LA MALINE BRECHE 84/15
48 BRGM JFS GALE ALES CEVN AUTR 18.418 15.679 38.613 SOULIER7 180.2 SP42332 49 BRGM JFS GALE PALE CEVN PALE 18.591 15.675 38.642 PALLIERES PALSS CONCRETIO 50 BRGM JFS GALE CADE CEVN PALE 18.503 15.675 38.647 PADINAS SP40396 51 BRGM JFS GALE CADE CEVN PALE 18.603 15.675 38.647 LESPINETTE TRAS 83/72 53 BRGM JFS GALE ALES CEVN AUTR 18.467 15.659 38.644 PALLIERES CP1 128.4 H1C 54 BRGM JFS GALE ALES CEVN AUTR 18.457 15.659 38.454 ALES CLARC AC73 55 BRGM JFS GALE FALE CEVN PALE 18.802 15.655 38.962 CORBES FRACT. GRANITE 50 57 BRGM JFS FYRT FALE CEVN PALE 18.524 15.673 38.614 CHERIEE 84/14 58 BRGM JFS FYRT FALE CEVN PALE 18.521 15.663 38.612 CABES GARE FILON BA 34/1 58 <td>47</td> <td>BRGM</td> <td>JFS</td> <td>GALE</td> <td>ALES</td> <td>CEVN</td> <td>AUTR</td> <td>18.351</td> <td>15.664</td> <td>38.511</td> <td>REDOUSSAS SP43120</td>	47	BRGM	JFS	GALE	ALES	CEVN	AUTR	18.351	15.664	38.511	REDOUSSAS SP43120
45 BRGM JFS GALE FALE 18.591 15.674 38.726 FALLIERES FALS CONCRETIO 50 BRGM JFS GALE GALE GEN FALE 18.503 15.675 38.664 FRADINAS SP40396 51 BRGM JFS GALE CADE CEVN PALE 18.603 15.672 38.749 CADEYERS 25.2.1 DYKE 52 BRGM JFS GALE ALES CEVN PALE 18.610 15.676 38.744 PALLIERES CPI 128.4 H1C 53 BRGM JFS GALE FALE CEVN PALE 18.651 15.711 38.744 PALLIERES CPI 128.4 H1C 54 BRGM JFS GALE FALE CEVN PALE 18.557 15.711 38.746 AES CLAIRAC CACT GAS CAT CARSING GAS CAT CARSING GALE ALES COL DUP UTIT S37.26 RREC GALE ALES CARSING GALE ALES CARSING GALE CARSING GAS CAT CARSING GAS CAT CARSING GAS CAT CARSING </td <td>48</td> <td>BRGM</td> <td>JES</td> <td>GALE</td> <td>ALES</td> <td>CEVN</td> <td>AUTR</td> <td>18.418</td> <td>15.679</td> <td>38.613</td> <td>SOULIER7 180.2 SP42332</td>	48	BRGM	JES	GALE	ALES	CEVN	AUTR	18.418	15.679	38.613	SOULIER7 180.2 SP42332
50 BRGM JFS GALE GENE CEVN PALE 18.503 15.673 38.564 FRHUTNES 5740396 51 BRGM JFS GALE ALES CEVN PALE 18.603 15.673 38.749 CADEYERS 252.1 DYKE 52 BRGM JFS GALE ALES CEVN PALE 18.603 15.676 38.747 LESPINETTE TRIAS 83/72 53 BRGM JFS GALE PALE CEVN PALE 18.601 15.676 38.744 FALLIERES CP1 128.4 H10 54 BRGM JFS GALE PALE CEVN PALE 18.655 15.711 38.746 ALES CLAIRAC AC73 55 BRGM JFS PYRT GRAN CEVN PALE 18.555 15.711 38.746 ALES CLAIRAC AC73 55 BRGM JFS PYRT FALE CEVN PALE 18.555 15.716 38.842 LA FERRIERE 84/14 58 BRGM JFS PYRT PALE CEVN PALE 18.521 15.663 38.598 PALLIERES 83/33 CRISTAUX 59 BRGM JFS PYRT PALE CEVN PALE 18.521 15.673 38.614 CORBES GARE FILON BA 84/1 60 BRGM JFS PYRT GARO CEVN PALE 18.521 15.663 38.599 PALLIERES CONCRETION PALS	49	BRGM	JFS	GALE	PALE	CEVN	PALE	18.591	15.674	38.726	PALLIERES PAL95 CONCRETIO
51 BRGM JFS GALE CADE CEVN <pale< td=""> 18.603 15.672 38.749 CADEYERS 252.1 DYKE 52 BRGM JFS GALE ALES CEVN<autr< td=""> 18.502 15.669 38.647 LESPINETTE TRIAS 83/72 53 BRGM JFS GALE ALES CEVN<autr< td=""> 18.610 15.653 38.546 ALES CLAIRAC AC73 54 BRGM JFS GALE FALE CEVN<pale< td=""> 18.555 15.711 38.748 COL DU PUIT 83/26 BRECHE 55 BRGM JFS FYRT GALE CEVN<pale< td=""> 18.555 15.711 38.748 COL DU PUIT 83/26 BRECHE 56 BRGM JFS FYRT FALE CEVN PALE 18.557 15.716 38.612 CARBES GALE ALES CLAIRAC AC73 57 BRGM JFS FYRT FALE CEVN PALE 18.552 15.673 38.612 ALES GALE ALES ALES</pale<></pale<></autr<></autr<></pale<>	50	BRGM	JF 5	GALE	GENE	CEVN	PALE	18.503	15.6/5	38.554	FRADINAS SF40336
52 BRGM JFS GALE ALES CEVN AUTR 18.502 15.669 38.647 LESPINETTE TRIAS 83/72 53 BRGM JFS GALE ALES CEVN PALE 18.610 15.653 38.744 PALLIERES CP1 128.4 H1C 54 BRGM JFS GALE ALES CEVN PALE 18.657 15.653 38.746 COL DU PUIT 83/26 BRCH2 55 BRGM JFS PART GRAN CEVN PALE 18.555 15.711 38.748 COL DU PUIT 83/26 BRCHE 56 BRGM JFS PYRT GRAN CEVN PALE 18.522 15.666 38.962 CORBES FRACT. GRANITE 50 57 BRGM JFS PYRT PALE CEVN PALE 18.522 15.666 38.961 FALLIERES 63/33 CRISTAUX 59 BRGM JFS PYRT PALE CEVN PALE 18.522 15.666 38.614 CORBES GARE FILON BA 34/1 61 BRGM JFS PYRT GRAN CEVN PALE 18.521 15.665 38.614 CORBES GARE FILON BA 34/1 62 BRGM JFS PYRT PALE CEVN PALE 18.521 15.665 38.614 CORBES GARE FILON BA 34/1 61 BRGM JFS PYRT PALE CEVN PALE 18.521 15.666 38.614 CORRES GARE	51	BRGM	JFS	GALE	CADE	CEVN	FALE	18,603	15.672	38.749	CADEYER5 252.1 DYKE
S3 BRGM JFS GALE FALE CEVN FALE 18.610 15.676 38.744 FALES CEVI 128.4 FIC 54 BRGM JFS GALE FALE CEVN AUTR 18.467 15.658 38.546 ALES CLAIRAC AC73 55 BRGM JFS GALE FALE CEVN FALE 18.555 15.711 38.748 COL DU PUIT 83/26 BRGM JFS CARNITE 50 57 BRGM JFS PYRT FALE CEVN PALE 18.573 15.716 38.842 LA FERRIERE 84/14 58 BRGM JFS PYRT PALE CEVN PALE 18.522 15.673 38.546 FALLIERES 83/33 CRISTAUX 59 BRGM JFS PYRT PALE CEVN PALE 18.521 15.673 38.648 FALLIERES CP1 101.7M 60 BRGM JFS PYRT PALE CEVN PALE 18.503 15.673 38.609 CADEYERS 14.44 14.1 61 BRGM JFS PYRT PALE CEVN PALE 18.503 15.673 38.609 CADEYERS 14.410 14.1 14.1 14.1	52	BRGM	JES	GALE	ALES	CEVN	AUTR	18.502	15.669	38.647	LESPINETTE TRIAS 83/72
S5S6 <td>53</td> <td>BRGM</td> <td>3155 750</td> <td>GALE</td> <td>PALE</td> <td>CEVN</td> <td>PALE</td> <td>18.610</td> <td>15.6/6</td> <td>- 38.744 - 39. Eac</td> <td>PALLIERES CP1 128.4 H1C</td>	53	BRGM	3155 750	GALE	PALE	CEVN	PALE	18.610	15.6/6	- 38.744 - 39. Eac	PALLIERES CP1 128.4 H1C
56BRGM JF3PYRTGRANCEVNPALE18.80215.69638.962CORBESFRACT.GRANITE 5057BRGM JFSPYRTPALECEVNPALE18.57915.71638.842LAFERRIERE84/1458BRGM JFSPYRTPALECEVNPALE18.53215.69038.661PALLIERES83/33CRISTAUX59BRGM JFSPYRTPALECEVNPALE18.52215.67338.598PALLIERES83/33PYRT+0XY60BRGM JFSPYRTGANCEVNPALE18.68115.67938.848FALLIERESCDIN BA84/161BRGM JFSPYRTPALECEVNPALE18.50315.67938.848FALLIERESCDIN BA84/162BRGM JFSPYRTPALECEVNPALE18.52215.66638.609CADEYER3143CONCRETION63BRGM JFSPYRTCADECEVNPALE18.52115.66638.931CADEYER3143EACTURE64BRGM JFSPYRTCADECEVNPALE18.55115.67838.700CADEYER3145FRACTURE65BRGM JFSPYRTCADECEVNPALE18.55915.67838.700CADEYER3145FRACTURE65BRGM JFSBLENALESCEVNPALE18.55915.67338.700CADEYER3145FRACTURE65BRGM JFSBLENAL	54	BRGM	JES	GALE	PALE	CEVN	PALE	18 555	15.655	- 38,748	COL DU PUIT 83/26 BRECHE
57BRGM JFSPYRTPALECEVNPALE18.57915.71638.842LAFERRIERE84/1458BRGM JFSPYRTPALECEVNPALE18.53215.68038.661PALLIERES63/33CRISTAUX59BRGM JFSPYRTPALECEVNPALE18.52215.67338.598PALLIERES63/33PYRT+0XY60BRGM JFSPYRTGRANCEVNPALE18.68115.67338.814CORBESGAREFILONBA61BRGM JFSPYRTFALECEVNPALE18.50315.67938.848FALLIERESCDNCRETIONFAL962BRGM JFSPYRTPALECEVNPALE18.52215.66638.699CADEYER3143mCONCRETION63BRGM JFSPYRTCADECEVNPALE18.53015.62338.609CADEYER3145FRACTURE64BRGM JFSPYRTCADECEVNPALE18.55915.67638.700CADEYER3145FRACTURE65BRGM JFSPYRTCADECEVNPALE18.55915.67338.599CATUSE225FRACTURE66BRGM JFSBLENALESCEVNPALE18.54915.66738.700CADEYER3145FRACTURE67BRGM JFSBLENALESCEVNALE18.54915.66738.599CATUSE225FRACTURE68BRGM JFSBLEN <t< td=""><td>56</td><td>BRGM</td><td>JFS</td><td>PYRT</td><td>GRAN</td><td>CEVN</td><td>PALE</td><td>18.802</td><td>15.686</td><td>38.962</td><td>CORBES FRACT. GRANITE 50</td></t<>	56	BRGM	JFS	PYRT	GRAN	CEVN	PALE	18.802	15.686	38.962	CORBES FRACT. GRANITE 50
58 BRGM JFS PYRT PALE CEVN PALE 18.532 15.680 38.661 PALLIERES 63/33 CRISTAUX 59 BRGM JFS PYRT PALE CEVN PALE 18.524 15.673 38.598 PALLIERES 83/33 PYRT+0XY 60 BRGM JFS PYRT GRAN CEVN PALE 18.681 15.678 38.814 CORBES GARE FILON BA 34/1 61 BRGM JFS PYRT PALE CEVN PALE 18.503 15.679 38.848 PALLIERES CP1 101.7M 62 BRGM JFS PYRT PALE CEVN PALE 18.503 15.623 38.605 CADEYER3 143M CONCRETION PAL9 63 BRGM JFS PYRT CADE CEVN PALE 18.531 15.660 38.931 CADEYER3 145 FRACTURE 64 BRGM JFS PYRT CADE CEVN PALE 18.551 15.660 38.931 CADEYER3 145 FRACTURE 65 BRGM JFS PYRT CADE CEVN PALE 18.551 15.660 38.931 CADEYER3 145 FRACTURE 64 BRGM JFS PYRT CADE CEVN PALE 18.551 15.678 38.700 CADEYER3 145 FRACTURE 65 BRGM JFS BLEN ALES CEVN AUTR 18.457 15.638	57	BRGM	JFS	FYRT	PALE	CEVN	PALE	18.579	15.716	38.842	LA FERRIERE 84/14
S9BRGM JFSPYRTPALECEVNPALE18:52415:67338:598PALLIERES83/33PYRT+UXY60BRGM JFSPYRTPALECEVNPALE18:68115:67838:814CORBESGAREFILONBA 34/161BRGM JFSPYRTPALECEVNPALE18:50315:67938:848PALLIERESCP1 101.7M62BRGM JFSPYRTCADECEVNPALE18:52215:66638:609CADEYER3143MCONCRETION63BRGM JFSPYRTCADECEVNPALE18:53015:62338:609CADEYER3143MCONCRETION64BRGM JFSPYRTCADECEVNPALE18:55915:67838:700CADEYER3145FRACTURE65BRGM JFSBLENALESCEVNPALE18:55915:67838:700CADEYER3145ELEMTBRECHE66BRGM JFSBLENALESCEVNPALE18:55915:67838:704CADEYER3145ELEMTBRECHE67BRGM JFSBLENALESCEVNPALE18:54915:63138:764PRADINAS279BLENDE1MICR68BRGM JFSBLENALESCEVNPALE18:54815:65738:591GRANITEPALTIERESFK70BRGM JFSBLENALESCEVNPALE18:37315:70338:591GRANITEPALTIERESFK71 </td <td>58</td> <td>BRGM</td> <td>JFS</td> <td>PYRT</td> <td>PALE</td> <td>CEVN</td> <td>PALE</td> <td>18.532</td> <td>15.680</td> <td>38.661</td> <td>PALLIERES 83/33 CRISTAUX</td>	58	BRGM	JFS	PYRT	PALE	CEVN	PALE	18.532	15.680	38.661	PALLIERES 83/33 CRISTAUX
60BRGM JFSPYRT PALECEVN PALE18.68113.67636.611CORLS GRAL FILENFILENCE61BRGM JFSPYRT PALECEVN PALE18.50315.67938.848PALLIERESCF1 101.7M62BRGM JFSPYRT CADECEVN PALE18.52215.66638.629PALLIERESCONCRETION PAL963BRGM JFSPYRT CADECEVN PALE18.53015.66738.931CADEYER3143 FRACTURE64BRGM JFSPYRT CADECEVN PALE18.55915.67838.700CADEYER3145 FRACTURE65BRGM JFSBLEN ALESCEVN PALE18.55915.67838.700CADEYER3145 ELEMT BRECHE65BRGM JFSBLEN ALESCEVN PALE18.54915.63138.764PRADINAS279BLENDE1 MICR66BRGM JFSBLEN GENECEVN PALE18.54915.66738.599CATUSE225FRACTURE67BRGM JFSBLEN ALESCEVN PALE18.54915.66738.599CATUSE225FRACTURE68BRGM JFSBLEN ALESCEVN PALE18.54815.66638.708COLPART 1-2ARKOSE TRIAS70BRGM JFSFELD JOSFCEVN PALE18.37315.70338.591GRANITEPALLIERES FK71BRGM JFSBLEN ALESCEVN PALE18.31815.65038.438CATUSE2225ZNS72BRGM JFSRTOTGENECEVN PALE18.51015.68338.671GEN	59 ch	BRGM DDCM	388 150	PYR1 OVOT	PALE GOAN		PALE	18 524	15.573	- 38.598 - 29 01 A	CODDES GADE ETLON DA 94/1
62BRGMJFSPYRTPALECEVNPALE18.52215.66638.629PALLIERESCONCRETIONPAL963BRGMJFSPYRTCADECEVNPALE18.53015.62338.609CADEYER3143MCONCRETION64BRGMJFSPYRTCADECEVNPALE18.58115.66038.931CADEYER3145FRACTURE65BRGMJFSPYRTCADECEVNPALE18.55915.67838.700CADEYER3145FRACTURE66BRGMJFSBLENALESCEVNPALE18.55915.67838.700CADEYER3145ELEMTBRECHE67BRGMJFSBLENALESCEVNPALE18.54915.63838.512ALESPERRETFRACTURE68BRGMJFSBLENGENECEVNPALE18.54915.66738.599CATUSSE225FRACTURE68BRGMJFSBLENALESCEVNPALE18.54915.66738.591GRANITEPALLIERESFK68BRGMJFSFELDJOSFCEVNPALE18.54815.66638.708COLPART1-2ARKOSETRIAS70BRGMJFSFELDPALECEVNPALE18.37315.70338.591GRANITEPALLIERESFK71BRGMJFSRLDPALECEVNPALE18.37315.65038.438<	- 61	BRGM	JFS	PYRT	PALE		PALE	18,503	15.679	38.848	PALLIERES CP1 101.7M
63BRGMJFSPYRTCADECEVNPALE18.53015.62338.609CADEYER3143MCONCRETION64BRGMJFSPYRTCADECEVNPALE18.58115.66038.931CADEYER3145FRACTURE65BRGMJFSPYRTCADECEVNPALE18.55915.67838.700CADEYER3145ELEMTBRECHE66BRGMJFSBLENALESCEVNPALE18.45715.63838.512ALESPERRETFRACTURE67BRGMJFSBLENGENECEVNPALE18.54915.66138.764PRADINAS279BLENDE1MICR68BRGMJFSBLENALESCEVNPALE18.54915.66738.595CATUSSE225FRACTURE69BRGMJFSFELDJOSFCEVNPALE18.54815.68638.708COLPART1-2ARKOSETRIAS70BRGMJFSFELDPALECEVNPALE18.37315.70338.591GRANITEPALLIERESFK71BRGMJFSRLDPALECEVNPALE18.31815.65038.438CATUSSE225ZNS72BRGMJFSRTOTGENECEVNPALE18.51015.69038.819RHETIENPRADINAS73BRGMJFSNTOTSOCLCEVNPALE18.55015.68338.674CH	62	BRGM	JFS	FYRT	PALE	CEVN	PALE	18.522	15.666	38.629	PALLIERES CONCRETION PALS
64BRGM JFSPYRT CADE CEVN PALE18.58115.66033.931CADEYER3145FRACTURE65BRGM JFSFYRT CADE CEVN PALE18.55915.67838.700CADEYER3145ELEMT BRECHE66BRGM JFSBLEN ALES CEVN AUTR18.45715.63838.512ALES PERRET FRACTURE67BRGM JFSBLEN ALES CEVN PALE18.54915.63138.764PRADINAS 279BLENDE1 MICR68BRGM JFSBLEN ALES CEVN AUTR18.49115.66738.599CATUSSE 225FRACTURE69BRGM JFSFELD JOSF CEVN PALE18.54815.68638.708COLPART 1-2ARKOSE TRIAS70BRGM JFSFELD PALECEVN PALE18.37315.70338.591GRANITE PALLIERES FK71BRGM JFSBLEN ALES CEVN AUTR18.31815.65038.438CATUSSE 225ZNS72BRGM JFSRTOT GENE CEVN PALE18.61915.69038.819RHETIEN PRADINAS73BRGM JFSNTOT SOCL CEVN AUTR18.44315.67138.490GEORGIEN ST ROMAN74BRGM JFSOXFE RODE CEVN PALE18.55215.68638.744CHAPEAU FER LA RODE AC1175BRGM JFSOXFE RODE CEVN PALE18.55715.68538.744CHAPEAU FER LA RODE S176BRGM JFSOXFE RODE CEVN PALE18.58715.68538.744CHAPEAU FER LA RODE S176BRGM JFSOXFE RODE CEVN PALE18.58715.68538.744CHAPEAU FER LA RODE S1 <td>63</td> <td>BRGM</td> <td>JFS</td> <td>PYRT</td> <td>CADE</td> <td>CEVN</td> <td>PALE</td> <td>18,530</td> <td>15.623</td> <td>38.609</td> <td>CADEYER3 143M CONCRETION</td>	63	BRGM	JFS	PYRT	CADE	CEVN	PALE	18,530	15.623	38.609	CADEYER3 143M CONCRETION
GS BRGM JFSFTRT CHDE CEVN PALE18.85915.67638.700CHDEYERS 145ELENT BRECHE66BRGM JFSBLEN ALES CEVN AUTR18.45715.63838.512ALES PERRET FRACTURE67BRGM JFSBLEN GENE CEVN PALE18.54915.63138.764PRADINAS 279BLENDE1 MICR68BRGM JFSBLEN ALES CEVN AUTR18.49115.66738.599CATUSSE 225FRACTURE69BRGM JFSFELD JOSF CEVN PALE18.54815.68638.708COLPART 1-2ARKOSE TRIAS70BRGM JFSFELD PALECEVN PALE18.37315.70338.591GRANITE PALLIERES FK71BRGM JFSBLEN ALES CEVN PALE18.31815.65038.438CATUSSE 225ZNS72BRGM JFSRTOT GENE CEVN PALE18.61915.69038.819RHETIEN PRADINAS73BRGM JFSNTOT SOCL CEVN PALE18.44315.67138.490GEORGIEN ST ROMAN74BRGM JFSOXFE RODE CEVN PALE18.51015.68338.674CHAPEAU FER LA RODE AC1175BRGM JFSOXFE RODE CEVN PALE18.55215.68638.690CHAPEAU FER LA RODE AC1175BRGM JFSOXFE RODE CEVN PALE18.55715.68638.744CHAPEAU FER LA RODE S176BRGM JFSOXFE RODE CEVN PALE18.58715.68538.744CHAPEAU FER LA RODE S1	54 7 F	BRGM	385	PYRI DVDT	CADE	CEVN	PALE	18.581	15,560	33,931	CADEYERS 145 FRACTURE
67BRGMJFSBLENGENECEVNPALE18.54915.66738.764PRADINAS273BLENDE1MICR68BRGMJFSBLENALESCEVNAUTR18.49115.66738.599CATUSSE225FRACTURE69BRGMJFSFELDJOSFCEVNPALE18.54815.66738.599CATUSSE225FRACTURE69BRGMJFSFELDJOSFCEVNPALE18.54815.66638.708COLPART1-2ARKOSETRIAS70BRGMJFSFELDPALECEVNPALE18.37315.70338.591GRANITEPALLIERESFK71BRGMJFSBLENALESCEVNPALE18.31815.65038.438CATUSSE225ZNS72BRGMJFSRTOTGENECEVNPALE18.61915.69038.819RHETIENPRADINAS73BRGMJFSRTOTSOCLCEVNPALE18.61915.69038.438CATUSEE225ZNS74BRGMJFSNTOTSOCLCEVNPALE18.61915.69138.674CHAPEAUFERLARODEACTURE75BRGMJFSOXFERODECEVNPALE18.55215.68638.690CHAPEAUFERLARODEACTURE76BRGMJFSOXFERODECEVNPALE18.58715 <td< td=""><td>0.0 AA</td><td>BRGM</td><td>JES</td><td>BLEN</td><td>ALES</td><td>CEVN</td><td>AUTR</td><td>18 457</td><td>15 638</td><td>38,700</td><td>ALES PERRET FRACTURE</td></td<>	0.0 AA	BRGM	JES	BLEN	ALES	CEVN	AUTR	18 457	15 638	38,700	ALES PERRET FRACTURE
68 BRGM JFS BLEN ALES CEVN AUTR 18.491 15.667 38.599 CATUSSE 225 FRACTURE 69 BRGM JFS FELD JOSF CEVN PALE 18.548 15.686 38.708 COLPART 1-2 ARKOSE TRIAS 70 BRGM JFS FELD PALE CEVN PALE 18.373 15.703 39.591 GRANITE PALLIERES FK 71 BRGM JFS BLEN ALES CEVN AUTR 18.318 15.650 38.438 CATUSSE 225 ZNS 72 BRGM JFS RTOT GENE CEVN PALE 18.619 15.690. 33.819 RHETIEN PRADINAS 73 BRGM JFS RTOT SOCL CEVN PALE 18.443 15.671 38.490 GEORGIEN ST ROMAN 74 BRGM JFS OXFE RODE CEVN PALE 18.510 15.683 33.674 CHAPEAU FER LA RODE AC11 75 BRGM JFS OXFE RODE CEVN PALE 18.552 15.686 38.690 CHAPEAU FER LA RODE S1 76 BRGM JFS OXFE RODE CEVN PALE 18.587 15 685 38.744 CHAPEAU FER LA RODE S2	67	BRGM	JFS	FLEN	GENE	CEVN	PALE	18.549	15.691	38.764	PRADINAS 279 BLENDE1 MICK
69 BRGM JFS FELD JOSF CEVN PALE 18.548 15.686 38.708 COLPART 1-2 ARKOSE TRIAS 70 BRGM JFS FELD PALE CEVN PALE 18.373 15.703 38.591 GRANITE PALLIERES FK 71 BRGM JFS BLEN ALES CEVN AUTR 18.318 15.650 38.438 CATUSSE 225 ZNS 72 BRGM JFS RTOT GENE CEVN PALE 18.619 15.690. 38.819 RHETIEN PRADINAS 73 BRGM JFS RTOT SOCL CEVN PALE 18.443 15.671 38.490 GEORGIEN ST ROMAN 74 BRGM JFS DXFE RODE CEVN PALE 18.510 15.683 38.674 CHAPEAU FER LA RODE AC11 75 BRGM JFS DXFE RODE CEVN PALE 18.552 15.686 38.690 CHAPEAU FER LA RODE S1 76 BRGM JFS DXFE RODE CEVN PALE 18.587 15 685 38.744 CHAPEAU FER LA RODE S2	68	BRGM	JFS	BLEN	ALES	CEVN	AUTR	18.491	15.667	38.599	CATUSSE 225 FRACTURE
70BRGM JFSFELDFHLECEVNFHLE18.37315.70338.591GRANITEFALLIERESFK71BRGM JFSRLENALESCEVNAUTR18.31815.65038.438CATUSSE225ZNS72BRGM JFSRTOTGENECEVNPALE18.61915.69038.819RHETIENPRADINAS73BRGM JFSRTOTSOCLCEVNPALE18.44315.67138.490GEORGIENSTROMAN74BRGM JFSDXFERODECEVNPALE18.51015.68338.674CHAPEAUFERLARODEAC1175BRGM JFS0XFERODECEVNPALE18.55215.68638.744CHAPEAUFERLARODES176BRGM JFS0XFERODECEVNPALE18.5871568538.744CHAPEAUFERLARODES2	69	BRGM	JFS	FELD	JOSE	CEVN	PALE	18 548	15.686	38.708	COLPART 1-2 ARKOSE TRIAS
72 BRGM JFS RTOT GENE CEVN PALE 18.510 15.630 38.438 CHIVASE 128 208 73 BRGM JFS RTOT SOCL CEVN AUTR 18.443 15.671 38.490 GEORGIEN ST ROMAN 74 BRGM JFS DXFE RODE CEVN PALE 18.510 15.683 38.674 CHAPEAU FER LA RODE AC11 75 BRGM JFS DXFE RODE CEVN PALE 18.552 15.686 38.690 CHAPEAU FER LA RODE S1 76 BRGM JFS DXFE RODE CEVN PALE 18.587 15 685 38.744 CHAPEAU FER LA RODE S1	70	orum Rram	013 169	FELU Fil En	DI FO	CEVN CEUN	AHTE	18.3/3 10 919	15.703 15.650	- 35.551 - 32 130	GRANITE FALLIERES FR FATHERE DOE DNG
73 BRGM JFS RTOT SOCL CEVN AUTR 18.443 15.671 38.490 GEORGIEN ST ROMAN 74 BRGM JFS OXFE RODE CEVN PALE 18.510 15.683 38.674 CHAPEAU FER LA RODE AC11 75 BRGM JFS OXFE RODE CEVN PALE 18.552 15.686 38.690 CHAPEAU FER LA RODE S1 76 BRGM JFS OXFE RODE CEVN PALE 18.587 15.685 38.744 CHAPEAU FER LA RODE S2	72	BRGM	JFS	RTOT	GENE	CEVN	PALE	18,619	15.690	38.819	RHETIEN PRADINAS
74 BRGM JFS OXFE RODE CEVN PALE 18.510 15.683 38.674 CHAPEAU FER LA RODE AC11 75 BRGM JFS OXFE RODE CEVN PALE 18.552 15.686 38.690 CHAPEAU FER LA RODE S1 76 BRGM JFS OXFE RODE CEVN PALE 18.587 15.685 38.744 CHAPEAU FER LA RODE S2	73	ERGM	JFS	RTOT	SOCL	CEVN	AUTR	18,443	15.671	38.490	GEORGIEN ST ROMAN
75 BROM JES UXEE RUDE CEVN PALE 18.552 15.535 38.630 CHAPEAU FER LA RODE SI 76 BROM JES OXEE RODE CEVN PALE 18.587 15.685 38.744 CHAPEAU FER LA RODE S2	74	BRGM	JFS	OXFE	RODE	CEVN	PALE	18.510	15.683	38.674	CHAPEAU FER LA RODE AC11
	/5 74	BRGM	JFS		RUDE		PALE PALE	18,552 18,587	15.585	38.690 38.744	CHAPEAU FER LA RUDE SI CHAPEAU FER LA RODE S2

ETUDES DES RELATIONS ENTRE GITES FILONIENS ET STRATIFORMES ASSOCIES : Les exemples de LUDERICH (Massif Schisteux Rhénan, RFA) et de PESSENS-LACAN (Aveyron, France)

ANNEXE 9

87 DAM 012 DEX mars 1987

BRGM

Contrat nº MSM-041-F

Y, FUCHS

UNIVERSITE Pierre et Marie CURIE LABORATOIRE DE GEOCHIMIE ET METALLOGENIE 4, Place Jussieu - 75230 PARIS CEDEX 05
OBJET: Etude des relations entres gites filoniens et strati--formes associés; les exemples de Lüderich (Massif Schisteux Rhénan, R.F.A.) et de Pessens-Lacan (Aveyron, France).

Le but des recherches engagées était de préciser, dans un certain nombre de cas précis les relations qui peuvent exis--ter entre des minéralisations stratiformes encaissées dans des terrains sédimentaires et des filons spatialement associés.

Deux exemples ont été choisis:

- La région de Bensberg-Lüderich (Pb-Zn) en Nord-Rhénanie Westphalie (R.F.A.).

- La région de Pessens-Lacan (Ba SO₄) en Aveyron (France).

Dans les deux cas il s'agit de concentrations exception--nelles à l'échelle régionale:Lüderich 800.000t métal (Zn+Pb), Pessens environ 1.200.000 t et Lacan 700.000 t de Ba SO₄.

A proximité des gisements existent de nombreux indices minéralisés.Il s'agit du district de Bensberg, du district de Eitorf (Sieg), du disctrict de Mayen en ce qui concerne le plomb-zinc du Dévonien inférieur du Massif Schisteux Rhénan, des indices stratiformes du bassin de Millau et de Buzareingues des filons des Palanges et du Minier d'Olt en ce qui concerne l'Aveyron.Aucun de ces nombreux indices, qui présentent cepen--dant nombre de traits communs avec les grands gites voisins n'a fourni à ce jour de tonnages économiques importants. Au delà de la compréhension des relations qui peuvent exister entre minéralisations stratiformes et filoniennes et des processus en jeu on espère par l'étude en cours avoir précisé les critères de formation de certaines grandes concentrations et par là-même les guides de prospection.

1 - LE GISEMENT DE LUDERICH (Nord-Rhénanie Westphalie).

1 - 1 Le contexte géologique du gisement.

Le Dévonien inférieur du Massif Schisteux Rhénan est caractérisé par une sédimentation finement détritique qui tra--duit un environnement de plaine littorale localisée entre le Continent des Vieux Grés Rouges au Nord et les faciès marins de type bohémien au Sud-Est (région de Giessen).Les minérali--sations sont encaissés dans ces sédiments de plaine littora--le er pour l'essentiel localisées dans des fractures.Celles-çi se développent généralement dans une zone de passage latéral entre des faciès pélitiques localisés au toit et des faciès gréseux au mur. L'ensemble a des ages Siegenien à Emsien.Les occurences minéralisées et les gisements sont distribués en 3 zones.Ces zones correpondent,à l'échelle régionale et pour le niveau concerné dans chaque zone à la limite des faciès oxydants et des faciès réduits.

Dans le gisement de Luderich la zone de fracturation affecte un secteur ou les faciès perturbés synsédimentaires sont particulièrement nombreux et marqués (fluages,slumps,ra--vinements intraformationels etc) dès le Siegenien.La minérali--sation s'y présente sous forme de lentilles précoces, de remplis--sages des fractures développées entre faciès pélitique et faciès gréseux.



.

•

Ś



Ces formations pélitiques et gréseuses constituent des. équivalents latéraux l'un de l'autre et correpondent respecti--vement à des milieux de plaine inondable et de chenaux.Il est même possible d'observer le passage latéral d'un faciès à l' autre dans les niveaux les plus élevés de la série gréseuse (grés d'Odenspiel) aux faciès pélitiques (pélites de Bensberg).

L'extension verticale de la minéralisation est strictement limitée à la zone de contact entre les grés d 'Odenspiel et les pélites de Bensberg.

L'étude de la minéralisation lors de travaux précédents (C. Villemaire,1978; Y. Fuchs et C. Villemaire 1981) nous a conduit à proposer un modèle spécifique.Une zone de fractura--tion complexe s'est développée au contact de deux ensembles lithologiques à caractères contrastés (grés - pélites).cette zone de fracturation aurait pu jouer en drain préférentiel pour des fluides dont certains éléments seraient emprumptés à l'environnement sédimentaire immédiat.L'existence de structures précoces traduit la localisation de tectoniques de compaction dans des zones d'instabilité sédimentaire.Ces zones sont par ailleurs favorables à l'existence de concentrations métalliques syn- ou diagénétiques sédimentaires dont la réalité est attestée par des minéralisations plombifères diffuses (carrière Sud) voire des lentilles décamétriques à Po-Zn-Cu (tranchée de l'eutoroutede Olpe).

A l'échelle régionale on observe une translation des indi--ces minéralisés qui sont encaissés dans des formations de plus en plus récentes du Sud vers le Nord.Cette trans lation

correspond à un déplacement dans le même sens de la limite faciès gris-faciès rouge.

L'idée générale du modèle proposé est donc celle d'un phénomène de reconcentration épigénétique controlé par des structu--res cascantes des phases de compaction et ce à partir d'un stock métal syn- diagénétique sédimentaire dont la répartition est, à différentes échelles controlée par la paléogéographie du Dévonien inférieur.

La vérification de cette hypothèse que confortait déjà un certain nombre d'observations de terrain devait se baser sur un certain nombre d'études:

- étude des minéraux argileux ,essai de vérification de l'existence de circulations hydrothermales.

- étude de la distribution des teneurs en élément-traces dans les sédiments à plus ou moins grande distance du gite.

- étude à la microsonde CAMEBAX de la répartition des oligo-éléments dans les différents types de sulfures.

- étude isotopique du soufre des sulfures, du carbone et de l'oxygène des ankérites, essai de caractérisation des fluides et de leurs températures.

- étude isotopique du plomb des galènes.

Ces différents travaux ont été gènés par la fermeture de la mine et les difficultés à obtenir des échantillons auprès du Géologisches Landesamt dépositaire des collections références. Toutefois les travaux ont pu être effectués sur la collection du laboratoire et sur des sondages mis à notre disposition par la société GELSENBERG A.G. que nous tenons à remercier.

Ces teavaux se poursuivent encore et feront l'objet d'une note complémentaire.Seuls seront exposés ici les résultats des analyses isotopiques du plomb.

1 - 2 - Résultats des analyses isotopiques du plomb
Les mesures ont été effectuées à la Faculté des Sciences de
l'Université Libre de Bruxelles.

n° d'échantillon	207/204 Pb	206/204 Pd	208/204 РЪ
G 12 Ъ	15,601	18,163	38,086
HS 52	15,599	18,158	38,052
HS 52 a	15,595	18,152	38,062
17 ¹	15,594	18 , 158	37,995
25	15,584	18,156	38,062
23	15,586	18,155	38,060
16	15,583	18,216	38,089
Berg II 2 181,46	15,588	18,147	37,935
Berg II 2 181,50	15,557	18,116	3,8,061

Ces résultats ont été reportés sur des graphiques 208/204 par rapport à 206/204 (fig.2) et 207/204 par rapport à 206/204(fig 3) Les résultats de Lüderich se retrouve dans un domaine assez bien défini (L des fig.).Sur ces figures on a représenté le domaine des plombs cambriens de la Montagne Noire (Brévart 1985)(MN), les plombs du gite de Chaudfontaines (Belgique) (L.Dejongh 1985) et les données de Large et al. (198).Pour ces données on a distin--gué les plombs des gites qualifiés de veines varisques par Large et al (V.V.),ceux des veines encaissées dans le Dévonien inférieur (E.D.V.),ceux des gites d'imprégnation du Trias (Mau--bach,Mechernich etc) (T.H.D.) et ceux de v eines tardives qui recoupent le Crétacé ou le Tertiaire (T.V.)





Un certain nombre d'éléments se dégagent de ces graphiques.On note surtout les valeurs particulières des plombs de Lüderich. Leur signature diffère a la fois de celle des plombs anciens (Cambrien) et de celle des plombs du cycle hercynien.Leur age pourrait être voisin de 400 millions d'années encore que cet "age" doive être manié avec prudence.Il serait toutefois compatible avec l'hypothèse de C. Villemaire qui voyait pour les métaux de Lüderich une source dans le continent des vieux grés rouges (cycle calédonien).On constate aussi que be stock métal des gites encaissés dans le Trias et celui des filons tardifs ont des signatures hercyniennes.

D'autres résultats sont attendus qui permettront sans nul doute d'affiner ces conclusions.

2 - LE DISTRICT A BARYTINE DE PESSENS LACAN (AVEYRON).

A l'Est de Rodez les gros gites de barytine de Pessens et de Lacan sont distants de 8 km seulement.Dans ces deux gisements les paragénèses sont assez voisines:barytine dominante,sulfures très rares,fluorine absente à Lacan,très rare à Pessens. Toutefois leurs morphologies sont très différentes.Pessens est un gite stratiforme intercalé dans des dolomies de l'Hettangien inférieur tandis que Lacan est un filon encaissé dans les orthogneiss des Palanges.La proximité de ces gisements,leur localisation de part et d'autre d'une zone de dislocation N 20 qui a été tectoniquement active depuis au moins le Stéphanien moyen,tout cela pose le problème des relations entre ces deux gites.C'est à cette question que l'étude entreprise a tenté de répondre.



Fig. ζ_i - Distribution des faciès de l'Hettangien et localisation des gites et indices de barytine.

.

2 - 1 LE GITE DE PESSENS

2-1-1 Description Géologique Sommaire

Le gite de Pessens se présente comme une couche de barytine intercalé dans les formations de l'Hettangien inférieur à 20m environ au dessus de la base de cet étage transgressif et discordant sur les orthogneiss et le Permo-houiller. La lentille minéralisée dont l'épaisseur varie de 4 m à quelques décimètres est localisée à l'aplomb d'une structure du socle orientée WNW-ESE. Cette ride est active depuis le Permien inférieur (Autunien) et reste vivante duant le Lias comme l'atteste par exemple la répartition statistique des microfractu--res de tassement et de glissement dans les stromatolithes de l'Hettanjien (FUCHS 1980). La lentille minéralisée est localisée dans des faciès tidaux à la limite entre un milieu palus--tre dulcicole au Nord et un milieu de bassin évaporitique au Sud (fig. 4).

La barytine se présente sous la forme d'une couche princi--pale accompagnée au Sud par une couche parallèle à 1,50 m au dessus (puissance 0,5 m) et des couches décimétriques situées entre 5 et llm au dessus de l'assise minéralisée.

Dans la couche principale la minéralisation barytique présente deux faciès:

- un faciès de remplacement d'une micrite originelle dont certains éléments subsistent à l'état de fantômes et se dispo--sent suivant les litages originaux que ceux çi aient été hori--zontaux ou obliques.La limite des éléments est floue.L'observation en lame mince confirme l'existence de phénomènes de rem--placement de la micrite dolomitique par la barytine.

La fluorine est présente sous forme de minéralisations géodiques associées à la barytine de 2è génération dans la partie nord du gite.

L'étude de la fraction minéralogique fine ainsi que celle de la répartition géochimique du bore sont particulièrement intéres -sants.La zone de Pessens montre un passage entre un domaine palustre dulcicole au Nord (argiles bariolées, sols hydromorphes à clayats et tubulures de racines) à une zone supratidale (mudcracks, ravinements,...)Plus au Sud encore on passe à une zone à stromatolithes ou le gite barytique atteint son développement maximal, puis à des faciès évaporotiques (vallée de l'Aveyron).

Dans la zone du marais cotier le minéral argileux présent est presque exclusivement de l'illite.

Dans les faciès supratidaux fréquemment émergés les miné--raux argileux sont essentiellement de l'illite ouverte, des smectites (en faible proportion) et des interstratifiés du type Illite-Vermiculite.Le pourcentage de kaolinite est toujours inférieur à 5%.Dans la fraction fine le quartz essentiellement subautomorphe est très abondant.Toujours supérieure à25% sa part peut atteindre 50% dans la partie la plus amont de cette zone. Cette disposition présente de nombreuses similitudes avec les phénomènes observés par F Baltzer (1975,1980) dans les zones émergées des marais cotiers actuels.La présence de smectites la formation de silicifications secondaires y est attribuée à des remontées d'eaux et des phénomènes d'évaporation en milieu émergé.

Dans la zone située plus en aval (zone inter à infratidale) caractérisée par la disparition des marmorisations et des mudcracks,l'apparition des ripplemarks et des niveaux argileux







•

- un faciès de barytine massive localisé à l'intérieur de la couche porteuse mais en différentes positions (fig.5). Dans la zone centrale du gite cette barytine massive, postérieure au faciès 1 se présente sous forme de cristaux pluricentimétriques lamellaires disposés de façon centripète.La présence de vides relictes au centre est fréquente.La surface de ces géodes est représentée par la surface crêtrée des lamelles de barytine. Parfois ces cavités ont été remplies par de la calcite tardive ou des oxydes de manganèse.L'extension latérale de ce faciès 2 parait plus importante que celle du faciès l.En bordure du gite vers l'Est et le Nord ce faciès 2 est seul représenté.Il s'agit alors d'une barytine blanche cimentant les éléments d'une brêche de dislocation in situ d'un banc de dolomie micritique indurée.Ici les contours des éléments sont nets, les angles aigus. (fig.6) A l'échelle macroscopique comme à l'échelle microscopi--que aucune structure de remplacement n'est visible.

Le faciès 2 apparait ainsi comme une minéralisation rela--tivement tardive mise en place dans un vide ouvert peut-être par des circulations sous pression.Les études de géochimie et de géochimie isotopique (cf 2-1-2 et 2-1-3) indiquent nettement que cette barytine s'est déposée dans des conditions différentes de celles gouvernant la formation du faciès l. 2-1-2 Minéralogie et Géochime du gite de Pessens.

Le gite de Pessens est presque exclusivement barytique. Le cinabre cités par différents auteurs est très rare.Il existeen cris--taux millimétriques dans la zone nord.La barytine de lère génération montre des teneurs anormalement élevées en antimoine (de 200 à 380 ppm) sur l'ensemble du gite mais aucun minéral d'antimoine n'a été observé contrairement à ce qui se passe dans le bassin de Millau (boulangérite-seeligmanite de Vezouilhac).



17.





versts à noirs on constate des changements importants. Dans le niveau argileux repère la part du quartz dans la fraction fine devient inférieur à 20% et localement à 10%.Les smectites et les interstratifiés disparaissent.Le principal minéral argileux est l'illite (20 à 40%) tandis que la part de la kaolinite devient importante (10 à 25%).Une cartographie détaillée de la répartition de la kaolinite (fig 7) donne une image qui se superpose parfaite--ment aux cartes de différenciation sédimentaire (fig.8) et à la carte des isopaches de la formation minéralisée (fig. 9). Plus au sud, dans la vallée de l'Aveyron là ou dominent les faciès évaporitiques on note la prédominance d'illite très bien cristal--lisée accompagnée d'attapulgite (5-10 %).

Cette différenciation minéralogique des interlits argileux se retrouve au sondage de Gaillac-Monrepos (20 km à l'Est) ou l'Hettangien inférieur comprend des dolomies à nodules et petits niveaux d'anhydrite.L'illite bien cristallisée et l' attapulgite y dominent dans les intercalations argileuses.

Les analyses de la fraction argileuse de ces niveaux du sondage de Gaillac-Monrepos ont montré que les teneurs en bore y étaient particulièrement élevées (250 à 380 ppm) tandis que les interlits argileux de Pessens ont des teneurs basses (15 à 25 ppm).

Les critères de minéralogie des argiles et les teneurs enbore tendent donc bien à confirmer que le gite de barytine de Pessens se localise à la limite de deux domaines de sédimenta--tion à chimisme différent.

2-1-3 Géochimie isotopique du Carnone de l'Oxygène et du Soufre danc le gite de Pessens et son encaissant.

s c Fig. 10

Stromatelitles

ginination

L

a

0 \$550 CI \$'S

carbowates

.

- 5

vr breches

yere . 2"

brickes 0

510 0

2-1-3-1 Géochimie isotopique des carbonates: L'étude a porté sur les dolomies de l'encaissant immédiat du gite ou des éléments bréchiques du minerai.

N° de l'échantillon	ප් C ¹³ /PDB	ර 0 ¹⁸ /PDB
7906	- 0,68	- 0,06
7908	- 7,09	- 3,70
7909	+ 0,28	- 0,22
7911	+ 0,13	+ 0,24
7912	- 3,20	- 2,16
7916	- 7,51	- 4,35
7917	- 1,32	- 1,80
7920	- 3,19	- 1,35
7925	- 8,48	- 6,45
7926	- 2,55	- 2,76
7927	- 3,00	- 3,24
7929	- 2,40	+ 0,10
7930	- 1,21	- 1,90
7934	- 8,12	- 6,06

Les carbonates dont il s'agit sont mesurés sur des éléments de roches encaissantes repris dans le minerai à l'état d'éléments de brêches (barytine de 2 è génération) ou d'éléments à contours flous (lère génération de barytine).

On constate qu'esiste une assez bonne corrélation positive entre $\delta 0^{18}$ et δc^{13} (fig. 10).Les valeurs de δc^{13} varient de - 8,48 à + 0,28. Les données formies par les différents auteurs (C. Pierre et J. Ch. Fontes,1978,1979 par exemple montrent qu'il est relativement facile de distinguer des carbonates d'origine marine de carbonates dont le carbone provient de formations qui tels les sols palustres sont le siège d'une intense activité biologique.

Dans les eaux marines il y a possibilité de réquilibration isotopique avec le CO_2 de l'atmosphère.De ce fait la cristallisation des carbonates en milieu marin se fait avec des rapports isotopiques en C^{13} qui sont bien définis et sont fonction de la température du milieu et de la nature minéralogique des carbonates formés.Les teneurs en C^{13} des carbonates marins s' établissent généralement entre l et + 3 °/oo (étalon PDB 1).~ L'action de la biosynthèse par contre a pour effet un fractionne--ment isotopique au profit des des légers.Le CO_2 de la phytosphère a une teneur en isotope l3 du carbone plus faible que celle du CO_2 de l'atmosphère.Les eaux continetales en particulier celles qui,des nappes,ont transité par les sols ,sièges d'activité biolo--gique intense ont des valeurs de S comprises généralement entre - $15^{\circ}/oo$ et + $3^{\circ}/oo$.

Les valeurs obtenues pour les carbonates de Pessens, comprises entre = 8,48 et + $0,28^{\circ}/00$, semblent bien indiquer des influences continentales dans le milieu tidal. En ce qui concerne les résultats d' 0^{18} , compris entre = 6,45 et + $0,24^{\circ}/00$ on note qu'elles ne sont pas incompatibles avec de te ls apports d'eaux continentales.Les valeurs négatives de 0^{18} sont parfaitement compatibles avec un tel apport.La présence d'influences marines, voire la concentration par évaporation des eaux continentales peut pour sa part entrainer un enrichissement en isotopes lourds. ce qui peut expliquer les valeurs positives des échantillons 7911 et 7929.Toutefois ces échantillons correpondent à des brêches de barytine de 2ème <u>c</u>énération et pourraient indiquer des fluides de nature différente.

2-1-3-2 Géochimie isotopique du soufre et de l'oxygène dans les barytines de Pessens. Résultats des analyses:

N° de l'échantillon	\$ 34 S °/00	0 18 0°/00
7901	+ 9,44	+ 13,65
7906	+11,47	= 11,05
7907	+ 8,62	+ 12,50~
7909	+ 6,51	+ 12,55
7911	+ 7,92	+ 12,30
7912	+ 8,48	+ 11,70
7916	+ 9,00	+ 11,90
7917	+11,59	+ 10,80
7920	+14,14	+ 12,50
7921	+11,67	+ 13,00
7925	+ 6,29	+ 12,60
7926	+ 5,08	+ 13,00

Les valeurs de 34 S des barytines varient de 5,08 à 14,14 °/oo et celles de 518 O de + 10,80 à + 13,65°/oo. Ces valeurs semblent exclure que le sulfate ait une origine magmatique.Elles sont plus élevées que les rapports des évaporites des mers hettangiennes et correspondraient plutôt à des valeurs permiennes.Cette origine étant exclue étant doné





le contexte géologique force nous est d'admettre que ce sulfate s'il est d'origine marine liasique a subi au cours de son histoire un fractionnement isotopique aboutissant à un enrichissement en isotopes lourds.Ceci peut être du à une réduction partielle ce qui est compatible avec les conditions gouvernant le dépôt de la barytine.

Il convient par ailleurs d'attirer l'attention sur la corréla--tion négative qui existe entre les valeurs S_{180} et S_{34S} des barytines (fig. ll).Un tel type de relation assez rare a cependant déjà été observé dans le gite de Chaillac (Sy ,1982). Il pourrait être le résultat d'une histoire assez complexe faisant intervenir une succession de phénomènes de réduction et d'oxydation partielle.

Si les valeurs obtenues pour 534 S dans les barytines de première génération (fig 12) semblent confirmer l'existence de relations avec l'environnement sédimentaire, par contre la monotonie des résultats concernant les barytines de 2 ème génération semble indiquer l'existence d'un fluide homogène tardif.L'origine de ce fluide peut être recherchée dans des migrations d'eaux connées liées à la diagénèse du bassin ou dans des circulation hydrother--males controlées par le rejeu tardif des structures du socle.

2-2 LE GISEMENT DE LACAN.

Le gite filonien de Lacan se localise dans la retombée Nord-Ouest du Massif du Lévezou.Le filon d'orientation E-W à 110° est grossièrement parallèle à la faille bordière des Palanges. Cette faille dont le dernier rejeu est tertiaire met en contact le socle des Palanges et sa couverture permo-houillère au Sud

avec le Détroit de Rodez (Permo-houiller et Jurassique) au Nord. L'ensemble filonien de Lacan est limité à l'^Ouest par l'accident N20 de Cassagnes et se perd vers l'Est.

2-2-1 Environnement géologique du filon.

Le Massif des Palanges est interprété comme un corps intrusif acide dans des terrains sédimentaires.Le corps intrusif présente une différentiation périphérique (P. Collomb,1970). L'intrusion a été datée à 580 Ma par la méthode Pb/U sur zircons (A Lévèque 1984).Le métamorphisme auquel il a été soumis est daté à 370 + 20 Ma (Baubron sous presse).

Le filon de Lacan se trouve encaissé dans les orthogneiss sauf à l'Est du puits de la mine ou il est situé au contact entre ceux-ci et des formations stéphaniennes.

Dans les orthogneiss existent deux faciès pétrographiques: les ortholeptynites claires et l'orthogneiss banal.

Les ortholeptynites correspondraient à un ancien cortège aplitique voire à des faciès de bordure.L'orthogneiss est le faciès le plus répandu.C'est une roche grenue présentant des faciès variables allant d'un granite porphyroïde à biotite à un gneiss à yeux feldspathiques et lits discontinus de biotite.

Dans la partie nord du Massif on observe des phénomènes d'albitisation plus ou moins poussée et sans doute pluriphasée. La formation d'albite s'est faite au dépens de tous les minéraux sauf le quartz.

2-2-2 Description du gisement.

Il s'agit d'un grand filon orienté ll0° et plongeant suivant un angle de 60-70 ° vers le Sud. Le plongement augmente généralement vers la profondeur et tend à se rapprocher de la ver--ticale sauf à la cote -70 (complication tectonique).Le filon se suit sur 900m en allongement en surface.Il est généralement encaissé dans des orthogneiss sauf dans la partie centrale (Sté--phanien au toit).

La puissance du filon est variable passant de 5-6m dans la partie centrale à 1-2 m aux deux extrémités.Dans la parie centrale l'aval pendage a été reconnu par sondage jusqu'à - 143 m.Les réserves possibles jusqu'à ce niveau seraient de 1,5 millions de tonnes.Les réserves reconnues sont de 700.000 tonnes.

Les épontes du filon sont marquées par des phénomènes de silicification assez développés et d'argilisation (kaolinite, smectite et halloysite reconnus par diffractométrie X).

2-2-3 Les Minéralisations.

Le minerai est presqu'exclusivement constitué de barytine avec présence épisodique de faibles quantités de sulfures (pyrite et chalcopyrite).La barytine se présente en cristaux lamel--laires blancs et roses n'excédant pas trois centimètres ou en masses blanches saccharoïdes.Des phénomènes de dissolution tardive et de remplacement par la silice,fréquents dans toutes les Palanges peuvent être observés.

Les sulfures, rares sont représentés par de la pyrite et de la chalcopyrite plus fréquents au dess'ons de - 50 .Ces sulfures disséminés dans la barytine ou dans la gangue siliceuse se répartissent surtout vers les épontes. On na jamais observé à ce jour ni galène ni fluorine.

Des sulfures secondaires (chalcocite, covellite, des oxydes de fer des carbonates sont présents dans la zone d'altération supergène. 2-2-4 Géochimie de la barytine.

Le minerai a une teneur de 75 à 95% BaSO₄ .Les analyses ont fourni les résultats suivants: (à titre de comparaison les valeurs de la barytine de Pessens sont données dans la seconde colonne).

Elément	LACAN	PESSENS	
F	< 40ppm	n.a.	
Ръ	là4ppm	20 ppm	
Zn	là3 ppm	n.a.	
Бр	< 20 ppm	200-380 ppm	
Sr	1,2-1,6 %	0,02-0,12 %	
υ	< 2 ppm	n.a.	
Th	< 2 ppm	n.a.	
Hg	<30 ppm	n.a.	
Cu	20 ppm	20 ppm	
ca	< 0,2 ppm	n.a.	
Cr	2 ppm	n.a.	
As	l ppm	n.a.	
Se	<10 ppm	n.2.	
Ве	40 ppm	n.a.	

Les éléments en traces des barytines de Lacan semblent différents de ceux de Pessens.on note en particulier des teneurs de l'ordre de 20 fois supérieures à Lacan pour le Strontium,de 20 fois supérieures à Pessens pou l'Antimoine. On notera les teneurs particulièrement élevées du beryllium dans la barytine de Lacan. 2-2-5 Géochmie isotopique du Soufre et de l'Oxygène. Des analyses des rapports isotopiques $\delta^{34/32}$ S et $\delta^{18/16}$ O ont été effectuées sur les barytines de Lacan et $\delta^{34/32}$ S sur les sulfures (pyrite et chalcopyrite).

Les résultats sont donnés sur le tableau ci dessous.

BARYTINE		
N° echantillon	\$ ³⁴ s °/	S 180 °/
-	CDT	SMOW
3 CC 32	17,4	8,6
3 CC 50	22,6	19,0
3 CC 68	21,9	9,6
75–2	17,6	11,1
75-3	17,4	10,7
30 - M	16,4	9,3
PYRITE		
82 - A	0,3	
CHALCOPYRITE		
82	0,3	

Ces résultats fragmentaires (d'autres mesures sont en cours) sont délicats à interpréter.Aucune corrélation positive n'apparait entre les résultats du soufre et de l'oxygène de la barytine.

On observe que les résultats de S^{34} S des barytines de Lacan (entre 16,4 et 22,6) et de S^{18} O (entre 8,6 et 11,1) sont très différents des valeurs mesurées sur les barytines de Pessens (respectivement entre 6,51 et 14,14 pour le soufre, entre 10,80 et 13,00 pour l'oxygène) ce qui traduit sans doute des conditions de formation très différentes.

L'utilisation des données de fractimnement isotopique en termes géothermométriques attribuerait à Lacan des températures de l'ordre de 400° C \pm 30° suivant le couple chalcopyrite-pyrite et entre 300 et 400° C pour le couple barytine sulfures. Ces chiffres sont discutables.Ils reposent sur un très petit nombre d'analyses (en particulier en ce qui concerne les sulfures) et l'examen en lumière réfléchie ne permet pas de conclure à la cont -porainéité de la barytine et des sulfures et donc à une dismutation.Il convient de lamême façon évidemment d'être prudent quant aux conclusions à tirer des valeurs de ξ^{18} O en fonction des températures.Si celles çi étaient vérifiées on tomberait dans le domaine des eaux magmatiques au sens isotopique du terme. On espère que les nouvelles mesures en cours permettront de préciser ces points.

2-3 ANALYSES ISOTOPIQUES DU STRONTIUM

On a effectué des mesures des rapports isotopiques 87/86 du strontium sur les barytines de Lacan et de Pessens ainsi que sur quelques autre échantillons prélevés dans des indises de la région.

LOCALITE	N° Ech.	Rb ppm	Sr ppm	87/86
LACAN	La l	0,02	1.069,7	0,709739 <u>+</u> 0,000030
PESSENS	Pe 8107	0,03	353,9	0,711722 <u>+</u> 0,000028
NAJAC	мз	0,88	521,4	0,709493 <u>+</u> 0,000030
LACAPELLE	S 13-5	-	78,3	0,710102 <u>+</u> 0,000030
COMPOLIBAT	Co 17	2,14	449,6	0,718310 <u>+</u> 0,000028

Les 3 indices (Najac,Lacapelle et Compolibat) se trouvent dans un environnement volcanique permo-houiller.A l'exception des barytines de Compolibat qui se rattache à un contexte particulier

(volcanisme silico-alumineux potassique du type rhyolite à topaze) les autres valeurs se situent dans une fourchette étroite entre 0,7094 et 0,7II7 (y compris Pessens). L'origine des barytines tant filoniennes que stratiformes montre donc une signature commune (crustale) et leur origine pourrait bien être commune même si les processus qui ont présidé à leur mobilisation et leur concentration diffèrent.