

BUREAU DE RECHERCHES GÉOLOGIQUES ET MINIÈRES

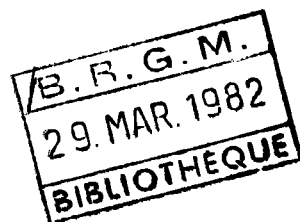
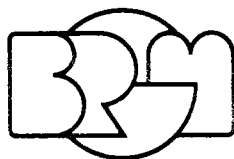
SERVICE GÉOLOGIQUE NATIONAL

B.P. 6009 - 45018 Orléans Cédex - Tél.: (38) 63.80.01

**GISEMENTS D'ARDOISES ET LAUZES
DANS LES DEPARTEMENTS DE L'AVEYRON ET DU TARN**

Etudes géologiques
et examen des méthodes d'exploitation

par
J. COSSON
avec la collaboration de B. ROZES
pour l'exploitation



Service géologique régional MIDI - PYRÉNÉES

Avenue Pierre-Georges Latécoère, 31400 Toulouse - Tél.: (61) 52.12.14

GISEMENTS D'ARDOISES ET LAUZES
DANS LES DEPARTEMENTS DE L'AVEYRON ET DU TARN

Etudes géologiques
et examen des méthodes d'exploitation

- R E S U M E -

=====

Le présent document s'intègre à un ensemble d'actions dont l'objectif général est la relance de l'activité ardoisière dans les Départements de l'Aveyron et du Tarn.

Il a été réalisé à la demande des Chambres de Commerce et d'Industrie de Castres et de Rodez, mandatées à cet effet par l'Etablissement Public Régional Midi-Pyrénées et les Conseils Généraux des deux Départements, co-financeurs de l'opération avec le Ministère de l'Industrie (Comité de l'Inventaire).

Destiné contractuellement aux collectivités locales et aux professionnels ardoisiers, ce rapport retient les principales conclusions des études dont la démarche complète a déjà été exposée (cf. rapport intermédiaire 80 SGN 767 MPY). Par contre, il envisage à la fois la géologique des gisements et les méthodes de leur exploitation. Ce second aspect, - sortant de la mission confiée au B.R.G.M. par le Comité de l'Inventaire, - a été financé sur subvention spécialement réservée par l'E.P.R.

Un préambule expose les principes et les modalités de mise en oeuvre d'une méthode d'abattage par tirs doux ("Roche 15") susceptible d'améliorer les rendements en carrière d'ardoise.

L'étude examine ensuite chacun des 5 secteurs ardoisiers de l'Aveyron (Comps-la-Grand'Ville, St. Hippolyte, Le Cayrol) et du Tarn (Dourgne et Lacaune). Elle décrit dans chaque cas :

- . la nature des matériaux, qui détermine celle des produits (lauzes, ardoises rustiques ou ardoises fines);
- . la structure du contexte géologique qui conditionne les réserves potentielles,
- . les entreprises exploitantes et leurs méthodes d'exploitation en carrière. Quand nécessaire, des recommandations sont formulées (orientation des fronts de taille et des plans de prédécoupage, tirs doux, gradins, etc...), adaptées ou non à la méthode "Roche 15".

Ce rapport comporte 40 pages, 16 planches photo dans le texte, 2 planches et 7 figures hors-texte. Rédigé par J. COSSON (SGR/MPY) avec la collaboration de B. ROZES (SGN/MTX), il utilise en outre des informations recueillies ou élaborées par B. GUERANGE, J. LOZES, M. DONNOT (SGN/GEO) et R. VERNET (SGR/MPY).

Une annexe (12 p., 1 pl. et 12 fig. h.t.) rédigée par B. GUERANGE et J. LOZES, avec la collaboration de J. COSSON, étudie en détail le sondage qui a reconnu le plancher de la formation exploitée à Lacaune et en tire les conclusions.

T A B L E des M A T I E R E S

	<u>pages</u>
RESUME	
AVANT-PROPOS	
1 - PREAMBULE	
Exposé de la méthode "Roche 15 "	1
Avantages attendus	3
2 - ETUDE PAR SECTEUR ARDOISIERS	6
2.1 - Secteur de Comps-la-Grand'Ville	6
2.1.1 - Aperçu géologique (Nature des matériaux et contexte géologique)	6
2.1.2 - Carrière Brugier	7
2.1.3 - Carrière Rey	10
2.2 - Secteur de Saint Hippolyte	11
2.2.1 - Aperçu géologique (Nature des matériaux et contexte géologique)	11
2.2.2 - Carrière Palat	13
2.2.3 - Carrière Orallo	14
2.3 - Secteur du Cayrol	17
2.3.1 - Aperçu géologique (Nature des matériaux et contexte géologique)	18
2.3.2 - Carrière Durand	19
2.3.3 - Exploitations (Salelles et Lefruit (Boyer et Larzac (Vidal - Molinier	21
2.3.4 - Exploitations (Prat frères (Emile Salelles et fils	22
2.3.5 - Carrière Mirabel	24
2.4 - Secteur de Dourgne	
2.4.1 - Géologie	25
Nature des matériaux	25
Structure au niveau de la carrière	26
Structure cartographique d'ensemble ...	26
2.4.2 - Ardoisières de la Montagne Noire	27
2.5 - Secteur de Lacaune	29
2.5.1 - Géologie	29
Nature des matériaux	29
Structure au niveau des carrières	31
Structure cartographique d'ensemble ..	32
2.5.2 - Entreprise Garenq	34
2.5.3 - Entreprise Granier	36
3 - CONCLUSIONS GENERALES	39

LISTE des PLANCHES et FIGURES

- Pl. I - Localisation des secteurs ardoisiers de l'Aveyron
- Pl. II - Localisation des secteurs ardoisiers du Tarn
-
- Fig. 1 - Méthode "Roche 15" orientation des plans de prédécoupage
- Fig. 2 - Comps-la-Grand'Ville (localisation géologique des carrières)
- Fig. 3 - Saint Hippolyte (Photo-fracturation)
- Fig. 4 - Dourgne (Ardoisières en exploitation et travaux anciens)
- Fig. 5 - Dourgne (Localisation des schistes ardoisiers dans la structure cartographique)
- Fig. 6 - Lacaune (coupe schématique dans la carrière du Moulins)
- Fig. 7 - Lacaune (coupe schématique interprétée à 1/10 000)
-
- Annexe - Etude du sondage de Lacaune

16 planches photo intercalées en regard des textes.

A V A N T - P R O P O S

L'étude des gisements ardoisiers de l'Aveyron et du Tarn, réalisée par le B.R.G.M., s'inscrit dans un ensemble d'actions destinées à maintenir et, si possible, développer l'activité ardoisière dans ces régions du Massif Central. Montées à l'initiative des Chambres de Commerce et d'Industrie de Castres et de Rodez, ces actions s'intéressent par ailleurs aux divers aspects industriels de cette activité (exploitation, fabrication, commercialisation ...).

Les travaux effectués par le B.R.G.M. intéressent cinq "secteurs ardoisiers" donnant lieu chacun à une étude géologique spécifique. Ce sont les secteurs de Dourgne et de Lacaune dans le Tarn, ceux de Comps-la-Grand-Ville, du Cayrol-Coubisou et de Saint-Hippolyte en Aveyron. Dans chaque cas, on définit les facteurs géologiques contrôlant l'existence des panneaux exploités et on dégage une conception structurale du contexte permettant de prévoir des extensions possibles. Parmi celles-ci les plus favorables a priori seront, autant que de besoin et en accord avec les professionnels, proposées pour cibles à des travaux ultérieurs de subsurface (sondages carottés ou autres) destinés à préciser leur localisation, leur valeur ardoisière et le volume possible de leurs réserves (2ème phase).

Ce programme, soutenu par les exploitants, a été financé par les Conseils Généraux des deux départements de l'Aveyron et du Tarn, par l'Etablissement Public Régional Midi-Pyrénées et par le Ministère de l'Industrie (Comité de l'Inventaire des Ressources Minières Nationales). Le B.R.G.M. intervient donc à la fois au titre de sa mission d'Inventaire et en vertu d'une convention passée avec la Chambre de Commerce et d'Industrie de Castres, chargée de la gestion administrative des fonds attribués à l'opération par les collectivités locales.

Destiné à ces collectivités et aux professionnels eux-mêmes, le présent document complète le rapport intermédiaire remis en cours d'étude à l'occasion d'une réunion de travail tenue à la Chambre de Commerce et d'Industrie de Rodez le 8 octobre 1980. Conformément au souhait émis par les participants à cette réunion, il examine une à une les différentes entreprises extractives d'ardoises et lauzes dans les divers secteurs d'exploitation du Tarn et de l'Aveyron.

Pour chacun de ces secteurs, un paragraphe initial fait le point sur la nature du matériau exploité et le replace dans son contexte géologique en ne retenant que les principales conclusions des analyses lithologiques et structurales, parfois très élaborées, qui ont été mises en oeuvre pour y parvenir et qui ont déjà été exposées (cf. rapport intermédiaire).

Chaque entreprise est ensuite examinée dans ses dimensions et ses méthodes d'exploitation en carrière ; les difficultés apparues dans ce domaine sont signalées et certaines recommandations susceptibles de les résoudre en tout ou partie sont proposées.

Certains problèmes ou inconvénients se retrouvant sous une forme ou une autre dans un grand nombre de carrières, un préambule décrit le principe et la mise en oeuvre d'une technique nouvelle d'abattage susceptible de rendre des services dans bien de cas.

Les documents de base de toute sorte (cartes, croquis, diagrammes stéréographiques, analyses pétrographiques détaillées ...) ayant servi à l'élaboration de ce rapport, constituent un dossier, conservé au Service Géologique Régional du B.R.G.M., à Toulouse, à la disposition des personnes intéressées à sa consultation.

- - -

P R E A M B U L E

1 - INTRODUCTION GENERALE

Au cours des visites des différents chantiers il est apparu que les méthodes d'exploitation généralement mises en oeuvre présentaient souvent deux inconvénients sérieux concernant :

- a) les fronts de taille, rarement orientés dans la meilleure direction et parfois démesurément hauts (Lacaune),
- b) l'utilisation dans un grand nombre de carrières, -d'explosif brisant (nitraté ou dynamite-gomme) selon un schéma de tir introduisant des fracturations supplémentaires du matériau, néfastes à l'obtention de blocs ou dalles aussi grands que pourrait le permettre la seule fracturation naturelle.

A partir de ces constatations, nous préconisons d'expérimenter la technique d'abattage dite "Roche 15" (du nom de la dynamite pulverulente mise en oeuvre). Cette technique a déjà été utilisée avec profit dans les carrières de roches ornementales (marbres et granites).

EXPOSE DE LA METHODE "ROCHE 15"

1.1 - Expériences déjà acquises

Cette méthode a été utilisée avec succès dès le début des années 70 dans les carrières de granite scandinaves.

L'explosif utilisé en Suède porte le nom de "Gurit". Des masses de plusieurs centaines de m³ sont découpées indépendamment des joints naturels et déplacées de 1 à 2,5 m. Les tirs sont effectués sur 2, 3 ou 4 faces avec des hauteurs de front atteignant 15 à 20 m. A l'issue des tirs, les joints naturels seuls ouverts facilitent les opérations de débitage secondaires ; les niveaux d'exploitation sont plus réguliers et facilitent l'accès des engins de manutention.

Cette méthode a été introduite en France à partir de 1975 et appliquée dans un premier temps à l'extraction du granite (expérimentation dans le bassin de Lanhélin en Bretagne, puis plus récemment dans le Sidobre). Dernièrement des essais en carrière de marbre ont donné toute satisfaction.

1.2 - Principe général de la méthode

La "Gurit" n'étant pas agréée en France, l'explosif utilisé chez nous est la "Roche 15", dynamite pulvérulente encartouchée sous gaine plastique en \emptyset 17 ou 18 mm et 27 ou 47 cm de longueur.

Les caractéristiques comparées de la "Roche 15" avec les explosifs utilisés dans les ardoisières et lauzières du Tarn et de l'Aveyron sont les suivantes :

Explosif	CUP*	Vitesse de détonation	Volume gaz l/kg	Densité
Gomme F 15	1,30	3800	840	1,42
N 40 R	1,12	4700	908	1,10
N 31 R	1,29	4400	821	1,15
Poudre noire	0,6	-	400	1,60
<u>Roche 15</u>	1,15	3600	917	1,10

* CUP coefficient d'utilisation pratique (caractérise la puissance).

La méthode permet de combiner les effets de la technique du prédécoupage avec la poussée des gaz produits par l'explosion. Compte-tenu de la géométrie du plan de foration, du dosage et de la répartition des charges, le découpage du massif rocheux s'effectue selon une surface géométriquement bien définie. L'abattage ainsi réalisé dénommé "tir doux" (smooth blasting) détermine un schéma d'exploitation rationnel par panneaux parallépipédiques. En pratique, les trous de mine reçoivent une charge d'explosif réduite calculée de façon à initier et propager une fissure joignant les trous successifs (prédécoupage). Simultanément, les gaz dégagés par l'explosion créent une poussée sur les faces prédécoupées, poussée qui déplace d'un seul coup (tenant) une masse très importante. Celle-ci se trouve ainsi disloquée à l'issue du tir et peut alors être aisément débitée. Seules les fissures préexistantes naturelles sont ouvertes, il n'y a pas ou très peu de fissuration secondaire induite par le tir.

1.3 - Recommandations générales de mise en oeuvre

La bonne réussite d'un tir nécessite le respect de certaines règles propres au prédécoupage :

- orientation des plans de tir conforme à l'un des schémas de la fig. 1 selon le cas
- espacement des trous 8 à 12 fois leur diamètre
- rapport section trou / section cartouche supérieur à 3, ce qui implique un diamètre foré d'au moins 30 mm pour des cartouches de 17 mm
- trous rigoureusement parallèles entre eux
- entre chaque cartouche pleine, une intermédiaire d'espacement dont la longueur est fonction de la charge linéaire calculée selon une formule déterminée expérimentalement. L'ensemble de la colonne explosive est maintenu au centre du trou par des collerettes (manchons plastiques), ce qui évite un couplage roche-explosif générateur de microfissurations. La charge linéaire est fonction de la morphologie du bloc, de son degré de fissuration et des caractéristiques du matériau (résistance en traction). Dans le cas des ardoises et schistes, des essais seront nécessaires pour déterminer les paramètres les plus favorables dans chaque cas.

1.4 - Avantages attendus

A la lumière des résultats acquis en carrières de marbre et granite, les améliorations susceptibles d'être apportées dans les carrières d'ardoises et de lauzes sont les suivantes :

1.4.1 - Améliorations techniques

Les tirs réalisés simultanément dans plusieurs plans perpendiculaires permettent l'abattage d'une masse importante en une seule fois.

La puissance générée par le tir produit un déplacement de la masse prédécoupée, s'accompagnant d'une ouverture des seules diaclases naturelles existantes. Il est alors possible, en général, d'apprécier l'état de fracturation de la masse ainsi décollée et d'établir en conséquence un plan de débitage secondaire qui soit le mieux adapté possible.

Le fait de ne pas provoquer de fracturation induite par le tir permet d'obtenir le meilleur rendement-pierre autorisé par le gisement. Le résultat peut se comparer à celui obtenu par le sciage au fil avec une plus grande facilité de mise en oeuvre.

1.4.2 - Facilités de mise en oeuvre

L'explosif utilisé et le système d'amorçage sont insensibles à l'eau, ce qui permet de préparer les tirs à l'avance.

La puissance et la vitesse de l'explosif réduisent les risques de fuites par les fissures naturelles, d'où la possibilité de tirer de grandes masses sans se préoccuper des "délits".

1.4.3 - Accès plus facile aux fronts de taille et aux masses déplacées, permettant une utilisation accrue d'engins mécaniques

Du fait de la planéité des surfaces obtenues suivant les plans de prédécoupage choisis, les engins lourds (pelle mécanique, chargeur sur pneus, chariot de foration sur chenille) peuvent évoluer sans difficultés aussi bien sur gradins qu'en fond de carrière. Les gains de productivité observés sur les opérations de foration et de manutention sont importants.

1.4.4 - Amélioration des conditions de travail

La mécanisation pouvant ainsi être plus poussée et les fronts obtenus étant nets, certaines opérations pénibles ou périlleuses, -telles que purges, échafaudages, travail à la barre à mine...,- sont pratiquement supprimées.

Par ailleurs, l'exécution de tirs sur masses importantes autorise la mise à l'abri de la totalité du personnel en une seule fois et non à maintes reprises comme dans la méthode traditionnelle.

1.4.5 - Possibilités accrues d'employer utilement du personnel jeune et inexpérimenté

Si cette méthode permet d'accroître la productivité (rendement "pierre" et rendement par homme), elle ouvre également des perspectives nouvelles pour l'emploi de personnel non expérimenté.

En effet, la mécanisation plus poussée des procédés de foration et de manutention en carrière permet aux exploitants de recruter du personnel jeune qui ne soit pas a priori rébuté par des efforts physiques importants et peu efficaces en l'absence de "tours de main" qui ne s'acquièrent souvent qu'après plusieurs années d'expérience.

En contre partie des avantages ci-dessus, la méthode préconisée impose certaines contraintes :

- Nécessité de disposer d'une emprise foncière et de réserves relativement importantes, de façon à pouvoir développer la carrière sans être gêné dans l'aménagement des rampes d'accès indispensables aux engins roulants.
- Obligation impérative de réaliser le plan de tir (foration et chargement) conformément aux règles établies expérimentalement pour chaque gisement ; à défaut, on risquerait de détruire des quantités importantes de matériau.

ETUDE PAR SECTEURS

Carrière des Teulières
(Rey)



Carrière de la Devèze
(Brugier)



2 - ETUDE DES EXPLOITATIONS PAR SECTEUR ARDOISIER

Nous présentons cette étude secteur par secteur. En effet, chacune des localités ardoisières du Tarn et de l'Aveyron fabrique des produits de couverture qui lui sont spécifiques, très différents de l'une à l'autre. A l'exception de Lacaune, qui propose à la fois des ardoises fines et des ardoises rustiques, les autres gisements ne fabriquant chacun qu'un seul type de produit, soit ardoises rustiques, soit lauzes de couverture.

Cette répartition des fabrications ne résulte en aucun cas d'un choix délibéré des producteurs, mais dépend de contraintes liées à la nature même des matériaux utilisés et donc aux conditions géologiques particulières à chacun des gisements exploités.

Par contre, tous les gisements sont aptes à fournir des dalles de diverses qualités.

2.1 - Secteur de COMPS-LA-GRAND'VILLE

A Comps-la-Grand'ville, les deux carrières de La Devèze (R. Brugier) et des Teulières (A. Rey) produisent des "tuiles" ou "teules" en forme d'écailles oblongues ou plus ramassées, rondies en biseau, non calibrées, de dimensions très variées dans un même lot. L'épaisseur des échantillons observés varie entre 8 et 18 mm ; leur planéité n'est pas rigoureuse du fait de certaines irrégularités de la surface de clivage. On compte 50 "tuiles" au m² couvert, représentant un poids de l'ordre de 55 à 60 kg.

Ces produits sont typiquement des lauzes de couverture, et les deux carrières produisent également des dalles de 3 à 4 cm d'épaisseur.

A 150 m l'une de l'autre, ces deux carrières sont d'accès facile en bordure de la route de Pont de Grand Fuel à Comps.

2.1.1 - Aperçu géologique

2.1.1.1 - Nature des matériaux

Les matériaux utilisés dans le secteur de Comps sont des gneiss fins et des micaschistes quartzeux à deux micas interstratifiés en bancs et lits d'épaisseur variable. L'aptitude au clivage résulte de la distribution des minéraux lamellaires (micas, chlorite), couchés à plat parallèlement à une même plan ; le "feuilletage" correspondant peut être fruste,

-lorsque ces minéraux sont distribués de façon plus ou moins isolée (matériau pour dalle), - ou fortement marqué, - lorsqu'ils apparaissent en lits bien continus. Les passes trop exclusivement micacées, rares et peu épaisses, sont moins intéressantes (dalles "molles").

2.1.1.2 - Contexte géologique rapproché

S'agissant d'un matériau peu exigeant en matière de position structurale dans la déformation, nous nous sommes attachés surtout à localiser les limites de la formation exploitable dans l'environnement des deux carrières.

Le croquis géologique (fig. 2) montre que cette formation exploitable est certainement limitée : au Sud-Ouest par un "couloir tectonique" orienté NW - SE de Pont-de-Grand-Fuel en direction des Voltes, et dans lequel se manifestent des petits plis serrés métriques et décamétriques, - au Nord-Est, par le bombement granitique des Mezars sur lequel se moulent les directions de foliation.

Dans l'intervalle, les directions de la foliation sont très régulières et régulièrement pentées au S-SW (20 à 25°), comme dans les carrières elles-mêmes. On peut être assuré que toute la butte qui, à partir du Puech, s'étend vers le Nord-Ouest en direction de la Besse et du Viaur, comporte un substrat très comparable à celui exploité dans les carrières.

Bien entendu, cette certitude n'exclut pas des accidents identiques à ceux observés dans les carrières, tels que fracturations ou quartz d'exudation en yeux et amandes ("oeufs" des carriers), nuisibles localement à la régularité du clivage. Mais ce sont là des inconvénients mineurs inévitables, qui ne pénalisent en rien le volume des réserves potentielles qui est considérable au regard de la taille des entreprises.

2.1.2 - Carrière BRUGIER

2.1.2.1 - Dimensions de l'entreprise

. Emprise cadastrale de l'autorisation préfectorale : 2 ha, 22 ares, 80 ca

. Volume de production :

lauzes	800 à	1000 m ² /an
dalles	1200 à	1500 m ² /an

. Emprise de la carrière :

superficie	800 m ²	(20 x 40 m)
hauteur du front	~ 15 m	en 2 gradins (10 + 5)

. Personnel : 3 dont 1 seul à temps complet (M. BRUGIER lui même est agriculteur)

. Matériel :
1 marteau perforateur
1 compresseur 35 CV
1 tracteur équipé godet et fourche élévatrice
1 grignoteuse

2.1.2.2 - Méthodes d'exploitation et remarques

. Orientation du front de taille :

orienté approximativement N 20° E, le front de taille (cf. photo) est presque exactement perpendiculaire à l'horizontale de la "schistosité" moyenne (N 110° E, pendage 20 à 25° S-SW) ce qui ne va pas sans inconvénients (voir plus loin).

. Abattage :

à l'explosif (nitraté N 31 R et gomme F 15) par trous forés de Ø 35 mm à intervalles de 1,50 m, profondeur 2 à 3 m, amorçage au cordeau détonant, allumage à la mèche lente.

chaque tir ne portant que sur de petits volumes, il peut arriver que l'un deux ne dégage que peu ou pas de matériau de bonne qualité, parce qu'il rencontre une passe soit très micacée altérée, éventuellement à "oeufs" de quartz, soit très fracturée localement. Ceci peut être gênant pour l'organisation de la production.

La consommation d'explosif annoncée par l'exploitant est d'environ 100 kg par an, pour un volume abattu de l'ordre de 300 m³, soit un ratio de consommation de 100 : 300 = 330 g/m³.

A titre de comparaison, la consommation moyenne d'explosif en carrière traditionnelle de concassé s'élève à 280 g/m³. 330 g/m³ paraît particulièrement élevé surtout si l'on considère que l'objectif du tir est ici, non pas de fracturer, mais de créer un simple découpage avec légère poussée, de façon à décoiler les dalles du massif rocheux pour les extraire ensuite plus facilement.

2.1.2.3 - Difficultés d'exploitation et recommandations

Une difficulté actuelle au niveau de l'extraction, signalée par l'exploitant, résulte d'un mauvais glissement des dalles après tirs en raison de leur blocage en aval pendage, le long du parement Sud de la carrière.

Ce problème est directement lié à la quasi-perpendicularité du front de taille par rapport à l'horizontale du plan de schistosité, signalée plus haut. Une réorientation du front parallèlement à cette horizontale résoudrait la question.

La meilleure façon d'y parvenir serait d'agrandir la carrière vers le Sud, en partant du niveau de la route et en orientant le nouveau front de taille dans la bonne direction (N 110° E environ) pour rattrapper progressivement le front de taille actuel qu'il serait alors facile de réorienter. Cette opération nécessitera des travaux de découverte assez importants (de l'ordre de 1000 à 1500 m³) : leur sous-traitance nous paraît préférable à un achat de matériel approprié (chargeur d'occasion) étant donné le caractère très occasionnel des travaux de découverte au rythme actuel de l'exploitation.

Compte-tenu des rapports topographie/pendage des couches/tracé de la route, la hauteur du nouveau front ainsi créé ne s'accroîtra que lentement, sauf à adopter une formule de tir en masse plus importante, par la méthode "Roche 15" décrite ci-avant.

Dans le cas où l'exploitant ne réaliserait pas cette opération d'ensemble, l'exécution vers le parement Sud de la carrière actuelle d'un plan vertical de prédécoupage, toujours par la technique "Roche 15", permettrait de créer une surface de discontinuité facilitant dans une certaine mesure le désenclavement et le glissement des masses prédécoupées à son contact. La disposition du parement ne permettant pas d'orienter ce plan dans la direction la plus efficace (S-SW - N-NE) cette solution ne saurait être que partielle et provisoire. A terme, et surtout si M. BRUGIER envisage de développer son exploitation, la première formule s'imposera.

En tout état de cause, l'exploitant aura certainement avantage à modifier son plan de tir en s'inspirant de la méthode "Roche 15", adaptée à son échelle : trous moins espacés (40 cm environ), explosif non brisant, charges centrées et étagées, volume plus important abattu en une seule fois ; il pourra en outre s'efforcer de réorienter, son front de taille soit en totalité comme dit plus haut, soit au moins partiellement au niveau du gradin supérieur qu'il exploite actuellement.

2.1.3 - Carrière REY

2.1.3.1 - Dimensions de l'entreprise

- . Emprise cadastrale de l'autorisation préfectorale : 70 ares
- . Volume de production
 - lauzes 400 m²/an
 - dalles 400 m²/an
 - Pierre à bâtir 25 m³/an
- . Emprise de la carrière :
 - superficie \sim 500 m² (20 x 25 m) sur 2000 m² de terrain en location
 - hauteur du front de taille 6 - 8 m
- . Personnel : 2 ouvriers dont un à mi-temps (6 mois). M. REY ne travaille plus à la carrière lui-même depuis 1977.
- . Matériel :
 - 1 chariot élévateur
 - et outils manuels

2.1.3.2 - Méthode d'exploitation

- . Abattage par explosif.
- . Arrachage manuel par coin et masse.
- . Transport à l'atelier (plein-air ou cabane 3 murs suivant saison et conditions météorologiques).

Nous n'avons pas de renseignements précis concernant le plan de tir ou l'explosif utilisé, foration et tir étant sous-traités à une entreprise spécialisée intervenant à la demande (2 fois par an, le mineur "place une trentaine de trous et on sélectionne"). Compte-tenu de la production, et en admettant un rendement-pierre de l'ordre de 30 %, le volume abattu annuellement doit être de l'ordre de 100 m³ environ.

L'orientation du front de taille est parallèle à la route, - sur laquelle la carrière ouvre de plein-pied,- et à l'horizontale du plan de foliation qui plonge lui-même de 20 à 25° vers cette route. Du fait de cette bonne orientation, le glissement des dalles découpées par le tir s'effectue sans aucun obstacle vers l'aval pendage.

M. REY n'envisageant apparemment pas de développer son exploitation, il y a peu de recommandations à faire. Tout au plus pourrait-il veiller à ce que son entreprise de minage utilise un explosif doux, étagé et centré dans des trous qui ne paraissent pas être trop espacés. Compte tenu de la hauteur modeste du front de taille, l'établissement d'un gradin ne s'imposera qu'à moyen ou long terme, dans la mesure où la carrière aura suffisamment progressé dans le versant.

2.2 - Secteur de SAINT HIPPOLYTE

Sur la commune de Saint Hippolyte, les deux carrières d'Auguié (A. ORALLO, ANDRIEUX) et du Coustal (R. PALAT) produisent surtout des dalles (80 % en termes de surface) sciées ou non et d'épaisseurs diverses (15/25, 25/40, 40/60 mm).

Elles proposent également de matériaux de couverture. Il s'agit de "tuiles" traditionnelles, façonnées en écailles de formes et dimensions diverses, rondies en biseau, d'épaisseur non calibrée (12 à 14 mm en moyenne observée), lourdes (65 à 75 kg au m² couvert). Comme ceux de Comps-la-Grand'Ville et de façon mieux caractérisée encore, ces produits sont des "lauzes de couverture".

2.2.1 - Aperçu géologique

2.2.1.1 - Nature des matériaux

Les matériaux mis en oeuvre dans le secteur de Saint Hippolyte sont des gneiss fins, souvent clairs (gneiss leptyniques) parfois finement porphyroïdes, -aptés à fournir des dalles, - interstratifiés de bancs plus micacés ("micaschistes"), -aptés à fournir des lauzes de couverture, -et, épisodiquement, de petits bancs décimétriques proches du faciès amphibolite.

Toutes ces roches sont d'anciens sédiments auxquels un métamorphisme de degré moyen a conféré une "foliation", mode de recristallisation dans lequel les minéraux lamellaires (micas, chlorites) sont tous couchés à plat parallèlement à un même plan. Le "feuilletage" qui en résulte peut être fruste, -lorsque les minéraux plats sont distribués de façon plus ou moins isolée dans toute la masse du matériau, - ou au contraire fortement soulignés par une ségrégation en lits alternés de compositions contrastées (par exemple micas d'une part, quartz et feldspath de l'autre).

Dans un cas comme dans l'autre, le fendage n'est possible que suivant certaines surfaces privilégiées au niveau desquelles les minéraux lamellaires constituent un mince feuillet de continuité suffisante et de planéité acceptable : l'épaisseur du produit fini, "tuile" ou dalle, est ainsi déterminée par l'espacement naturel des feuillets de ce type et sera nécessairement variable dans un même lot d'un même gisement.

2.2.1.2 - Contexte géologique rapproché

Bien que distantes de plus de 4 km, les deux carrières s'inscrivent dans la même formation géologique qui débordé en outre largement de part et d'autre. Il s'agit en effet d'une très importante série à zonéographie renversée, épaisse de plusieurs centaines de mètres au moins qui représente probablement le flanc inverse d'un immense pli couché.

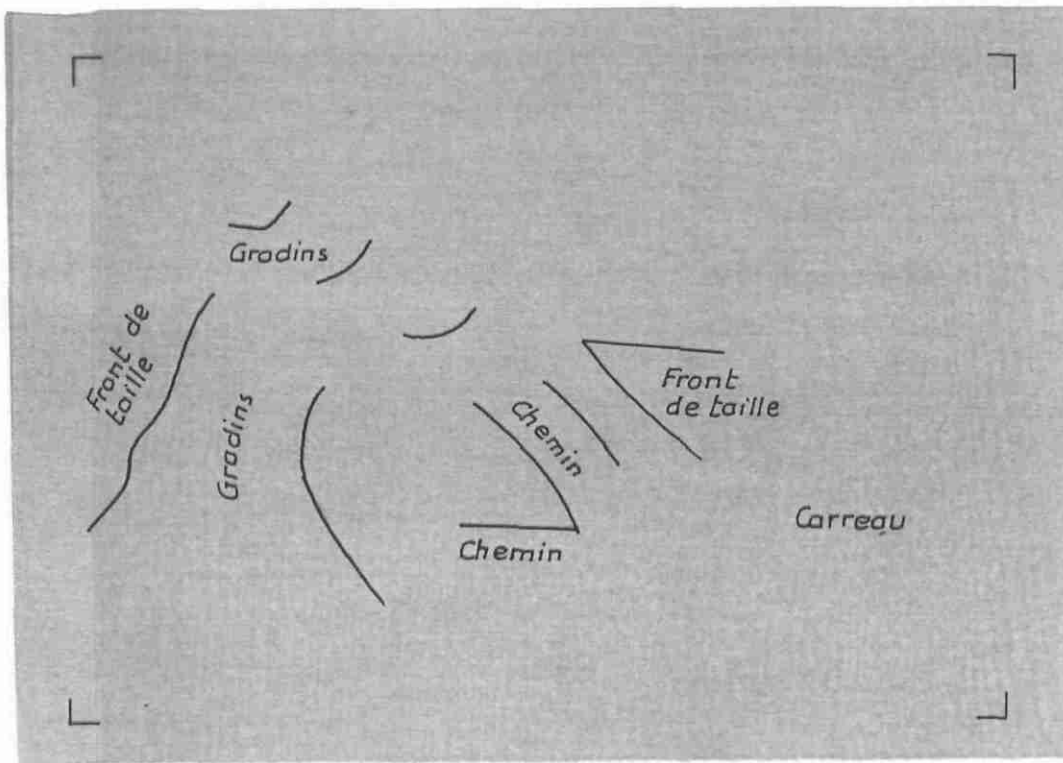
L'une et l'autre des carrières sont implantées dans des secteurs d'extension plus restreinte où la foliation du matériau en place est horizontale (Auguié) ou proche de l'horizontale (10 à 15° vers l'Est au Coustal) ce qui constitue un facteur important pour la facilité de l'exploitation.

L'interprétation des linéaments cassants sur photographies aériennes (photo fracturation fig. 3) montre que :

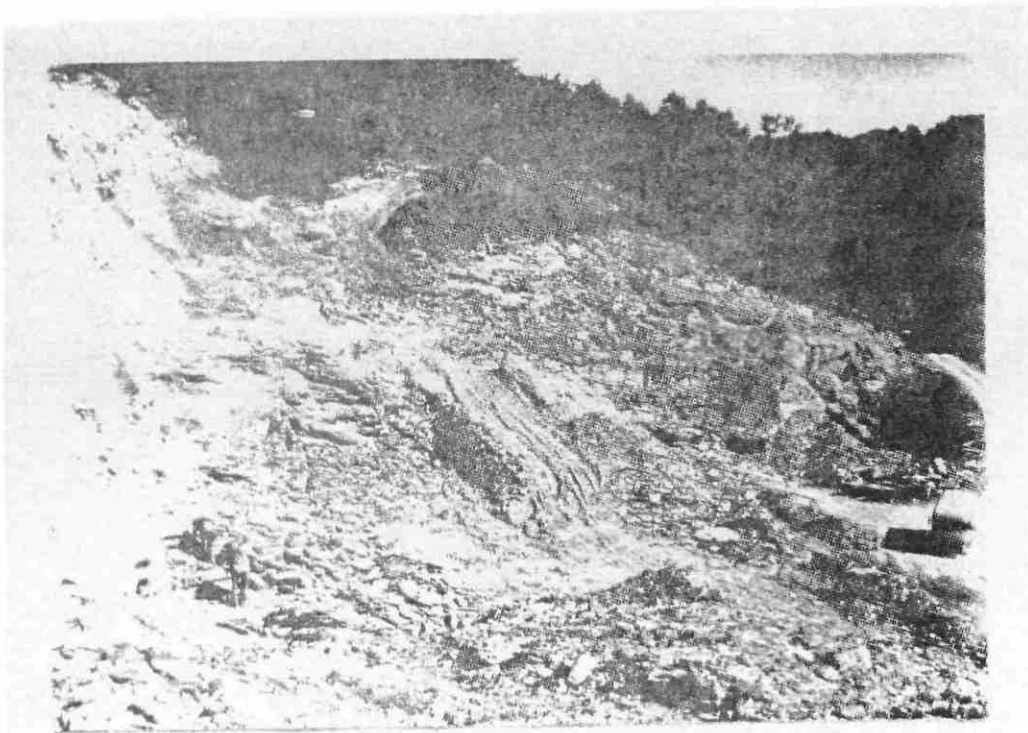
- La carrière d'Auguié se situe pratiquement à l'intersection de deux linéaments de ce type, l'un subméridien suivant la vallée du Goul, l'autre de direction 75° dans le thalweg du ruisseau d'Auguié. La direction NS introduit dans la carrière un nombre assez important de diaclases verticales et l'autre quelques petites failles sans ouverture. Il n'y a pas de problème de continuité du matériau dans l'environnement. Le fait que l'horizontalité de la foliation, particulièrement favorable, ne s'observe plus 300 m à l'Est et 150 m au Sud de la carrière, laisse une marge de réserves potentielles très suffisante, certainement supérieure à 5 ans au rythme actuel de l'exploitation.

- La carrière du Coustal est limitée au Sud par un linéament qui se traduit effectivement sur le terrain par une petite faille de direction N 30° E. Là encore les conditions de pendage faible observées en carrière ne semblent pas très étendues ; cependant, quelques affleurements ont montré qu'elles se poursuivaient sur environ 70 m de dénivelée sur le versant en contre-bas de la carrière et même dans le versant opposé, malgré la présence d'une faille dans l'axe du ruisseau. La carrière actuelle approchant d'un chemin qui ne pourra pas être franchi, M. PALAT envisage d'ouvrir une seconde carrière en dessous de la première lorsqu'il aura épuisé toutes les possibilités de celle-ci, en particulier en direction du Nord. Il n'y a donc aucun problème de réserves à moyen terme.

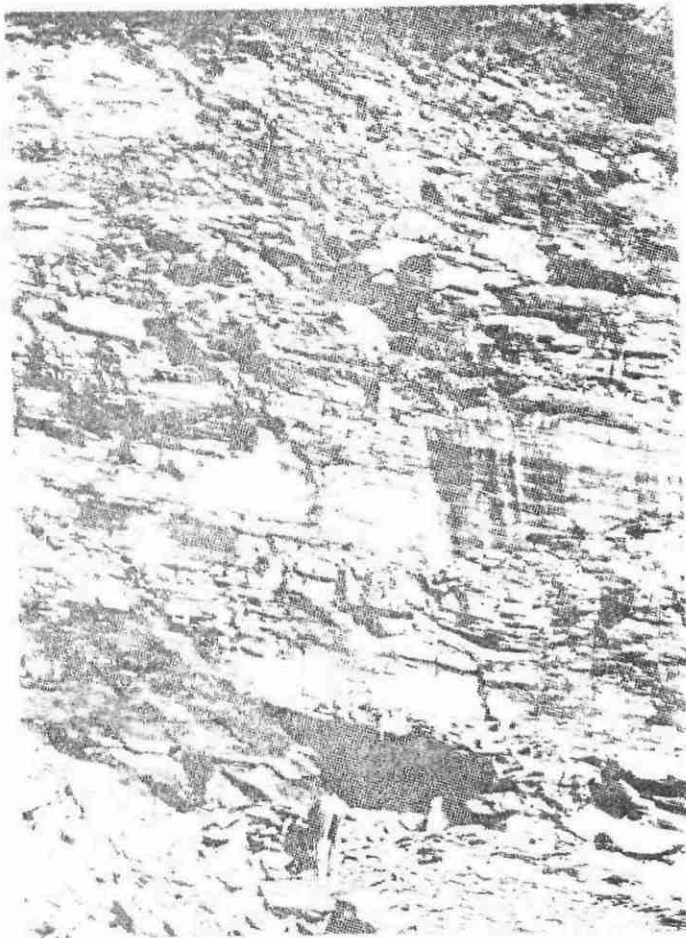
**Voir calque
dans document
papier**



ST - HIPPOLYTE
Carrière Palat

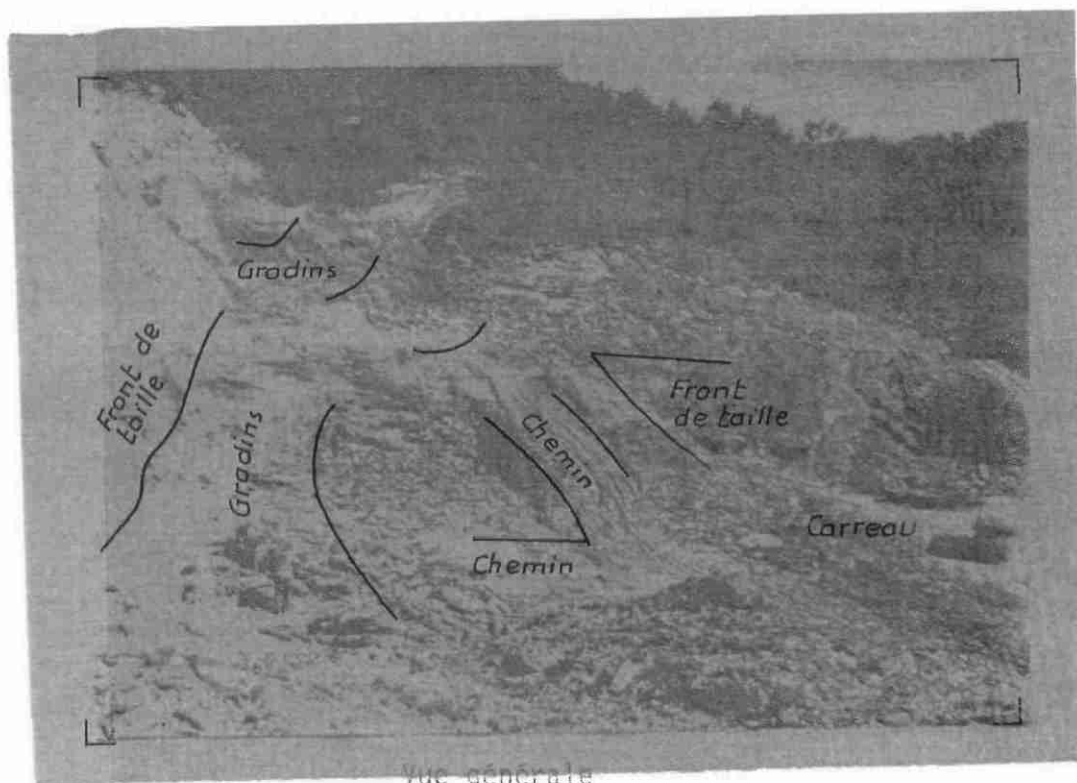


Vue générale

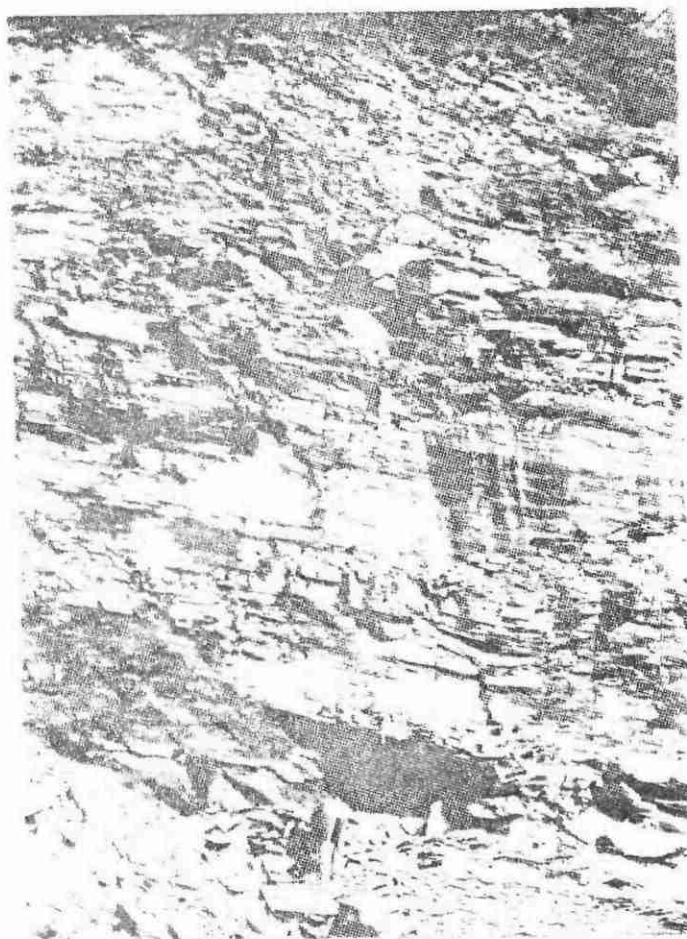


Front de taille montrant la régularité des
bancs feuilletés et leur faible pendage

ST - HIPPOLYTE
Carrière Palat



Vue générale



Front de taille montrant la régularité des
bancs feuilletés et leur faible pendage

2.2.2 - Carrière PALAT

. Accès : A l'écart de la route de Saint Hippolyte à Mur de Barrez, la carrière de M. Palat est accessible à tous les véhicules y compris les semi-remorques par un chemin goudronné.

2.2.2.1 - Dimensions de l'emprise

- . Emprise cadastrale de l'autorisation préfectorale :
1 hectare, 20 ares, possibilité d'extension à 2 ou 3 hectares
- . Volume de production :
 - Lauzes environ 4 000 m²/an
 - Dalles environ 20 000 m²/an
 - Divers (parements, linteaux, moellons...) 100 m³/an
- . Emprise de la carrière :
 - longueur du front de taille 80 m environ
 - hauteur totale, 25 m en 2 gradins principaux (mai 81)
 - découverte de l'ordre de 7 à 10 m (recouvrement et tranche altérée)
- . Personnel :
5, y compris M. PALAT
- . Matériel :
 - en carrière
 - 1 marteau perforateur
 - 1 compresseur
 - 1 pelle hydraulique Poclain 74
 - 1 élévateur
 - 1 chargeur sur chenille Caterpillar 933
 - à l'atelier
 - 1 scie à disque
 - 1 grignoteuse

2.2.2.2 - Méthodes d'exploitation

Notons d'abord que la carrière de M. Palat est extrêmement régulière : sur toute l'emprise du front de taille, la foliation passe très progressivement de N 140° E, pendage 10° NE, à N 15° E, pendage 15° E-SE, en esquissant seulement une très légère voussure. En outre, l'absence de toute faille à rejet important (ce qui n'exclut pas les cassures sans rejet) permet de suivre sans difficulté les bancs à dallages et les bancs à lauze d'une extrémité à l'autre de la carrière : on peut donc prévoir à l'avance le résultat d'un tir, et éventuellement placer celui-ci en fonction d'impératifs momentanés de production.

ST - HIPPOLYTE
Carrière Palat



. Orientation du front de taille :

Le front de taille est globalement orienté parallèlement à l'horizontale de la foliation moyenne, voisine de Nord-Sud.

. Abattage :

A l'explosif nitraté N 40 R (précédemment N 30 R), -par trous forés verticaux de \varnothing 42 mm espacés de 0,80 m, profondeur moyenne 3 m,- charge 100 g au mètre linéaire, étagée, avec bourrages intermédiaires, - consommation d'explosif de l'ordre de 250 à 300 kg/an.

Ce type de tir relativement doux se rapproche beaucoup de la technique des prédécoupages : les masses tirées sont plus ou moins déplacées sans subir de fracturation importante en dehors de l'ouverture des cassures naturelles existantes. Les dalles décollées sont ensuite dégagées à la pelle hydraulique. Cette méthode permet d'obtenir de très bons rendements-pierre, de l'ordre de 75 à 80 % (non comptée la découverte).

. Commentaire :

Orientation du front de taille et abattage sont très convenablement conduits dans cette carrière.

Cependant, la mise en oeuvre plus précise du procédé de prédécoupage permettrait d'améliorer encore les résultats : les trous, toujours forés en \varnothing 42 pourraient être plus rapprochés (50 cm au lieu de 80) bien alignés, chargés à l'explosif "Roche 15" en \varnothing 17 ou 18 mm, centrés par manchons, la charge linéaire et son étagement restant à définir par des essais préliminaires.

2.2.3 - Carrière ORALLO - ANDRIEUX

. Accès :

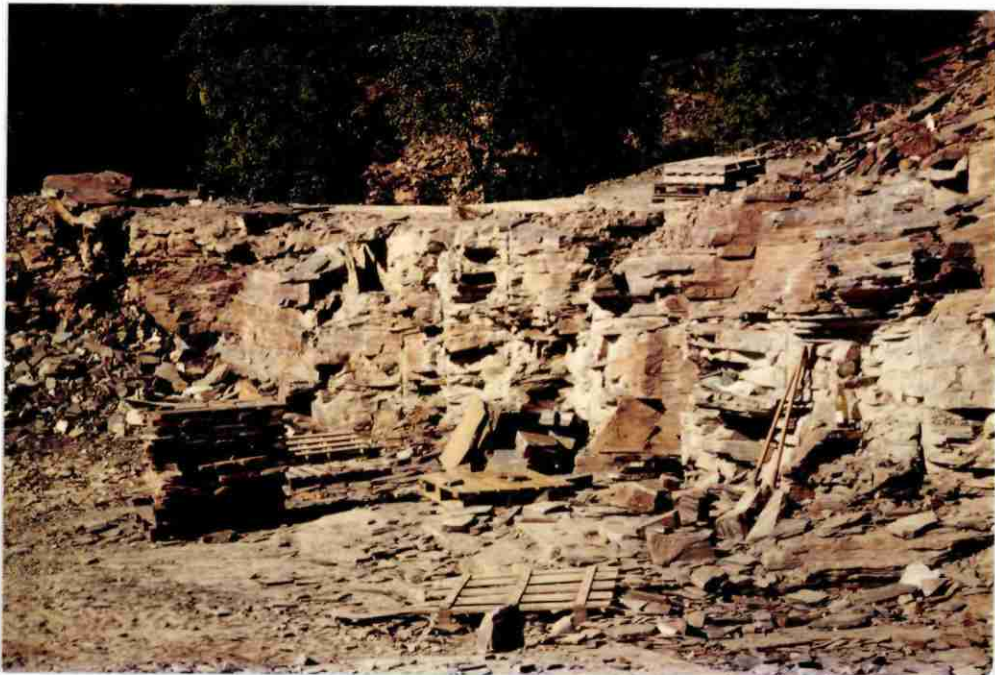
Bien que située en bordure de la route de Couesque à Murois, la carrière d'Auguié n'est pas accessible aux semi-remorques qui ne peuvent traverser le village de Pons. Elle ne peut être desservie que par camion.

2.2.3.1 - Dimensions de l'entreprise

. Emprise cadastrale de l'autorisation préfectorale :

1 hectare, 60 ares, possibilités d'extension (M. Orallo a la maîtrise foncière d'environ 3 hectares).

ST - HIPPOLYTE
Carrière Orallo



. Volume de production :

Lauzes environ 1300 m²/an
Dalles 10 000 à 15 000 m²/an
Moellons et divers maçonnerie : environ 4 000 m³/an
+ carreaux, barettes, carrelages ...

. Emprise de la carrière et disposition d'ensemble :

La carrière est exploitée sur deux fronts :

- L'un au Nord du ruisseau d'Auguié, orienté Est-Ouest, long de 130 m environ, haut de 15 à 20 m et plus dans certaines de ses parties. Actuellement arrêté, sa reprise en gradins est programmée,

- L'autre au Sud du même ruisseau, face à l'Est, progresse suivant 4 banquettes larges et plates (hauteurs 2,50 à 3 m) et se termine au pied d'un gradin haut de 6 m dans le versant.

Dans l'intervalle, le recouvrement du ruisseau (buses et remblai) permet la manoeuvre des engins et se termine par un quai de chargement en bordure de route de l'autre côté de laquelle se trouve l'atelier.

. Personnel :

6 ouvriers plus M. Orallo et son fils en 1979,
4 ouvriers seulement en mai 1981.
M. Andrieux, qui vient de reprendre l'entreprise a remonté l'effectif à 6 ouvriers à compter du 1er juin

. Matériel :

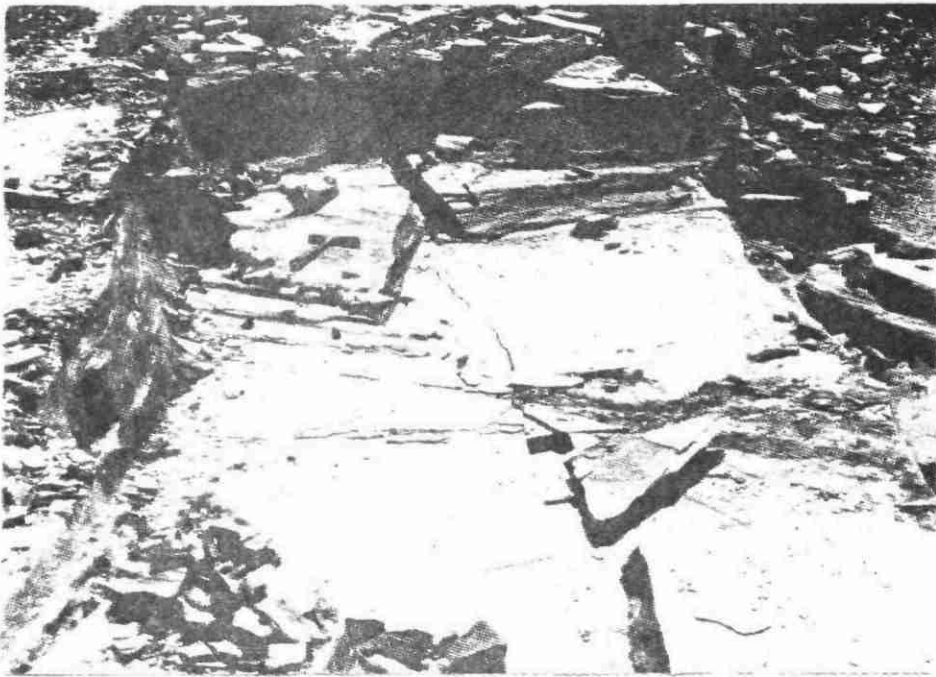
en carrière	1 chargeur sur pneus 85 CV
	1 pelle hydraulique 110 CV
	1 compresseur 4500 l
	1 waggon-drill
en atelier	2 scies à disques (pour dallages et carreaux)
	1 grignoteuse

2.2.3.2 - Méthode d'exploitation

. Orientation des fronts

La foliation du matériau en place étant subhorizontale, avec de simples ondulations de très faible amplitude, dans toute l'emprise de la carrière, aucune orientation des fronts de taille n'est imposée de ce fait.

ST - HIPPOLYTE
Carrière Orallo



Banquette horizontale déterminée par un plan de foliation

M. ORALLO a logiquement orienté ses fronts en fonction de la seule topographie initiale, perpendiculairement à la plus grande pente des versants, c'est à dire Est-Ouest dans la partie Nord de la carrière, et Nord-Sud dans la partie Sud. Dans cette partie, l'exploitation par gradins bas et banquettes larges, décrite ci-dessus rapidement, paraît particulièrement adaptée.

. Abattage et manutention :

L'abattage se fait par trous forés de \varnothing 34 mm à intervalles de 1,60 m, profonds de 2,40 à 3,20 m, alignés suivant des plans verticaux parallèles au front de taille et distants de celui-ci d'environ 3 m. (largeur de la banquette à chaque tir). La charge explosive (nitrate N 40R et gomme F 15) est de 500 à 700 g par trou, l'amorçage se fait par cordeaux détonnant, l'allumage par mèche lente et détonateur.

. A l'issue du tir, la banquette délimitée par le plan de foration postérieur se trouve déplacée vers l'avant d'environ 30 à 40 cm et simultanément disloquée. Les matériaux correspondants sont alors repris à la pelle hydraulique, éventuellement triés sur place par catégorie : matériau pour dalles et lauzes d'une part, pierre à bâtir mis directement en conteneurs de 1 m³ d'autre part, et évacués respectivement par chargeur soit au stockage/atelier soit au quai d'embarquement.

. Commentaire :

La méthode d'abattage employée est très proche de la technique des prédécoupages avec "tirs doux" que nous préconisons et les résultats en paraissent satisfaisants. Tout au plus M. Andrieux pourrait-il faire quelques essais de cette technique "douce" : explosif type "Roche 15", charges étagées et centrées par manchons à collerette, trous moins espacés (40 cm en \varnothing 34 mm) bien alignés et bien verticaux, ce qui ne présente pas de difficulté au waggon-drill. Il pourra alors apprécier lui-même si cette méthode apporte ou non des améliorations significatives en matière d'effet brisant et de rendement pierre.

. Remarques :

- Bien que la carrière d'Auguié se situe dans la même formation géologique que celle du Coustal, les proportions relatives de matériaux clivables et non clivables y sont très sensiblement différentes et moins favorables en raison de la présence d'une majorité (70 % environ) de bancs de gneiss fins (gneiss leptyniques) d'épaisseur décimétrique à pluri-décimétrique inaptés à la fabrication de dalles ou lauzes. Pour éviter un stock de déchets trop volumineux et manquer d'espace (il n'y a pas d'emplacement proche adapté à une décharge importante, M. Orallo a été amené à commercialiser ces matériaux non clivables sous la forme de bierre à bâtir.

Malgré la valeur marchande relativement faible de celle-ci, cette opération paraît largement autofinancée et préférable à un transport coûteux sur un site de décharge (à trouver ?), même si celui-ci permettrait de dégager les moyens d'accroître la production de lauze, plus rémunératrice.

- Les fracturations naturelles induites par la position de la carrière à proximité des linéaments cassants signalés plus haut (contexte géologique 2.2.1.2) dégradent très localement les matériaux sur des largeurs décimétriques à métriques. Cependant, elles ne se manifestent généralement que sous la forme d'une diaclase dont le pas suffit pour obtenir des pendis (plaques amenées à l'épaisseur d'une lauze mais non formées) permettant la fabrication d'une à trois lauzes. Elles ne constitueraient un handicap que si l'on recherchait de grandes dalles à découper sous scie multidisques, ce qu'excluera toujours la finition rustique qui fait le principal attrait des lauzes.

2.3 - Secteur DU CAYROL

Le secteur ardoisier du Cayrol chevauche le territoire de trois communes : Coubisou, Le Cayrol et Montpeyroux.

Sept exploitations jusqu'à présent très artisanales fabriquent des ardoises façonnées en écailles à tranchis-biais, de formes et de tailles très diverses et d'épaisseur comprise entre 7,5 et 12,5 mm (moyenne de 18 pièces : 9,5 mm). Ces produits d'un poids unitaire moyen de 1,5 kg, sont vendus à la "canne", lot de 180 ardoises et 5 "arrêtiers" couvrant environ 4 m² ; le poids au m² couvert s'établit donc aux alentours de 65 - 70 kg.

En règle générale, la surface de clivage est finement gaufrée, - tantôt par des cannelures étroites (1 mm), serrées (2 à 5 mm), très rectilignes et continues, - tantôt par des moirages plus larges (3 mm), plus espacés (15 - 25 mm), moins continus ; ces deux types de linéations, qui ne sont pas parallèles, peuvent s'entrecroiser sur un même échantillon. Il s'agit là d'ardoises rustiques très typées auxquelles une finition trop calibrée par sciage en largeur ferait perdre l'essentiel de leur cachet.

Certaines de ces exploitations produisent également des dalles et parements.

2.3.1 - Aperçu géologique

2.3.1.1 - Nature des matériaux

Les matériaux utilisés au Cayrol pour la fabrication d'ardoises rustiques sont les schistes fins, gris à gris-vert, comportant une forte matrice micacée (mica blanc, chlorite) englobant des grains épars de quartz, des feldspath plus rares et des minéraux opaques, très rarement de la pyrite. Malgré leur structure complexe révélée par les linéations que nous avons signalées et les études en laboratoire, ces matériaux présentent une bonne schistosité de flux à caractère planaire, d'intensité cependant assez faible. Ces caractères les différencient des lauzes car le clivage existe potentiellement en tout point de la roche et ne se localise pas à des lits particuliers. Il s'agit bien d'ardoises rustiques.

Ces matériaux se distribuent en passes de 3 à 12 m d'épaisseur alternant avec des passes d'importance analogue de matériaux non ou très difficilement clivables qui sont des schistes gréseux ou des grès micacés fins à débit plus esquilleux.

2.3.1.2 - Contexte géologique rapproché

La "formation ardoisière" du Cayrol, constituée des matériaux que nous venons de décrire, couvre au moins une bande de terrain large de 1400 m environ et allongée sur environ 3 km depuis les Usclades et le Bois de Grèze au Sud-Ouest, jusqu'au delà de Cantarone au Nord-Est. Cette bande appartient à la série des schistes sériciteux de la Viadène, appuyée au flanc Sud-Est du massif granitique d'Entraygues.

La structure de tout le secteur ardoisier apparaît très régulière :

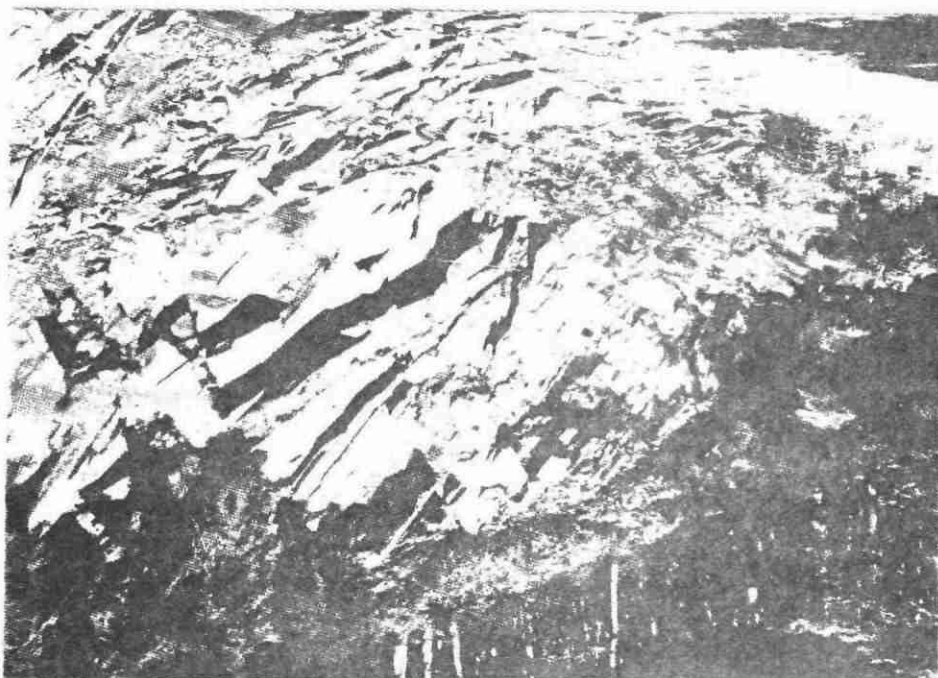
. La schistosité ne s'écarte que très peu d'une orientation moyenne N 65° E, pendage 55° SE.

. La stratification (trace du dépôt original et orientation des passes de nature différente) lui est en première approximation parallèle. Cependant, une observation récente, faite dans l'exploitation Boyer, nous a montré que ce n'était pas toujours le cas : la schistosité ardoisière peut recouper en biais le contact entre schiste ardoisier et faciès plus gréseux, ce qui implique l'existence de plis.

Ancienne chambre souterraine



Zone en cours d'exploitation



LE CAYROL
Carrières du Bois de Garèze
(Durand)

- . Les "barres", formées de matériaux non clivables, épaisses de quelques décimètres à 2 m, toujours orientées approximativement Est-Ouest avec un fort pendage Nord (80° environ) et qui "ne se fendent pas" pourraient témoigner elles aussi du plissement des couches originelles.
- . Les linéations, fines ou de moirage sont orientées dans deux directions différentes, mais l'une et l'autre sont aussi approximativement constantes.
- . Certains accidents cassants, tels que les "chaines" ou feuilletis, brusques déviations de la schistosité entre deux plans parallèles distants de quelques centimètres à quelques décimètres ont également une orientation à peu près constante (N 145° E, pendage 60° SW) ; continues souvent sur plusieurs dizaines de mètres, elles correspondent à des cisaillements qui se sont tous faits dans le même sens (sénestre) dans l'ensemble du secteur ardoisier.
- . Seules les fracturations mineures paraissent variables et difficilement contrôlables.

Si l'on considère son extension, la régularité de sa structure d'ensemble, le nombre et la continuité des passes ardoisières qu'on y connaît et celles qu'on peut raisonnablement espérer y découvrir, le secteur ardoisier du Cayrol apparaît susceptible de renfermer des réserves relativement importantes malgré leur distribution en passes peu épaisses (3 à 12 m) intercalées d'au moins autant de passes non clivables.

2.3.2 - Carrière DURAND

. Accès :

La carrière, dite du Bois de Grèze, est située à 12 km d'Estaing par la D. 22 et 3 km de chemin dont une partie vient d'être refaite. Accessible à tous véhicules y compris semi-remorque.

2.3.2.1 - Caractéristiques de l'entreprise

- . Entreprise nouvelle (SARL) reprenant une ancienne exploitation familiale.
- . Emprise cadastrale : 7 hectares.
- . Nature de la production antérieure :
 - Ardoises rustiques
 - Dalles de 15 - 25, 25 - 40 et 40 - 60 mm
 - Parements

. Emprise de la carrière :

Travaux anciens importants (une centaine d'ouvriers avant 1914), à ciel ouvert sur 150 m en allongement W-SW et une trentaine de mètres de large, plusieurs recoupes et chambres latérales plus ou moins éboulées, le front en partie comblé par des rejets.

Travaux plus récents : une chambre souterraine, dans une passe parallèle à celle de l'ancienne carrière un peu au Sud-Est de celle-ci, petits travaux à ciel ouvert dans deux autres passes encore plus au Sud-Est, prises "en bout" et en descendant.

Carrière en cours de réorganisation, déblaiement et rejet des déchets sur le contrebas du versant en voie d'achèvement courant mai 81 (sous-traitance).

. Personnel : 2, sera porté à 6 en 3 ans.

. Matériel actuel :

- 1 marteau - perforateur
- 1 compresseur
- 1 tracteur agricole en voie de remplacement par 1 tracto-
pelle (chargeur et godet rétro)
- 1 scie à disque

Courant force, projet d'atelier.

2.3.3.3 - Méthodes d'exploitation utilisées
antérieurement

Abattage à la poudre noire, sans plan de tir précis, foration des trous dans des conditions souvent difficiles (échelles, échafaudages), trous perpendiculaires à la schistosité, glissement des dalles décollées suivant le plan de celle-ci ou des diaclases, après déblocage du pied, arrachage manuel.

La réorganisation de la carrière doit permettre d'améliorer la méthode d'extraction.

- Recommandation.

Le clivage ardoisier est orienté dans la direction moyenne N 60° E, avec un pendage de 50° vers le S-SE.

Il conviendrait donc de créer un front de taille vertical parallèle à cette direction et qui progresserait vers le N-NW avec un certain développement longitudinal. L'abattage des bancs ardoisiers serait réalisé à l'explosif "Roche 15" par foration des trous dans des plans verticaux et horizontaux comme indiqué sur le schéma (3ème cas de la figure 1). Un tel plan d'exploitation permettrait d'aménager des gradins avec des plate-formes permettant l'évolution du tracto-pelle ou autres engins.

Pour une exécution bien parallèle des trous horizontaux en pied de gradin (et même des trous verticaux) il serait utile de prévoir un marteau sur glissière (trancheuse) ou un waggon-drill.

2.3.3 - Exploitations SALELLES et LFFRUIT
BOYER et LARZAC
VIDAL - MOLINIER

Il s'agit dans les trois cas d'entreprises très modestes, en appoint à des exploitations agricoles (seul M. Larzac n'est pas agriculteur), travaillant sans personnel salarié, dans des secteurs d'accès difficile, possible seulement aux tracteurs agricoles ou à des véhicules très légers (2 CV).

2.3.3.1 - Production et moyens

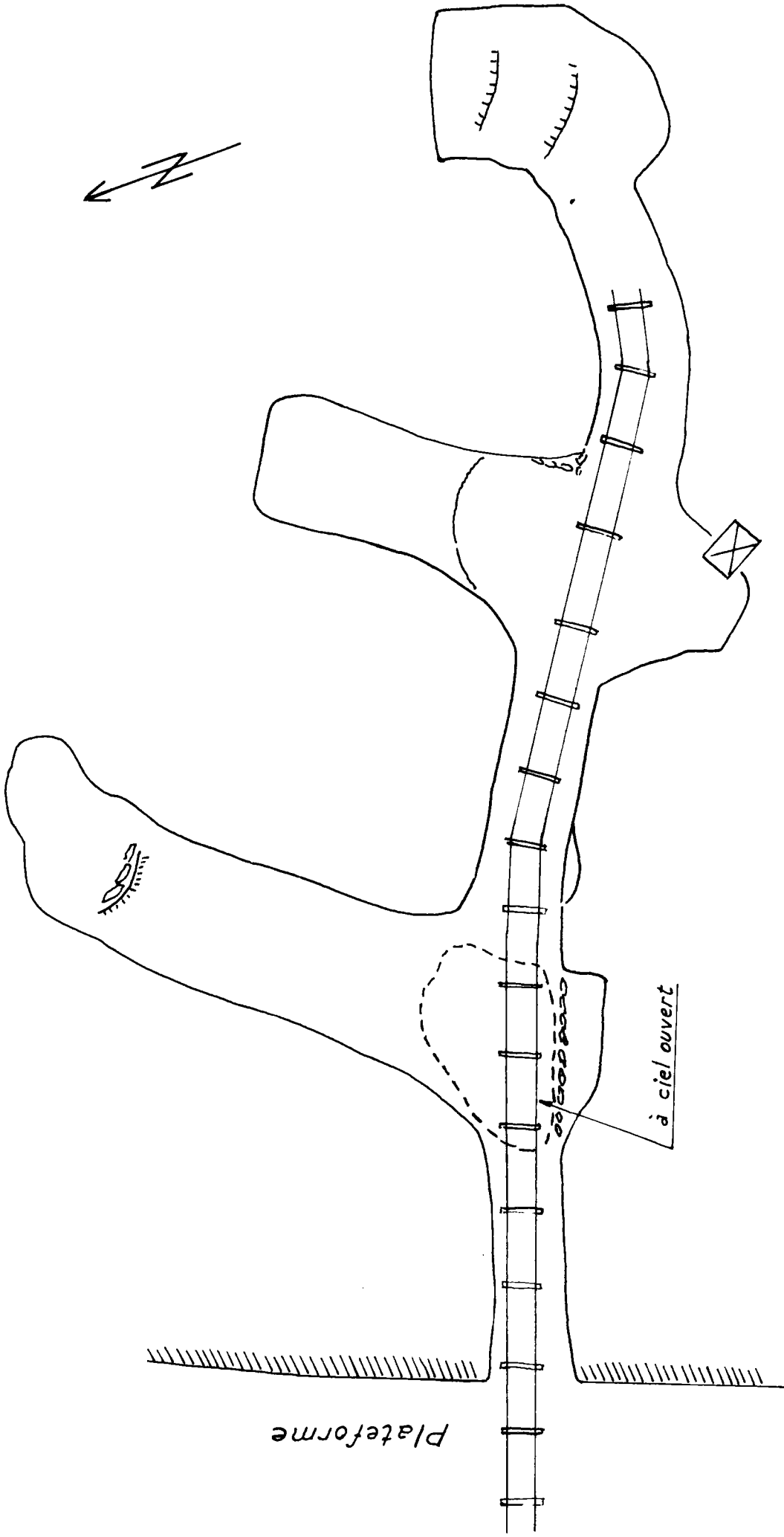
. Toutes ces entreprises produisent de l'ardoise rustique (90 %) et des dalles (10 %).

. Matériels :

	Salelles-Lefruit	Boyer Larzac	Vidal-Molinier
Tracteur agricole	1	1	1
Tracto-pelle		1	
Grignoteuse		1	
Compresseur	1	1	1
Marteau perforateur	1	1	1
Wagonnet			1

LE CATKUL - CARRIERE JOUJERNAINE DL M VIDAL

Ech: 1/200



2.3.3.2 - Méthodes d'exploitation

Ces trois carrières sont situées au versant NW de serres d'orientation SW-NE, versant dans lesquels les passes ardoisières s'enfoncent rapidement du fait de leur pendage vers le SE. Cette disposition exclut toute exploitation importante à ciel ouvert du fait de la croissance rapide du rapport découverte/exploitable qui atteint très vite des valeurs comprises entre 6 et 10, en roches dures.

Aussi la meilleure solution est-elle celle de l'exploitation en souterrain dont le type est bien illustré par le plan de la carrière de M. Vidal : un travers-banc horizontal perpendiculaire au versant (et à la direction de la schistosité), assorti de recoupes ou petites chambres dans les niveaux de bonne qualité ardoisière. Les deux autres entreprises ont commencé à agir de même après une période à ciel ouvert.

Ce type d'exploitation est rationnel dans son principe et peut être poursuivi, sans toutefois laisser espérer de grands développements. On peut conseiller aux intéressés, dans toute la mesure où la nécessité de produire ne s'y opposera pas, d'éclairer leur connaissance du gisement en prolongeant leur travers-banc plutôt que de l'arrêter sur une première passe dont la fissibilité n'est pas nécessairement la meilleure.

Par contre, le versant Sud-Est de la serre, opposé à celui où se situent les exploitations BOYER - LARZAC et VIDAL - MOLINIER présente des rapports topographie-schistosité favorable à une exploitation développée à ciel ouvert à condition qu'il s'y trouve des réserves suffisantes sous une découverte admissible, ce qui pourrait être vérifié par sondages courts, inclinés et carottés.

2.3.4 - Exploitations PRAT Frères Emile SALELLES et fils

Ces deux entreprises sont regroupées ici en raison de leurs localisations très proches l'une de l'autre au versant Nord-Ouest de la serre de Cuzuel, lieu-dit la Moulièyre, caractérisé par des difficultés d'accès considérables : le chemin ouvert par les frères PRAT, en très forte pente et multiples lacets sur près d'un kilomètre ne permet pas l'accès qu'à un tracteur agricole spécialement équipé, à 4 roues motrices.

2.3.4.1 - Caractéristiques des entreprises

M. E. SALLELES est agriculteur et ne travaille en carrière que très irrégulièrement.

Par contre, les frères PRAT travaillent à temps complet, soit à la carrière, soit à l'atelier situé au hameau, de Cuzuel à 5 km (pas de courant sur la carrière pour alimenter la grignoteuse).

2.3.4.2 - Production et moyens

M. SALELLES ne peut pas préciser le volume de sa production, trop irrégulière.

Les frères PRAT produisent environ 1 canne (4 m², 180 ardoises) par jour, soit 800 à 1000 m²/an.

Les deux entreprises disposent chacune de :

- 1 tracto-pelle
- 1 compresseur
- 1 marteau perforateur
- 1 tracteur agricole

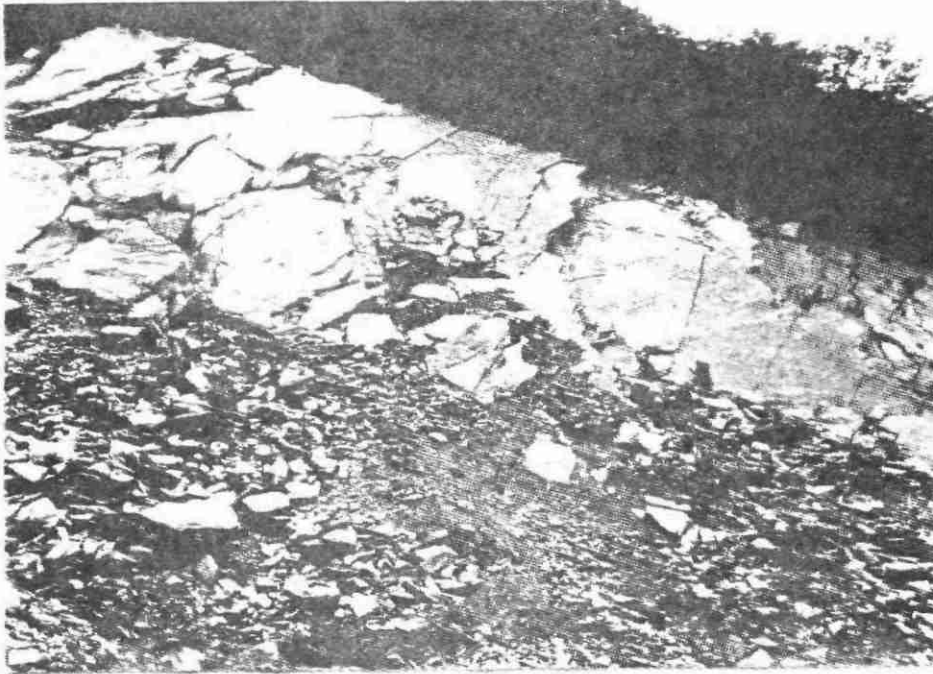
2.3.4.3 - Méthodes d'exploitation

Bien que les passes ardoisières s'enfoncent dans le versant, comme dans le cas des carrières précédentes (2.3.3), les frères PRAT exploitent à ciel ouvert : la carrière a été ouverte en extrémité Sud-Ouest d'une passe de bonne qualité ardoisière à la faveur d'une entaille naturelle dans le versant et progresse vers le Nord-Est en suivant cette passe en allongement, sans s'y enfoncer très profondément pour éviter les surplombs. L'abattage se fait à l'explosif par trous forés dont la profondeur est de l'ordre du mètre, sans plan de tir fixe, en utilisant au mieux toutes les fracturations du rocher.

Comme dans le cas précédent, les rapports pente du versant/schistosité ne sont pas favorables à de grands développements à ciel ouvert : c'est ainsi que M. SALELLES a été amené à ouvrir successivement trois carrières très petites en quelques années.

Par contre, le versant opposé, face au Sud-Est dans lequel est ouverte une carrière "communale" (à la disposition des habitants) présente des rapports topographie/schistosité autorisant le développement d'une exploitation à ciel ouvert. Les matériaux affleurants paraissent plutôt aptes à faire des dalles que des ardoises, mais on ignore ce qu'ils recouvrent et on ne peut exclure a priori que des sondages carottés courts dans ce versant puissent rencontrer des passes ardoisières plus fines.

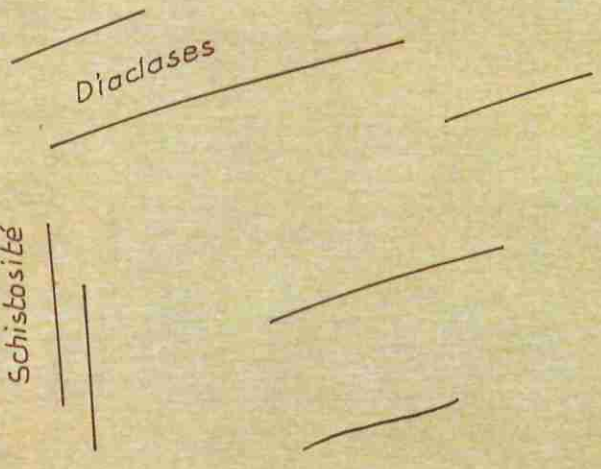
LE CAYROL
Carrière des Escures (Mirabel)
Front de taille suivant la schistosité



Schistosité



Diaclases



2.3.5 - Carrière MIRABEL

La carrière des Escures, exploitée par M. Mirabel, se situe en rive droite du ruisseau de la Coussane, 600 m en amont du confluent de celui-ci avec le ruisseau d'Agols. Cette carrière est très isolée, on y accède par chemin goudronné jusqu'à la ferme des Tarides (M. Mirabel est agriculteur) puis par un chemin de terre d'environ 1 km praticable aux seuls tracteurs par temps de pluie.

2.3.5.1 - Production et moyens

. Production :

~ 200 m² d'ardoise rustique en 1978

. Matériel :

1 tracteur agricole
1 chargeur Caterpillar

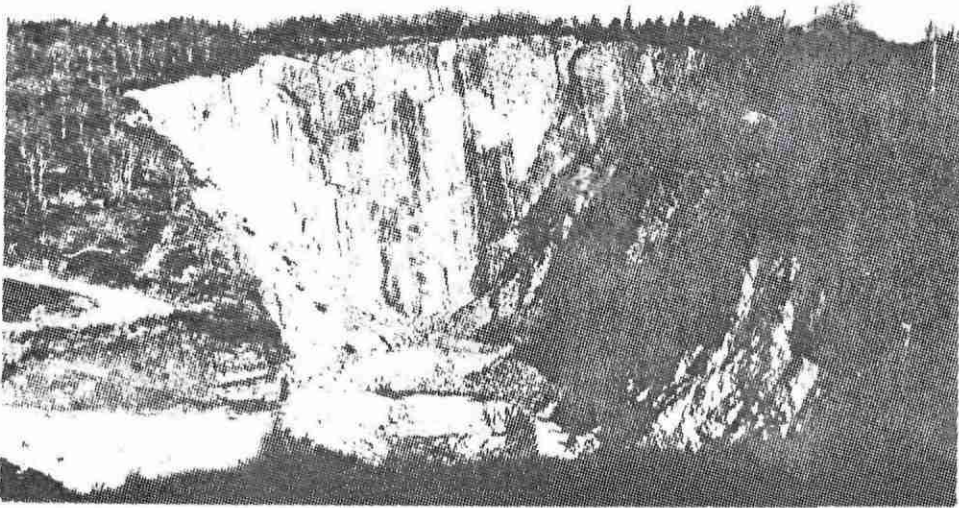
2.3.5.2 - Etat de la carrière

Notons tout d'abord que cette carrière est bien située du point de vue des rapports pente du versant / schistosité : le front de taille (cf. photo) étant parallèle à celle-ci, le glissement des dalles de schistes décollées par tir de mines devait se faire sans difficulté vers l'aval pendage préalablement dégagé.

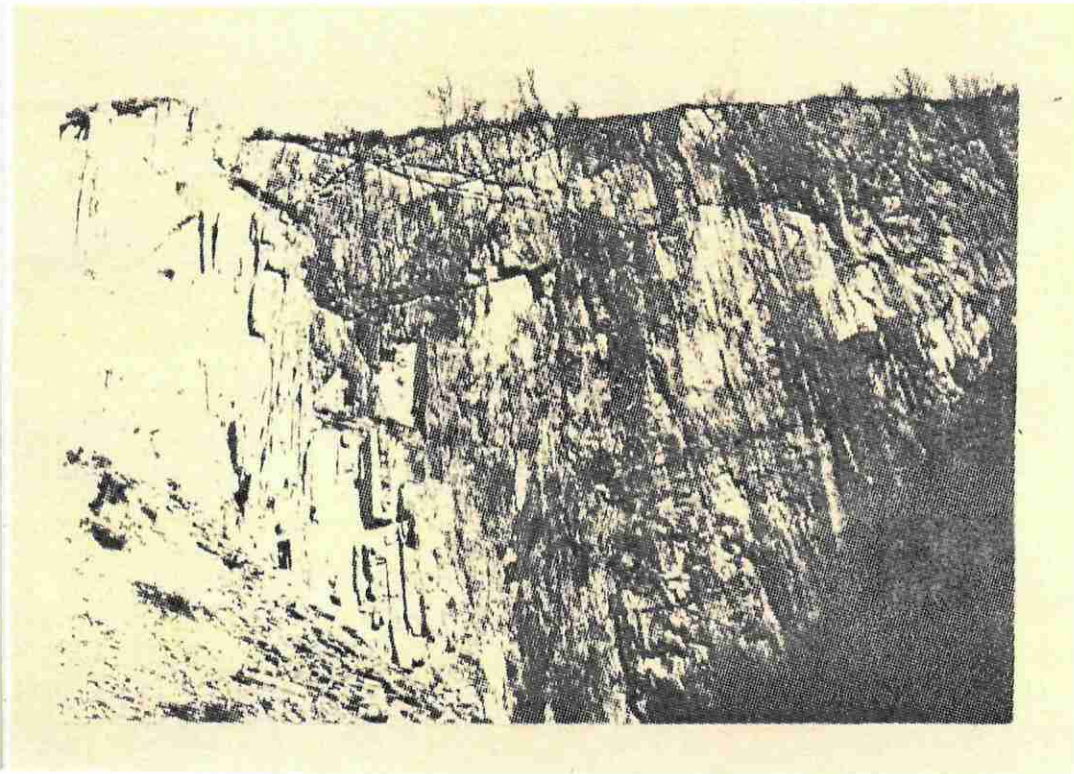
Actuellement, l'exploitation est sporadique, M. Mirabel estimant sa carrière pratiquement épuisée. Il est de fait qu'elle est bloquée en allongement vers le Nord-Est par l'entaille du ruisseau de la Coussane qu'elle a atteint, et vers le Sud-Ouest une limite géologique constituée par un accident transverse important, visible d'ailleurs sur photo aérienne, accompagné d'un rebroussement des couches avec broyage et altération profonde.

Côté versant, on a atteint le mur stratigraphique de la passe ardoisière et le matériau fend mal. Vers la profondeur, M. Mirabel assure que le matériau fend également mal, mais il est enfoui sous les déchets et n'a pu être observé : ce n'est pas du tout impossible s'il y a un repli tectonique à ce niveau. Reste donc à chercher en direction du Sud-Ouest, au delà de la zone failleuse en s'aidant d'une part de traces de grattages anciens et de la topographie (les passes ardoisières, plus tendres que l'encaissant sont souvent légèrement déprimées) ; en outre, le projet d'un nouveau chemin pourrait permettre de dégager des affleurements frais.

DOURGNE
Front de taille nord-est

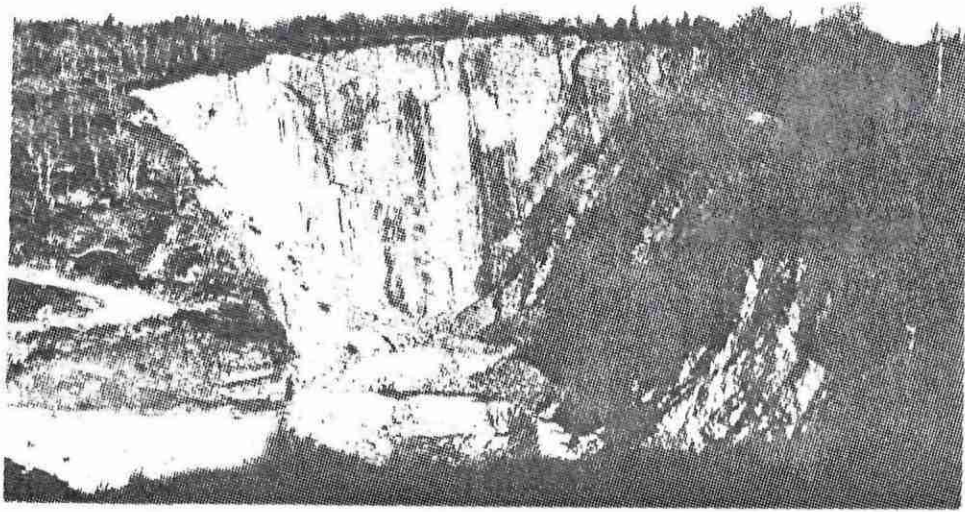


Vue générale

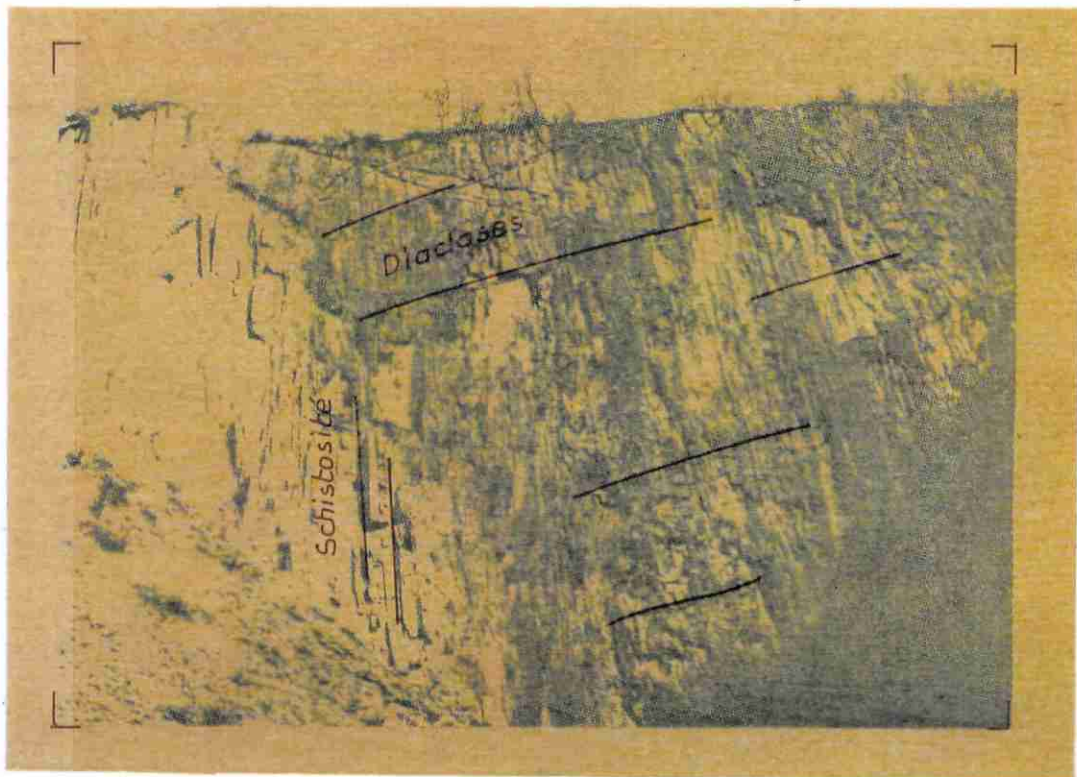


Vue montrant les diaclases à faible pendage

DOURGNE
Front de taille nord-est



Vue générale



Vue montrant les diaclases à faible pendage

2.4 - Secteur de DOURGNE

A Dourgne, les ardoisières de la Montagne Noire proposent des lots d'ardoises de forme demi-ovale, rondies en biais, irrégulières dans toutes leurs dimensions (largeurs sciées observées 16 à 24 cm) y compris l'épaisseur qui varie entre 5 et 9 mm (moyenne de 13 échantillons : 7 mm).

En outre, dans la plupart de ces ardoises (Dourgne "noire", Dourgne "batarde") les surfaces de clivage présentent des cannelures irrégulières, peu accentuées, dont le parallélisme approché détermine le longrain (direction préférentielle de fissilité). Seule la qualité la plus fine (Dourgne claire dite "bleue") paraît en être parfois dépourvue.

L'ensemble de ces caractéristiques permet de classer les ardoises de Dourgne dans la catégorie des ardoises rustiques, cependant relativement minces.

2.4.1 - Géologie

2.4.1.1 - Nature des matériaux

. L'exploitant distingue trois qualités, dites respectivement "Dourgne bleue" (gris-vert), "Dourgne noire" et "Dourgne batarde".

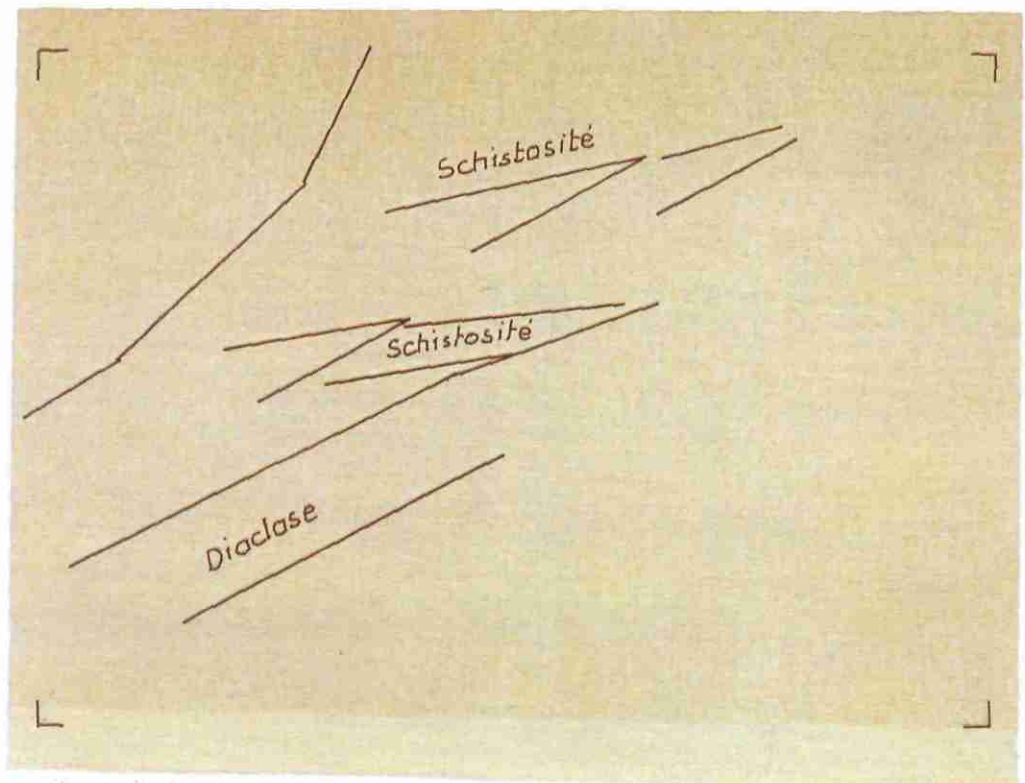
. Tous ces matériaux sont des siltites à lamines (minces couches alternativement micacées et plus gréseuses). Cependant, ces lamines sont moins régulièrement planaires et moins minces dans le faciès "batarde".

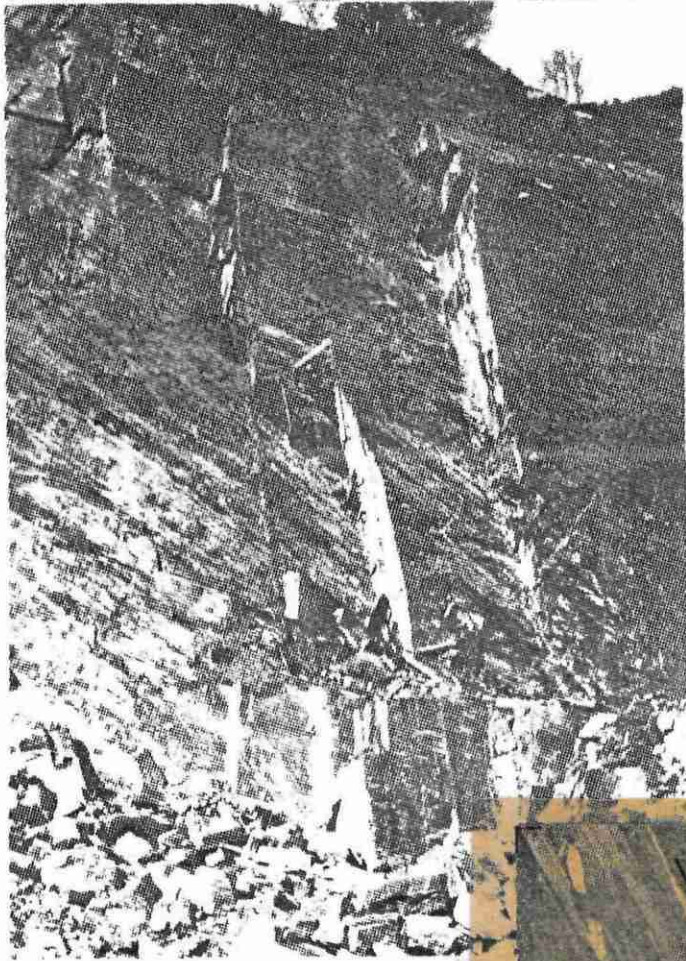
. Leur grain est en moyenne très fin mais relativement peu homogène.

. Le rapport quartz/phyllites est favorable. Les teneurs en calcite mesurées, -extrêmement variables d'un faciès à l'autre (0,04 à 2,9 %) et même d'une lamine à l'autre (0,6 à 5,2 %) dans le faciès "batarde"-, sont dans tous les cas compatibles avec la norme NF-P32-301, et ce d'autant plus que la pyrite est extrêmement rare (moins de 0,5 %) et très fine.

. La schistosité ardoisière n'est ni très pénétrative ni très plane, en raison de la composition contrastée des lamines et d'une légère crénulation.

Tous ces caractères réunis font que ces matériaux ne peuvent fournir des ardoises classiques très fines (type Anjou). Par contre ils correspondent tout à fait aux critères par lesquels nous avons défini les matériaux pour "ardoises rustiques" (cf. rapport intermédiaire pp. 1, 2 et 5).

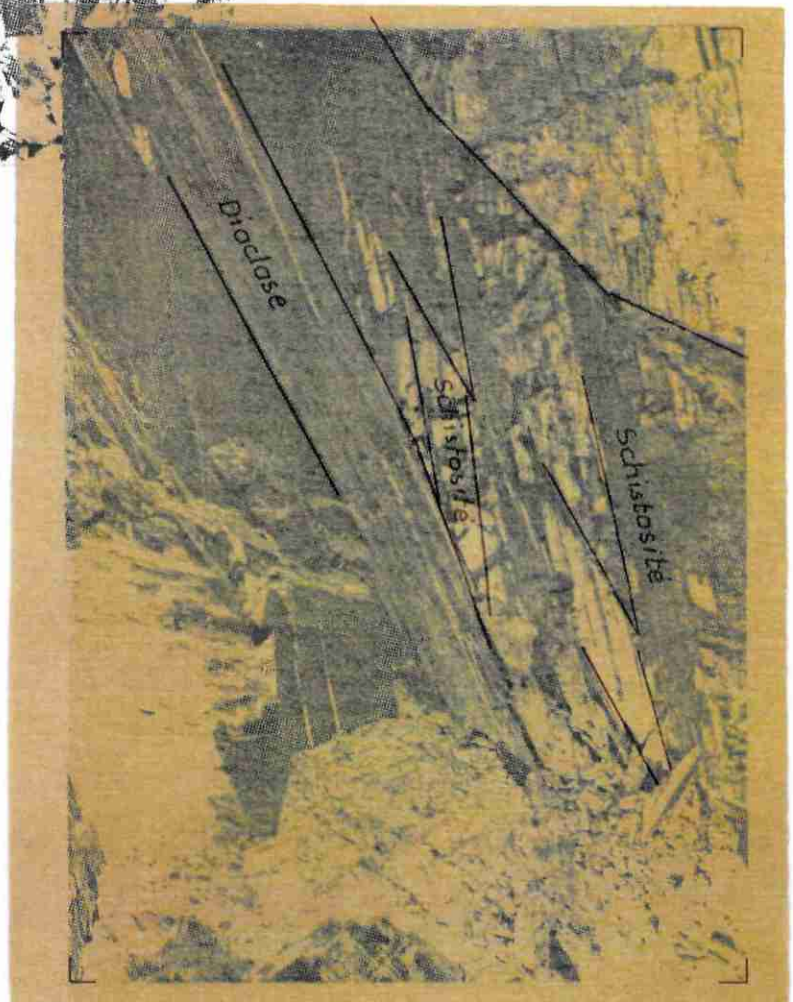




DOURGNE

Carrière de Limatge
parement nord-ouest

"Couteaux" résultant de
l'intersection de la
schistosité par de grandes
diaclasses de même direction
et de pendage moindre





DOURGNE

Carrière de Limatge
parement nord-ouest

"Couteaux" résultant de
l'intersection de la
schistosité par de grandes
diaclasses de même direction
et de pendage moindre



2.4.1.2 - Structure au niveau de la carrière en exploitation

La carrière de Limatge (Ardoisières de la Montagne Noire) exploite un dressant large de 40 m environ, orienté N 40° E, pendage 80° SE. Cette orientation est celle de la schistosité ardoisière, elle-même globalement parallèle à celle des lamines, donc à la stratification.

L'exploitation actuelle est limitée au Nord-Ouest par une zone à grandes diaclases d'orientation très proche de la schistosité qu'elles détruisent (couteaux). A partir de cette zone, deux passes de "Dourgne noire", puissantes chacune de 4 m environ sont séparées par un "nerf" concordant épais de 1,5 à 2 m, constitué de quartzite sombre légèrement carbonaté et chargé de quartz glandulaire. Au delà vers le Sud-Est, viennent 15 m de "Dourgne batarde", puis environ autant de "Dourgne bleue" plus fine. Le parement Sud-Est est constitué par des calcaires précédés d'une épaisseur métrique de calcschistes. Cette disposition est constante dans tout l'allongement de la carrière, soit 150 m environ.

Notons que, la carrière ayant été approfondie à 60 m environ sans que le parement calcaire du Sud-Est ait été entièrement purgé des schistes à son contact, ceux-ci sont l'objet d'un fauchage en masse très important qui constitue une menace certaine pour une poursuite de l'approfondissement. En outre, l'exploitation "à vue" ne peut plus progresser en direction du Nord-Est où le front de taille a atteint le stot de protection de la route D. 12.

2.4.1.3 - Structure cartographique d'ensemble

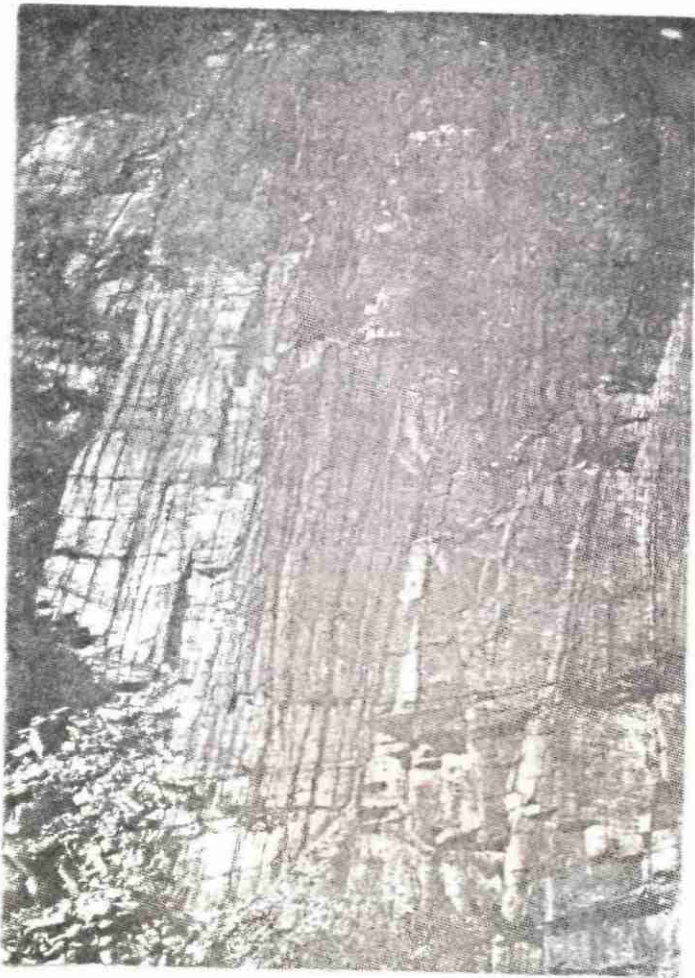
Celle-ci est bien une vaste synforme allongée Nord-Est - Sud-Ouest sur une vingtaine de kilomètres, de Massaguel à Durfort et au delà, en direction de Tréville.

Cependant, contrairement à ce que laissaient supposer les documents existants, ces faciès ardoisiers ne se situent pas au coeur de cette structure, mais dans le flanc Sud-Est de celle-ci, ce qui est une position beaucoup plus favorable (régularité et approfondissement). Le niveau dans lequel ils s'inscrivent correspond à une bande de terrains épaisse d'une cinquantaine de mètres, accolée au Sud-Est à un horizon calcaire bien repéré. Cette bande inclut d'ailleurs toutes les anciennes carrières, de Clos Redon à la vallée du Taurou.

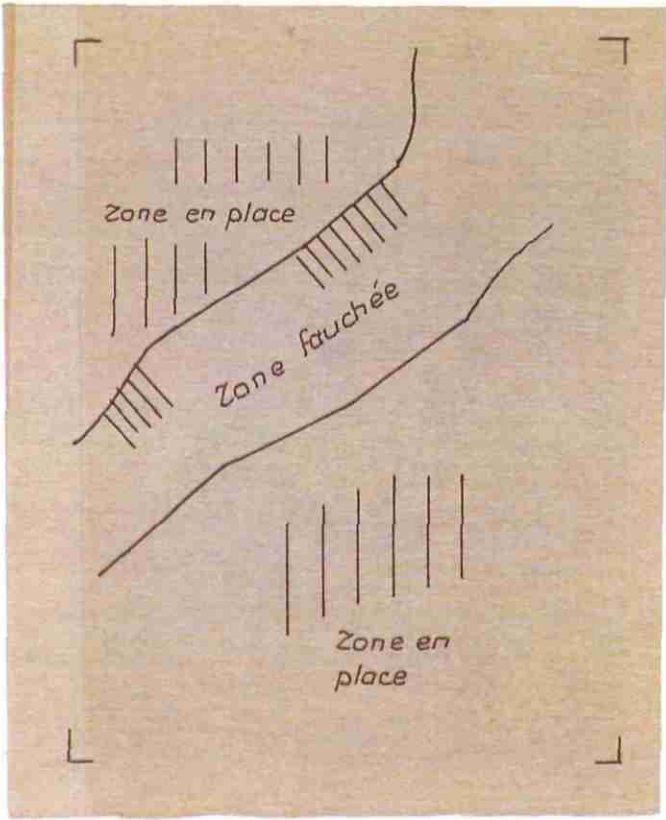
Dans l'allongement de la structure, ce niveau est onduleux en direction et plongement :

- au Nord-Est, dans la vallée du Taurou, la structure se déverse vers le Nord-Ouest et la qualité ardoisière est souvent amoindrie, sinon détruite (kinks ou "tossa" parfois très serrés, schistosité secondaire transverse).
- vers le Sud-Ouest, et dès le Clos Redon, la structure est plus ouverte (pendages vers le Nord-Ouest) et la qualité ardoisière s'en ressent également.

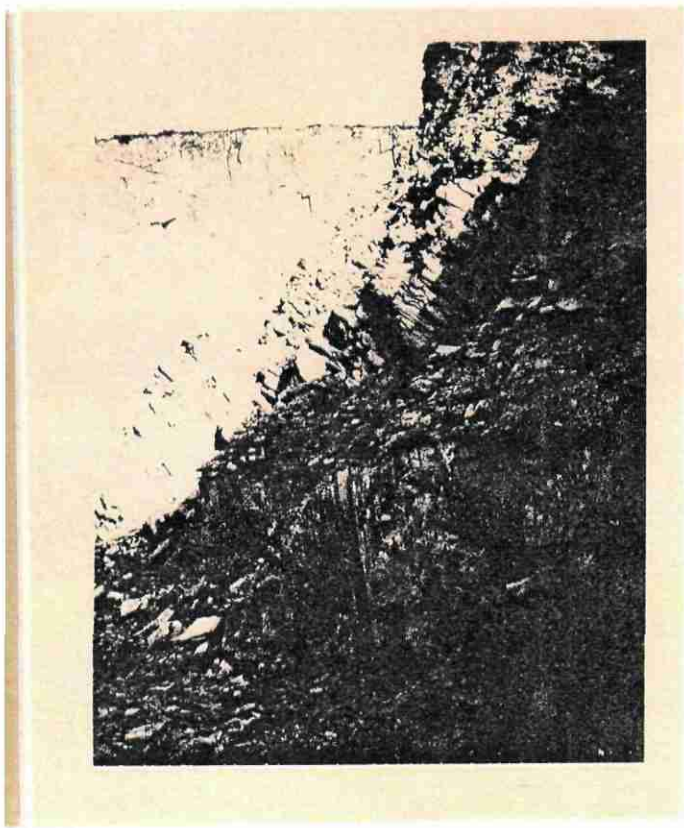
DOURGNE
Vallée du Taurou



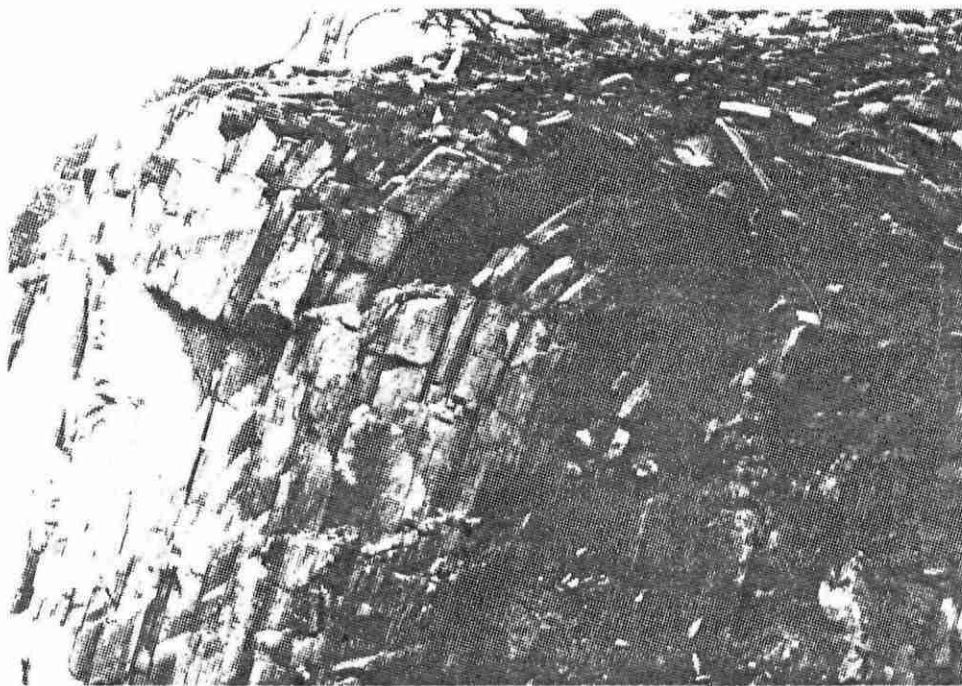
Kink-bands détruisant la qualité ardoisière



DOURGNE
Carrière de Limatge

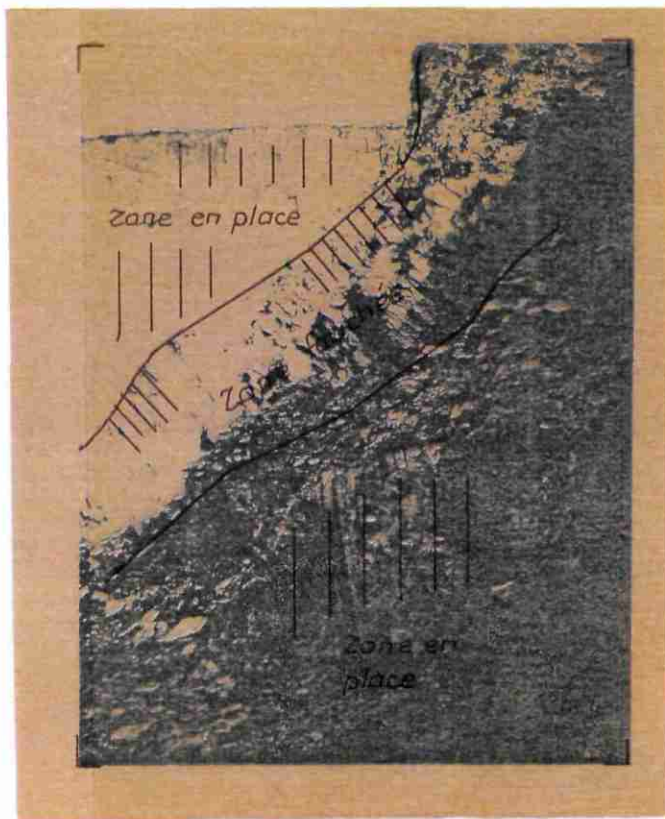


Fauchage en masse
du parement sud-est

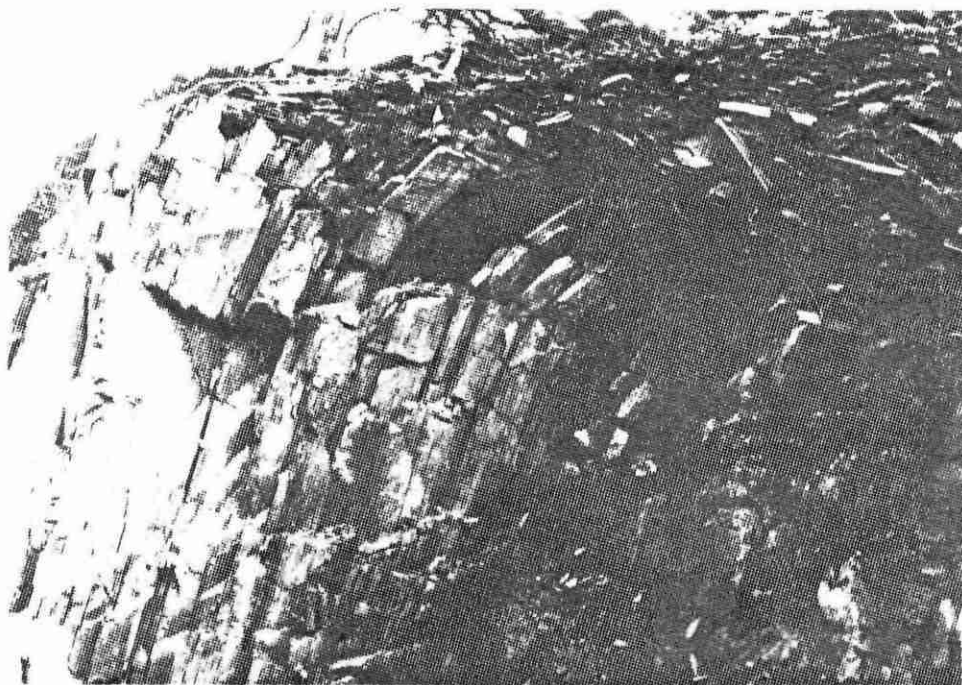


Fauchage en têtes de couches front sud-ouest

DOURGNE
Carrière de Limatge



Fauchage en masse
du parement sud-est



Fauchage en têtes de couches front sud-ouest

Les conditions les plus favorables à l'existence d'ardoises exploitables (rapports schistosité / stratification, état de fracturation) se rencontrent dans la portion verticalisée qui, débutant à environ 250 m au Sud-Ouest de la carrière actuelle, inclut celle-ci et s'étend vers le Nord-Est jusqu'au delà de Sacaze, soit sur 1 km au moins. Nous avons là un panneau a priori très favorable susceptible de renfermer plusieurs centaines de milliers de m³ de matériaux analogue en nature et disposition à ceux de la carrière actuelle, pour un approfondissement du même ordre.

2.4.2 - Ardoisières de la Montagne Noire

Situation et accès :

5 km au Sud de Dourgne, par D. 12 (route d'Arfons).

2.4.2.1 - Dimensions de l'entreprise

Emprise cadastrale de l'arrêté préfectoral :

10 hectares

Volume de production :

Ardoises rustiques ~ 1 500 m²/an

Dallages ~ 5 500 m²/an

Emprise actuelle de la carrière :

environ 13 000 m²

· front de taille ancien au NE, 60 m de haut, 40 m de large, vertical

· front de taille Sud-Ouest en cours, 4 gradins hauts de 8 - 10 m, un gradin supérieur de 2 m dans la découverte.

Personnel tous travaux (carrière et atelier) :

12, dont un chef d'exploitation (M. Serres) et un mécanicien.

Matériel

en carrière 2 chargeurs 130 et 180 CV

1 pelle Poclain 130 CV

1 compresseur

1 waggon-drill

en atelier 1 scie à disque Ø 500

sur table pivotante

1 palan de 500 kg

3 grignoteuses + perceuses

1 charriot élévateur

Nouvel atelier en construction 25 x 13 m.

2.4.2.2 - Exploitation et recommandations

Abattage par trous forés et tirs de mines (explosif nitraté N 41 R.).

En ce qui concerne l'orientation des fronts de taille, la progression actuelle par gradins perpendiculaires à la schistosité semble présenter certains inconvénients, en particulier pour l'arrançage.

Nous proposons de créer un front de taille parallèle à la schistosité en ouvrant une foncée en direction du Sud-Ouest, sur le flanc Sud-Est de la formation ardoisière. Cette foncée devrait être placée au mieux pour éviter de laisser des schistes en surplomb au contact des calcaires de Limatge. A partir de cette foncée, le front progresserait en direction Nord-Ouest selon la technique "Roche 15" : il suffirait d'un seul plan de prédécoupage foré à la base des gradins (et si nécessaire un plan latéral perpendiculaire vertical). Le longrain, subhorizontal, est en effet en position favorable pour ce schéma de tir.

Le tir "doux" ouvrant les diaclases naturelles, en particulier celles parallèles à la schistosité, les bancs ardoisiers cisailés à la base des gradins seraient alors rabattus à la pelle en rétro et couchés sur le fond de fouille. A titre indicatif, les passes pourraient avoir 5 à 6 m de large et 3 à 4 m de haut.

2.5 - Secteur de LACAUNE

A Lacaune, les deux entreprises en activité proposent trois types de produits de couverture :

. des ardoises sciées, rectangulaires, calibrées (25 x 20 cm), de 4,5 mm d'épaisseur moyenne et d'un poids au m² variant entre 25 et 35 kg suivant le mode de pose.

. des ardoises demi-ovales, calibrées par sciage en largeur (20 cm) mais de longueur variable, et d'une épaisseur voisine de 5 mm (moyenne de 12 échantillons).

Ces deux premiers produits constituent une part importante des fabrications de l'entreprise GARENQ. Leur bonne planéité et leur faible épaisseur les apparentent aux ardoises du Pays de Galles et permettent de les classer dans la catégorie des ardoises fines.

. des ardoises d'un modèle traditionnel, dit "Auvergne", en forme d'écailles à tranchis en biais, non calibrées, d'épaisseur moyenne 8 à 9 mm. Pour 1 m² de toiture, on compte approximativement 35 ardoises "Auvergne" de tailles diverses, représentant un poids d'environ 45 kg au moins.

Ce dernier produit, qui constitue l'essentiel des fabrications de l'entreprise GRANIER entre dans la catégorie des ardoises rustiques.

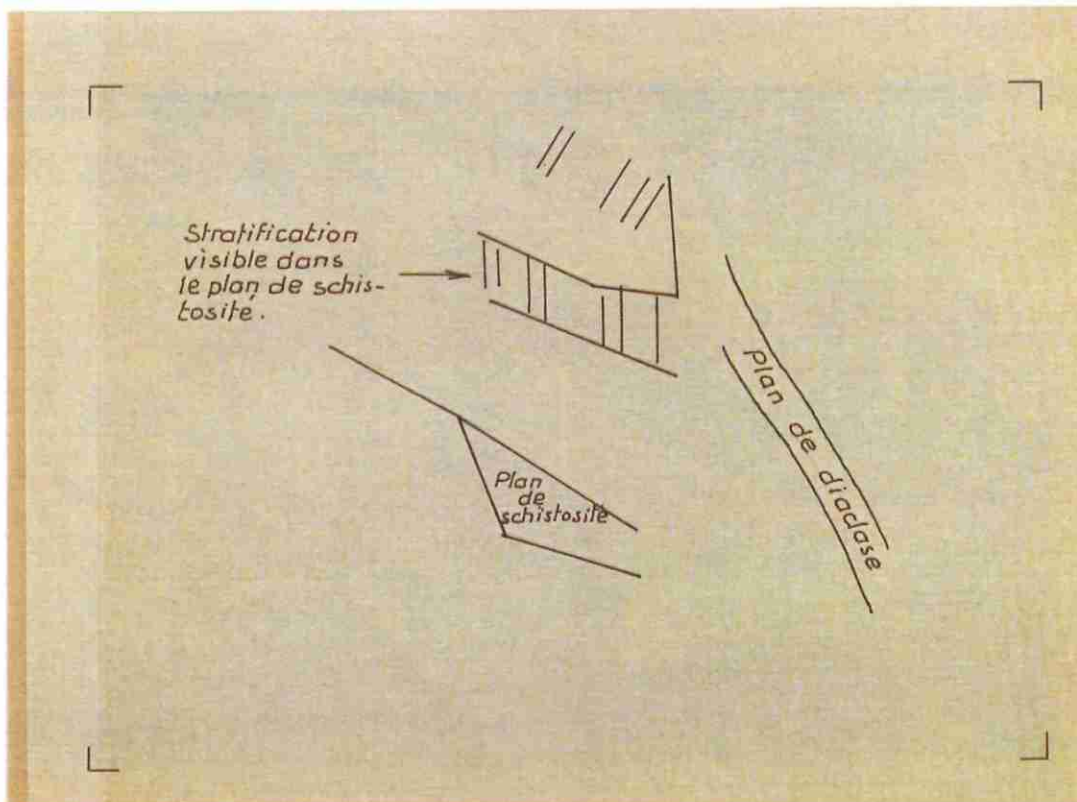
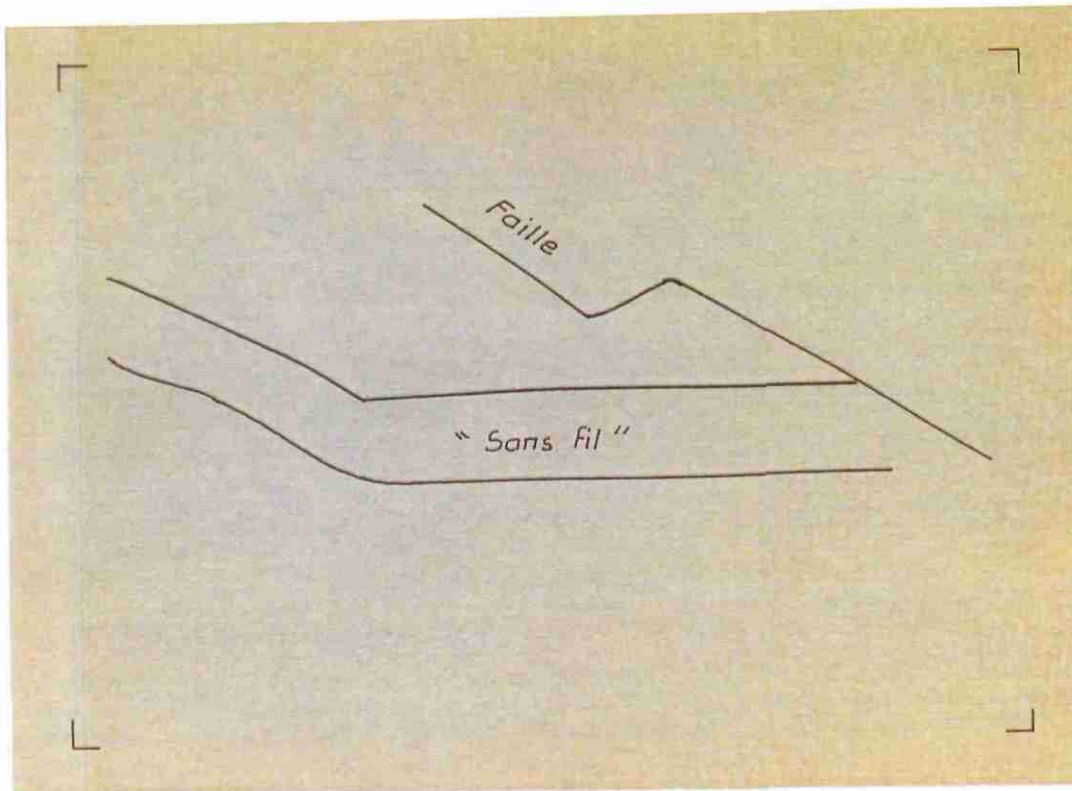
Les deux entreprises produisent également des dalles, parements et bordures.

2.5.1 - Géologie

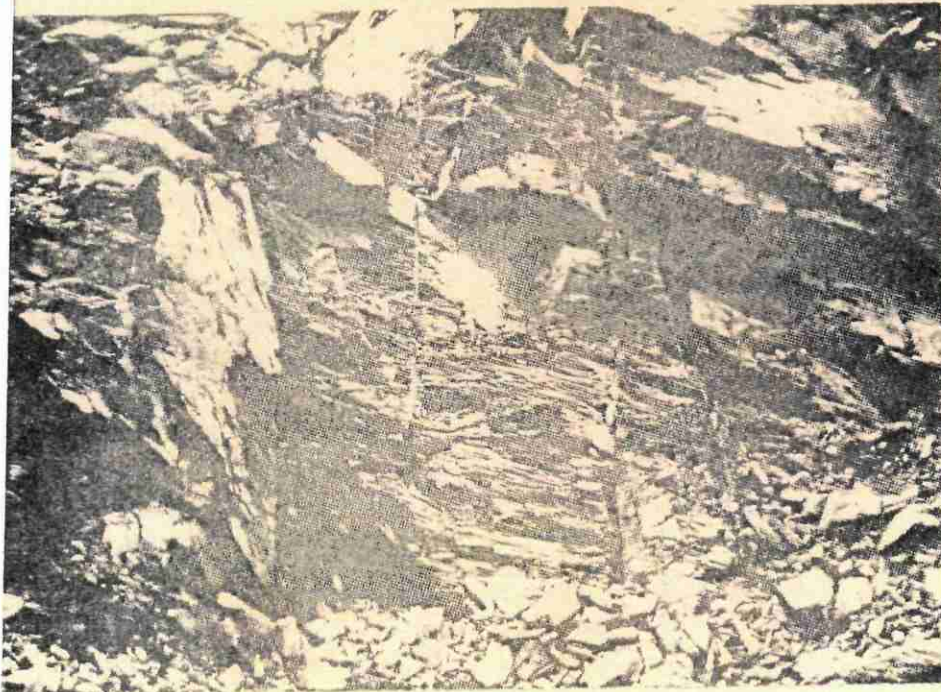
2.5.1.1 - Nature des matériaux

a) Matériaux ardoisiers

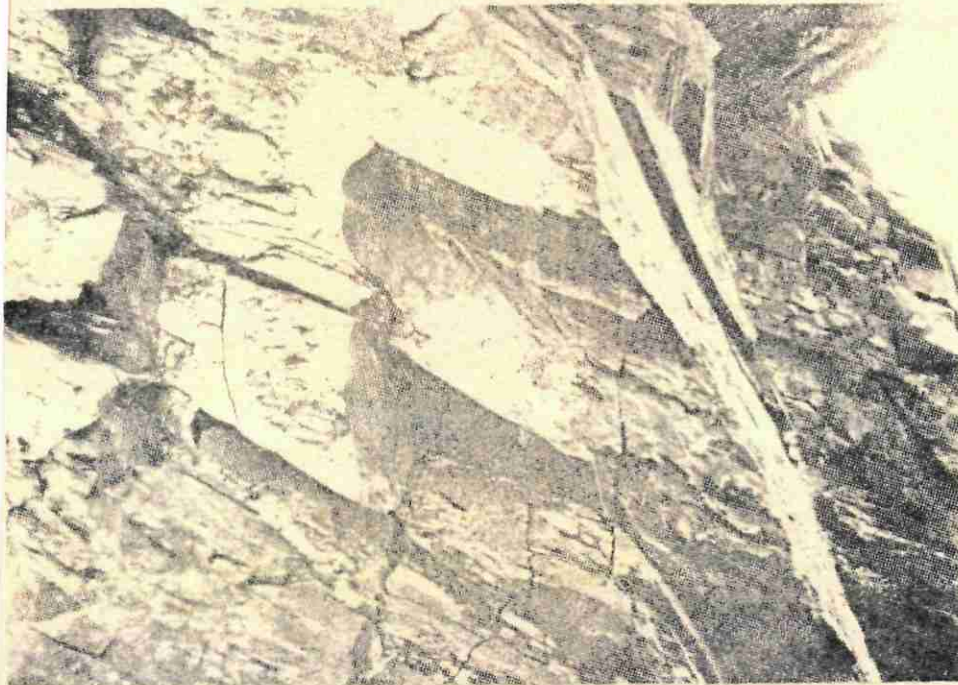
● les exploitants distinguent deux faciès ardoisiers dits respectivement "Lacaune noire" et "Lacaune grise". La teinte des ardoises noires paraît homogène, mais celle des ardoises grises résulte de l'alternance des bandes plus ou moins claires ou foncées.



LACAUNE
Carrière du Moulins
partie ouest (Gareng)

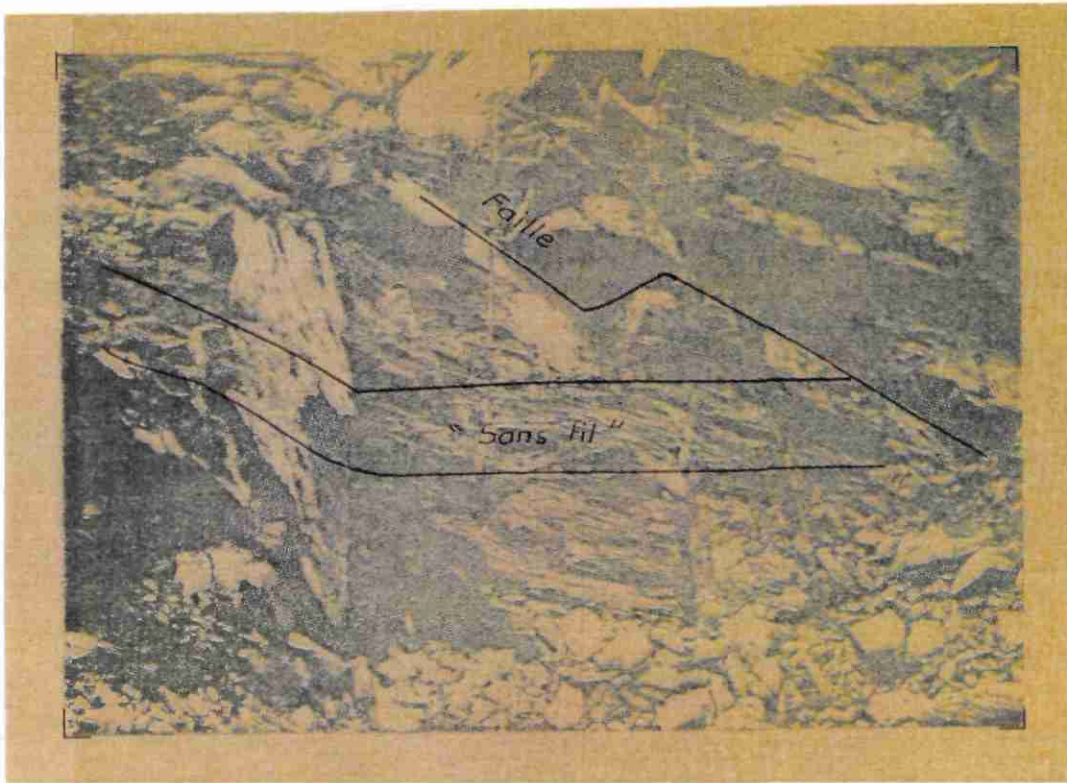


Banc marneux lenticulaire ("sans fil")

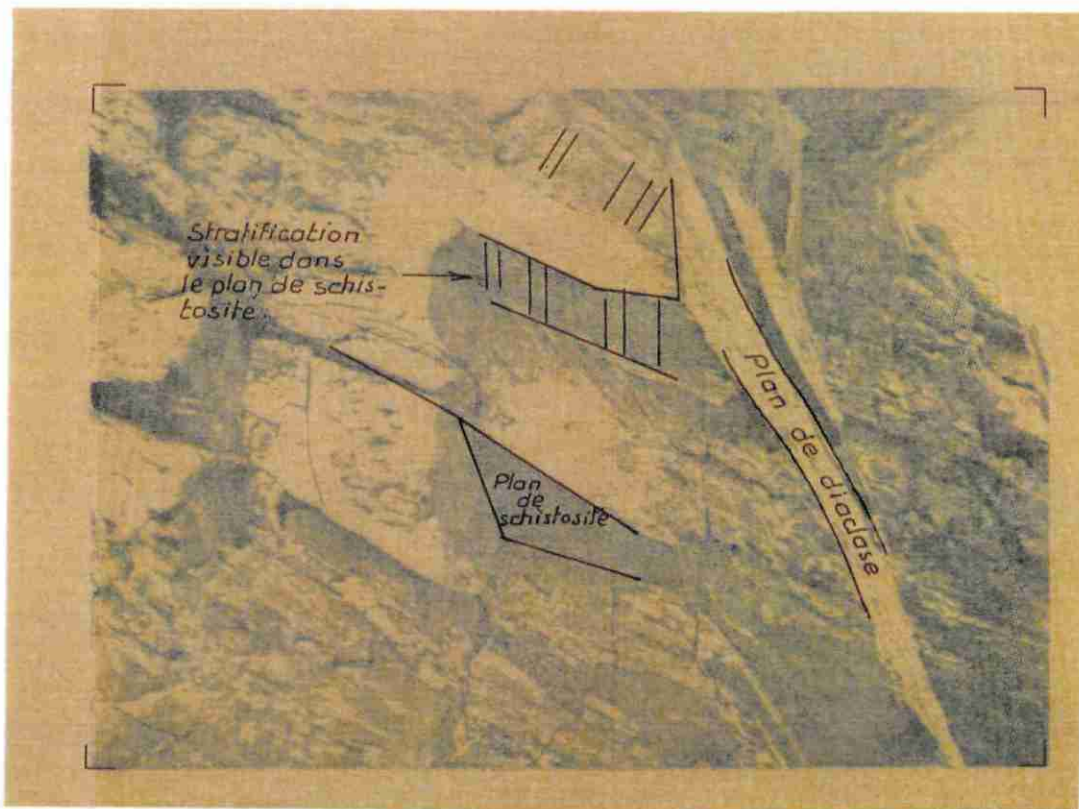


Schistosité et stratification distinctes dans un flanc
de pli métrique

LACAUNE
Carrière du Moulinas
partie ouest (Garend)



Banc marneux lenticulaire ("sans fil")



Schistosité et stratification distinctes dans un flanc de pli métrique

● ces deux faciès sont des siltites à lamines. Celles-ci, minces couches alternativement plus micacées ou plus gréseuses, sont cependant un peu plus contrastées et plus épaisses dans les faciès gris, et de ce fait souvent discernables à l'oeil nu. Contrairement à ce que l'on observe à Dourgne, ces lamines, qui reflètent la stratification du dépôt originel, ne sont pas systématiquement parallèles à la schistosité.

● ces matériaux présentent dans les deux cas un grain moyen très fin (de l'ordre de 1 à 2 centièmes de mm) parsemé de nodules. Très petits (1/10ème de mm en moyenne) dans les passées noires, où ils sont composés d'une association de quartz et calcite, ces nodules sont souvent plus gros (de l'ordre du mm) dans les faciès gris où ils renferment en outre un peu de pyrite).

● le rapport quartz / phyllites, très favorable dans les faciès noirs (0,35) l'est un peu moins dans les faciès gris (0,8). Les teneurs en calcite mesurées sont faibles (0,5 à 2 %) et tout à fait compatibles avec la norme NF - P.32.301.

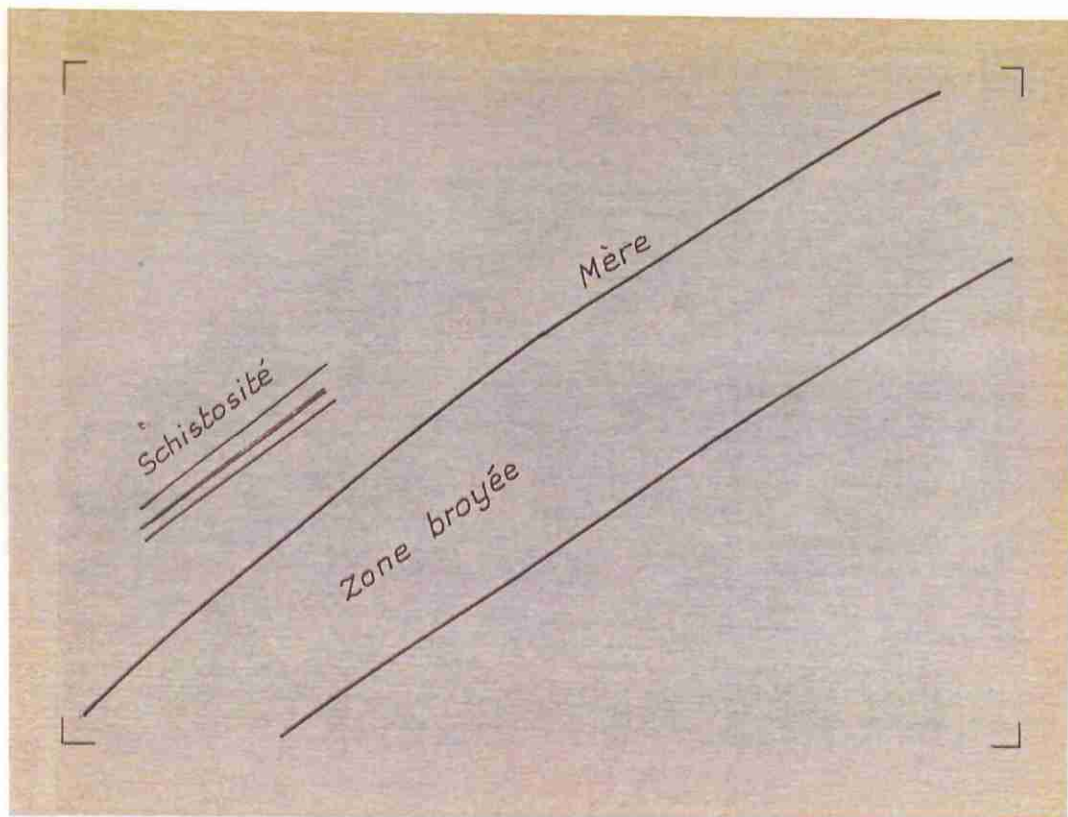
● les études en laboratoire ont mis en évidence une très bonne schistosité de flux (clivage ardoisier), intense et très plane, dépourvue de toute crénulation.

L'ensemble de ces caractères fait que les matériaux ardoisiers de Lacaune se rapprochent des ardoises classiques d'Angers, malgré de petites teneurs en calcite. Ce sont bien des matériaux pour "ardoises fines".

b) Matériaux non ardoisiers

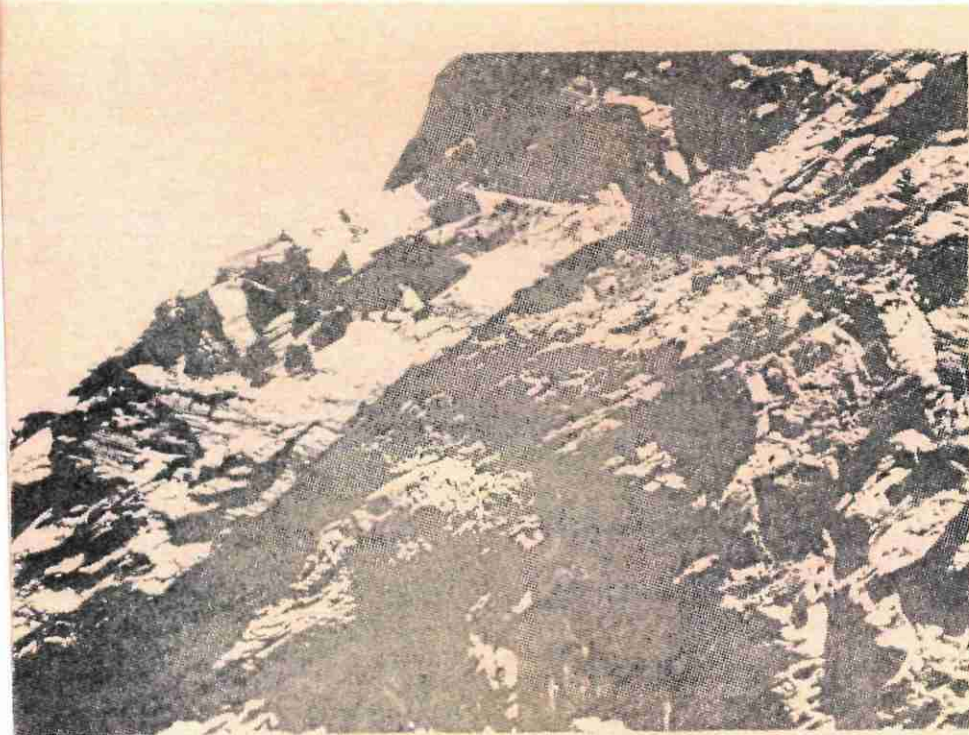
La série ardoisère de Lacaune inclut quelques matériaux à lithologie non ardoisère qui sont :

● soit des matériaux également noirs et à grain fin mais compacts, massifs et qui ne "prennent" pas la schistosité ("sans fil" des carrières). Leur étude a montré qu'ils sont fortement chargés de calcite très finement divisée : ils correspondent à des dépôts marneux interstratifiés dans la série silteuse sous forme de passes décimétriques à métriques, lenticulaires plus souvent que continues et nettement subordonnées

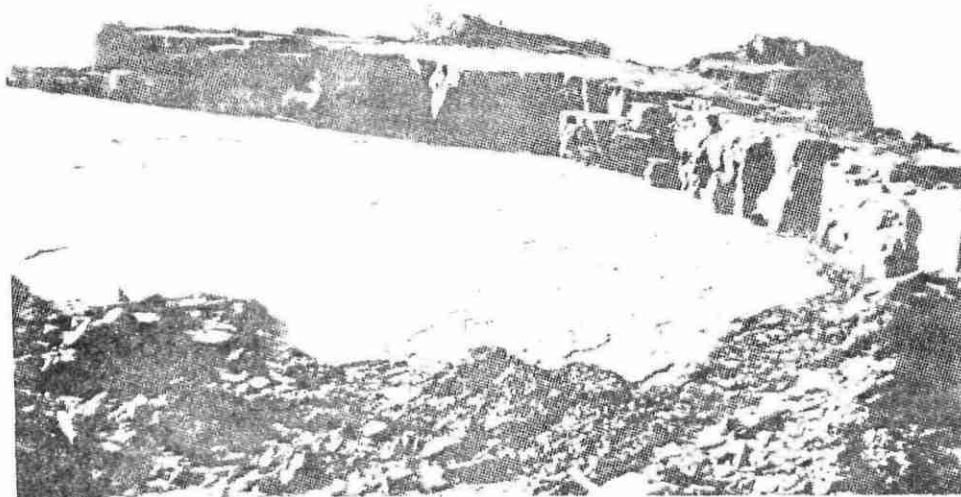


LACAINE

Carrière du Moulinas partie ouest (Garenq)
Zone broyée parallèle à la schistosité



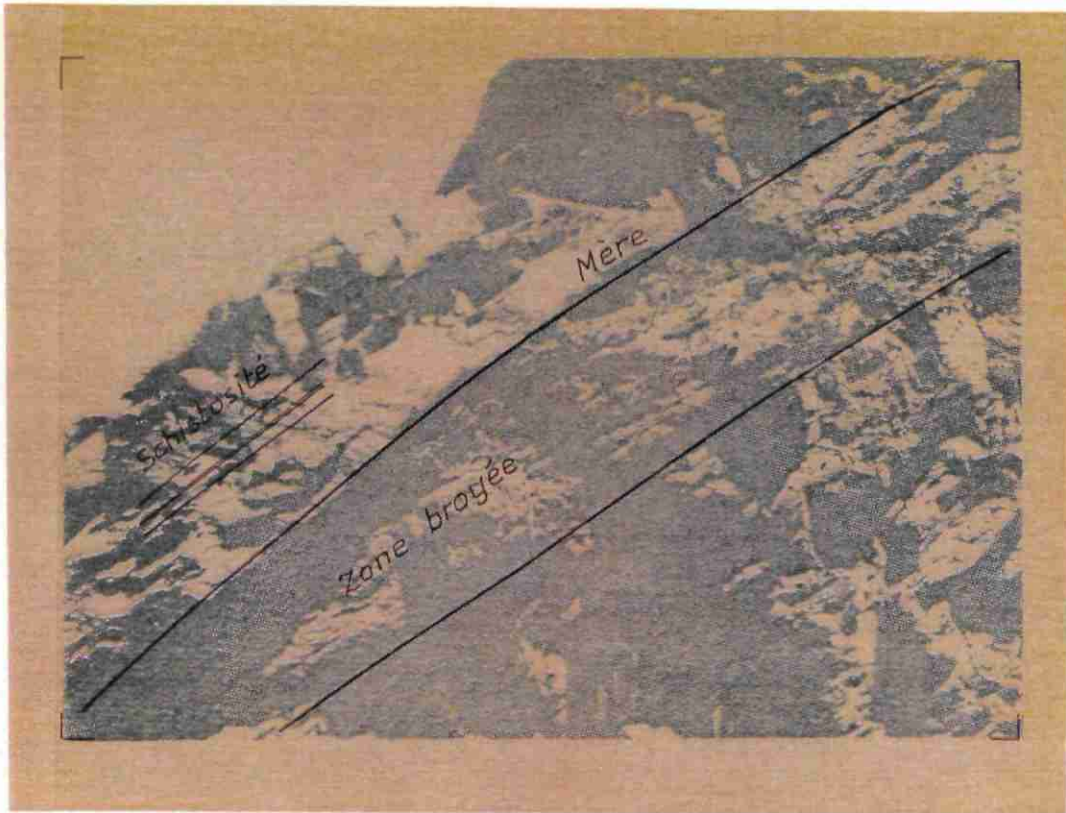
Vue en coupe à l'entrée de la carrière



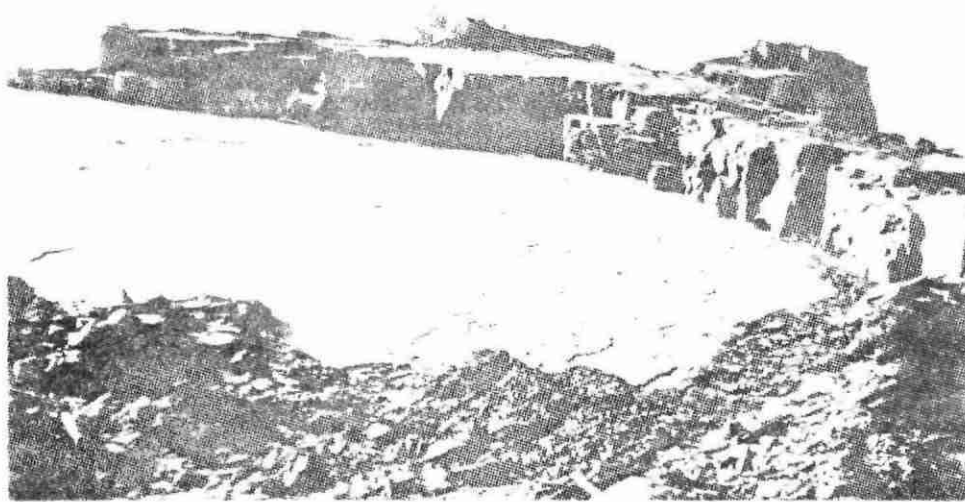
Surface plane supérieure ("mère")

LACAINE

Carrière du Moulinas partie ouest (Garenc)
Zone broyée parallèle à la schistosité



Vue en coupe à l'entrée de la carrière



Surface plane supérieure ("mère")

- soit des grès qui apparaissent également en passes interstratifiées, mais seulement à proximité du "toit" et du "mur" de la formation ardoisière qu'ils encadrent.

- soit des passes silteuses analogues aux schistes ardoisiers mais dont la qualité est détruite par des alignements de gros nodules pyriteux à structure fréquemment fibro-radiée, pouvant parfois atteindre plusieurs centimètres de diamètre. Ces passes sont au demeurant relativement rares.

2.5.1.2 - Structure du gisement au niveau des grandes carrières du Moutinas (Garenq à l'Ouest, - Granier à l'Est) et de Sié

L'exploitation des observations faites dans ces carrières montre que celles-ci se situent dans le flanc supérieur long (flanc normal) d'une structure antiforme (pli à convexité tournée vers le haut) d'axe voisin d'Est-Ouest (N 100° magnétique), très fortement déversée vers le Sud, d'ordre décamétrique ou supérieur, et qui admet des replis d'entraînement d'ordre métrique (fig. 6).

Le clivage ardoisier est une schistosité de flux, parallèle au plan axial de ce pli, et plonge vers le Nord, de 30° environ. La stratification, laminée dans les flancs longs, n'est nuisible à la schistosité qu'exceptionnellement, dans les charnières et flancs inverses des replis.

Ces conditions géométriques favorables ont été visualisées sur une coupe très schématique (fig. 7) à travers la partie ouest de la carrière (exploitation Garenq).

Les fracturations majeures sont :

- . soit des zones broyées épaisses (0,20 à 1,5 m) mais espacées parallèles au plan de schistosité ("mères" des carriers).

- . soit des failles proprement dites, plus nombreuses.

Elles contribuent à découper la masse ardoisière en grands panneaux mais n'ont qu'un effet destructif très limité, dans leur voisinage immédiat.

Les fracturations mineures ont un effet destructif beaucoup plus important en raison de leur densité et de la multiplicité de leurs orientations.

Leur relevé systématique en zone exploitée a permis de définir la densité volumique admise par les ardoisiers (3,15 au Moulinas, 3,04 à Sié). Cet indice chiffré est très précieux car il constitue une référence d'exploitabilité mesurable dans les travaux de recherches et en particulier sur carottes orientées de sondage.

2.5.1.3 - Structure cartographique d'ensemble

Du point de vue litho-stratigraphique, le secteur ardoisier de Lacaune se situe dans un ensemble assimilable à la "série noire argilo-calcaire" définie plus à l'Est dans le synclinorium de Brusque (M. DONNOT et B. GUÉRANGE, 1978) et attribuée à la partie supérieure du Cambrien inférieur.

Du point de vue structural, les monts de Lacaune sont déformés par une série de plis isoclinaux déversés vers le Sud, fréquemment faillés et découpés ensuite en écaillés imbriqués. Les plus importantes de ces écaillés constituent des "unités" séparées les unes des autres par de grandes surfaces de chevauchement faiblement pentées au Nord.

L'unité structurale dans laquelle s'inscrit le secteur ardoisier de Lacaune est ainsi limitée :

. au Sud, par un chevauchement que l'on suit avec plus ou moins de difficultés depuis l'Est de la Vernède jusqu'au ruisseau de Giroussel à l'Ouest, en passant par le flanc sud du Montaigut et sous Boussou.

. au Nord par un second chevauchement qui court d'Est en Ouest de Trémolines au Sud d'Escroux en passant au Nord du Col de Sié et du hameau d'Escoubilhac.

La largeur d'affleurement de cette "unité ardoisière de Sié" est donc en moyenne de 1200 m et son allongement Est-Ouest de 10 km environ.

Des observations de terrain et de la reconnaissance par sondage du plancher de la formation exploitée, il résulte que la structure interne de l'unité ardoisière est celle d'une vaste "antiforme" (pli à convexité tournée vers le haut) déversée vers le Sud. Les grès de Montrodre, en position de flanc normal en constituent le "toit" et ceux de Boussou le "mur", en flanc inverse. Ces deux ensembles gréseux appartiennent au même niveau stratigraphique plissé et constituent l'"enveloppe" du coeur ardoisier de la structure, dont l'allongement est grossièrement Est-Ouest et l'inclinaison vers le Nord de l'ordre de 30° dans le panneau des carrières exploitées.

Ce panneau, qui concerne au moins une vingtaine d'hectares est limité :

- . en allongement Est-Ouest, par deux failles d'orientation N 30° E, l'une à l'Est, passant sous le col de Sié, l'autre à l'Ouest, joignant approximativement Boussou à Bourrel,
- . au Sud, par le ruisseau du Moulinas,
- . au Nord, par les grès du Montrodre.

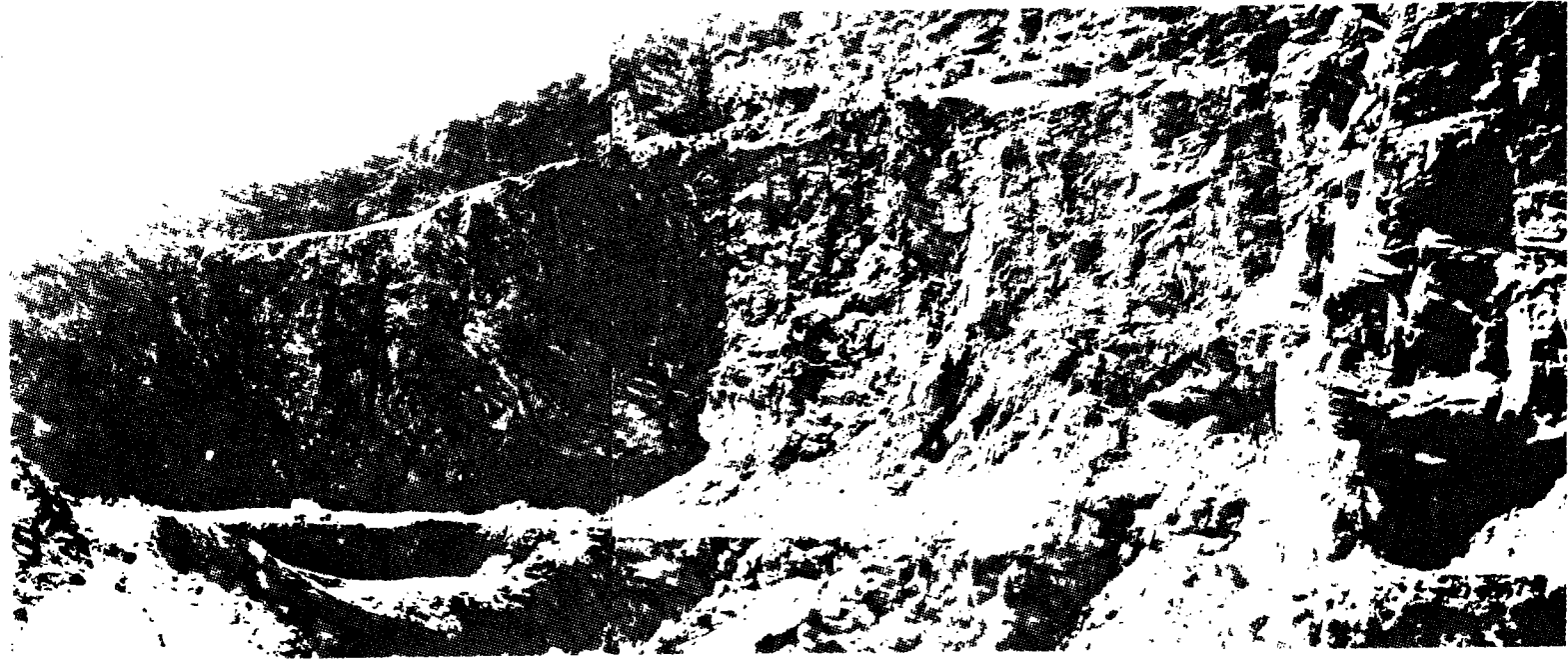
Entre ces limites, et au dessus de la base gréseuse reconnue par sondage, la formation noire ardoisière affleure sur 130 m de dénivelée et 600 m de distance horizontale, ce qui lui confère, en son état plissé actuel, et compte tenu de son plongement, une épaisseur de l'ordre de 400 m au moins, avec globalement les mêmes qualités et défauts (non prohibitifs) que ceux rencontrés dans les carrières actuelles. Il y a donc là des réserves potentielles a priori très considérables mais difficiles à chiffrer : on ignore en effet à quelle distance de la surface (dans le sens du plongement) peut se situer la limite stratigraphique inférieure de l'ensemble ardoisier ; ce problème, qui n'est pas préoccupant à moyen terme. pourrait au besoin être résolu par sondage carotté profond.

La structure d'ensemble antiforme se conserve dans tout l'allongement de l'unité ardoisière (cf. structure cartographique). Cependant, à mesure que l'on avance vers l'Ouest, le pli antiforme se couche plus complètement, progressivement ou par à-coups (failles transverses).

Tout à fait à l'Ouest, entre Escroux et la Métairie Neuve, sur la commune de Viane, schistosité et stratification sont approximativement confondues et pentées seulement d'environ 10° vers le N-NW. Les affleurements observés dans ce secteur autour d'une ancienne carrière souterraine (170 m en 2 galeries) y laissent espérer un panneau en butte couvrant une quarantaine d'hectares, avec une épaisseur utile de 70 m ou plus renfermant un matériau de très bonne qualité ardoisière (schistosité pénétrative, intense, sans crénulation) malgré une certaine teneur en calcite (4 à 10 %) au niveau anciennement exploité (non prohibitif d'après norme), peu fracturé (densité volumique 1,5), et en disposition horizontale. Ce panneau mériterait des investigations complémentaires par sondage, au moins dans le cadre d'un inventaire complet du potentiel d'ensemble du secteur ardoisier de Lacaune.

Dans l'intervalle, les panneaux du Montrodre et du Puech del Mort sont moins favorables à une exploitation en grandes carrières : abaissé par la faille N 30° E de Boussou, définie plus haut, le toit gréseux y est ramené à une cote nettement plus basse, et les conditions topographiques ne sont pas excellentes. Cependant, au flanc Sud-Est du Puech del Mort, où s'inscrivent deux très petites carrières abandonnées, l'épaisseur plissée de la formation ardoisière est de l'ordre de 200 m.

LACAUNE
Vue générale de la carrière du Moulinas
partie ouest (Garenq)



Plus à l'Est, on peut encore citer :

. le panneau autrefois exploité entre la N 607 et la D. 52, à l'Ouest du Puech de la Vernède, et qui se prolonge sous le Montagut : l'épaisseur du niveau ardoisier y est de l'ordre de 100 m entre deux niveaux gréseux.

. les panneaux de La Sagne, de Rieuviel - Cabannes, etc ...

Cette énumération suffit à souligner l'ampleur des possibilités ardoisières de l'unité de Sié dans le secteur de Lacaune.

2.5.2 - Entreprise GARENQ (Ardoisières de Lacaune)

Situation et accès :

L'atelier est à Boussou, 2,5 km au Nord-Ouest de Lacaune, moitié par la D. 81, moitié par un chemin privé, en terre, ou par un chemin communal en cours de réfection. Au delà deux chemins différents très pentés, longs de 0,5 et 1 km, permettent l'accès aux deux carrières.

2.5.2.1 - Dimensions de l'entreprise

Emprise cadastrale (arrêté préfectoral) :
50 hectares

Volume de production :

Ardoise calibrée, déployée : ~ 26 000 m²/an
Ardoise "Auvergne" : ~ 35 000 m² de couverture /an
Dallage (opus incertum, pavé ou calibré) : ~ 3500 m²/an

Emprise actuelle des carrières :

Carrière haute : 7 000 m²
front de taille principal orienté Est-Ouest haut de 70 m, vertical
Carrière basse : 4 200 m²
front de taille principal orienté Est-Ouest haut de 30 m, vertical,
plus un petit gradin de découverte.

Personnel tous travaux (carrière et atelier) :
26, plus MM. Garenq père et fils

Matériel :

en carrière

- 1 foreuse hydrofore Montabert à marteau H 5
- 2 pelles Poclain 120 et 90 CV
- 1 brise-roche Richier H 11 P
- 1 compresseur Spiros 6.400 l
- 1 chargeur Volvo 4500
- 1 chargeur Poclain P 20
- 1 chariot élévateur
- 2 camions Berliet GLM 6 x 4
- 4 camions Berliet GLR

en atelier

- 3 palans de 0,5, 1 et 2 t.
- 2 scies monodisques Ø 800
- 1 scie monodisque Ø 500
- 2 débiteuses 4 disques Ø 500
- 1 débiteuse 2 disques Ø 500
- 6 grignoteuses
- 1 machine à "rondir"

pour livraisons

- 1 camion
- 1 semi-remorque

2.5.2.2 - Méthodes d'exploitation - Recommandations

Les fronts de taille principaux sont verticaux, orientés en gros Est-Ouest, comme l'allongement de la structure et le flanc Sud du Montrodre dans lequel ils progressent face au Nord.

Du fait de la forte pente de ce versant, la hauteur de ces fronts s'accroît très rapidement. C'est ainsi que, dans la "carrière haute", déjà ancienne et approfondie en "open-pit", le front principal atteint et dépasse 70 m de haut sous le gradin de découverte ; seul le parement latéral Ouest est aménagé en quatre gradins. De même, en deux années d'exploitation, le front principal de la carrière basse est passé de quelques mètres à environ 30 m, sous un unique gradin de découverte.

L'explosif utilisé est la cheddite (explosif chloraté huileux). Compte-tenu de la consommation annuelle (4 200 kg) et de la masse abattue calculée (122 000 t/an), on peut estimer la charge spécifique d'explosif à 100 g/m³ environ.

Banc moraine lentiforme
(sans fil)



LACAINE
Carrière de Ste (granite)
Vue générale

Le matériel dont dispose l'entreprise lui permet des forations profondes : les masses sont abattues par tranches verticales hautes mais peu épaisses (quelques mètres).

Les tirs sont effectués en dehors des horaires de travail des ouvriers, en général le samedi, par MM. GARENQ eux-mêmes. L'éboulement obtenu est complété à la pelle mécanique et les fronts purgés. Les gros blocs sont ensuite "alignés" (fendage à épaisseur de 1 à 3 dm suivant la schistosité), au brise-roche, et un premier tri est effectué sur place pour transfert aux différentes filières de fabrication ou mise au rebut par rejet sur le contre-bas du versant.

Cette méthode à l'inconvénient de conduire assez vite à des fronts de taille très hauts et il est probable qu'elle introduit des fracturations supplémentaires dans un matériau déjà bien fracturé naturellement.

La schistosité plongeant vers le massif ne peut pas être utilisée pour la conduite des fronts de taille. Nous préconisons de rétablir des gradins en attaquant par l'Ouest (front de taille secondaire perpendiculaire à l'actuel) de façon à pouvoir prédécouper, par tirs horizontaux et verticaux des banquettes moins hautes mais plus larges, desservies chacune par piste latérale. Les dalles détachées du massif, bloquées à leur pied par celui-ci seraient alors dégagées à la pelle rétro sur le côté. Ces travaux seraient conduits selon la méthode Roche 15 aménagée en fonction du gisement. Ces indications générales, qui pourraient permettre un approfondissement de la "carrière basse" sans problème majeur d'exhaure, devront être précisées sur le terrain, en fonction de la topographie, et discutées avec l'exploitant avant toute mise en oeuvre.

2.5.3 - Entreprise GRANIER (Ardoisières de Sié et du Moulinas)

Accès :

Carrières et atelier sont à 6 km du centre de Lacaune dont 4,5 km par la N. 607 et 1,5 km par un chemin empierré, assez penté dans sa partie terminale mais cependant accessible aux semi-remorques.

2.5.3.1 - Dimensions de l'entreprise

Emprise cadastrale (arrêtés préfectoraux) :
17 hectares, dont 6,5 à Sié et 10,5 au Moulinas.



LACAUNE
Carrière du Moulins partie est (granier)
Vue générale

Volume de production :

Ardoises "Auvergne" non calibrée : ~ 24 000 m²/an

Emprise actuelle des carrières :

Carrière de Sié : 8 000 m²

Carrière du Moulinas : 9 à 10 000 m²

Personnel tous travaux (carrière et atelier) :

14 dont MM. Granier père et fils et un chauffeur.

Matériel :

en carrière

1 compresseur 1100 l

1 waggon-drill Montabert

1 pelle Pingon équipée en brise-roche

1 chargeuse Hanomag 4 m³

1 camion-benne

2 chariots élévateurs

en atelier

1 palan 1 t

1 scie monodisque Ø 800

1 scie monodisque Ø 500

4 grignoteuses

1 bande transporteuse pour évacuation des déchets

pour livraisons

1 camion 20 t

1 semi-remorque

2.5.3.2 - Méthodes d'exploitation - Recommandations

Comme les précédentes, les carrières du Moulinas et de Sié sont inscrites dans le flanc Sud du Montrodre ; la carrière du Moulinas est d'ailleurs exactement contigue, vers l'Est, à la "carrière haute" de M. Garenq.

La méthode d'exploitation et les résultats obtenus y sont globalement comparables : de la même façon, les fronts de taille principaux verticaux sont orientés globalement Est-Ouest et progressent face au Nord, les rebuts étant ici aussi rejetés sur le contre-bas du versant.

Cependant, les hauteurs de front actuellement atteintes sont moins importantes à Sié (de l'ordre de 30 m) et, au Moulinas, l'exploitant a entrepris un réaménagement en gradins avec accès par l'Est. Toujours au Moulinas, M. GRANIER exploite depuis quelques mois une chambre semi-souterraine sous un toit de bonne tenue, mais qui, parallèle à la schistosité, s'enfonce rapidement dans l'intérieur du massif. Bien que ce niveau d'exploitation soit très nettement en contrebas de l'entrée de la carrière, il n'y a pas de problème d'exhaure, l'évacuation des eaux se faisant à travers la décharge, par l'intermédiaire d'anciens travaux souterrains situés plus bas.

M. GRANIER est très conscient de l'avantage qu'il y aurait à adopter une méthode d'abattage et un explosif qui ouvriraient les fractures existantes sans en introduire de nouvelles et nous en a parlé de lui-même. Une adaptation de la méthode "Roche 15" exposée au préambule de ce rapport pourrait répondre à cette préoccupation.

En particulier, à partir de son réaménagement en gradins, la progression de la carrière du Moulinas vers le Nord pourrait être reprise par fronts secondaires orientés Nord-Sud et banquettes prédécoupées par un plan de tir horizontal à la base, et 2 plans verticaux, orientés respectivement Nord-Sud et Est-Ouest. Il pourrait en aller de même à Sié, sous réserve d'aménager une piste d'accès latérale. Ces indications nécessiteront une mise au point par discussion avec l'exploitant sur le terrain avant d'envisager des essais de mise en oeuvre.

CONCLUSIONS GENERALES

=====

Les départements de l'Aveyron et du Tarn comptent cinq secteurs ardoisiers bien distincts. Ce sont :

- en Aveyron, les secteurs de Comps-la-Grand'Ville (2 exploitations, 4 emplois salariés), du Cayrol (7 exploitations familiales, sans emploi salarié jusqu'à présent), et de Saint-Hippolyte (2 exploitations, 10 emplois).
- dans le Tarn, les secteurs de Dourgne (1 exploitation, 12 emplois) et de Lacaune (2 exploitations, 40 emplois).

- - -

La nature des matériaux exploités dans chaque secteur y conditionne les types de produits de couverture fabriqués :

- lauzes de couverture à Comps-la-Grand'Ville et à Saint-Hippolyte,
- ardoises rustiques à Dourgne et au Cayrol,
- ardoises fines, calibrées ou non, à Lacaune.

Tous ces matériaux sont de bonne qualité. En particulier, ceux qui y sont astreints répondent aux exigences de la norme NF. P 32.301.

- - -

Malgré l'absence de cartes géologiques modernes à 1/50 000, l'étude des contextes lithologiques et structuraux a montré que :

- A Saint-Hippolyte, plusieurs centaines de milliers de m³ de matériaux (lauzes, dalles, pierre à bâtir ...) sont disponibles dans des conditions d'exploitation comparables à celles actuellement réalisées.
- A Comps-la-Grand'Ville, les réserves sont encore plus considérables, surtout au rythme actuel des exploitations.

- Au Cayrol, le secteur ardoisier couvre plus de 400 hectares, la plupart en zone boisée à relief accidenté. Les passes ardoisières observées, épaisses de 3 à 12 m, y sont intercalées de matériaux plus gréseux, souvent aptes à fournir des dalles ou autres matériaux. En raison d'une structure polyphasée complexe, bien que très régulière en allongement (3 km) les réserves, certainement importantes, ne pourront être chiffrées (en ardoises au sens strict) sans un suivi prolongé des exploitations et certains travaux de subsurface, à discuter avec les exploitants.
- A Dourgne, la passe de bonne lithologie ardoisière, puissante d'environ 40 m, s'allonge sur une dizaine de km en direction Sud-Ouest - Nord-Est. Cependant, les relations schistosité/stratification et l'état des fracturations limitent la zone la plus favorable à une partie verticalisée, longue d'1 km : il y a là un panneau susceptible de renfermer 2 millions de m³ de matériaux analogues en nature et disposition à ceux de la carrière actuelle (qu'il inclut), pour un approfondissement du même ordre.
- A Lacaune, la série noire ardoisière occupe, -entre un toit et un mur de grès appartenant au même niveau stratigraphique,- le coeur d'une structure antiforme déversée à couchée vers le Sud. Cette unité structurale, limitée au Nord et au Sud par d'importants chevauchements, présente un grand développement cartographique (10 km d'allongement Est-Ouest et 1200 m de largeur moyenne).

Les carrières en exploitation s'inscrivent, au flanc Sud du Montrodre, dans un panneau (40 ha) où la série ardoisière présente une épaisseur (plissée) de l'ordre de 400 m au moins et un plongement moyen de 30° vers l'intérieur du massif. Les réserves sont certainement très considérables, bien que l'extension du gisement dans le sens du plongement ne soit pas exactement connue. Des sondages seraient nécessaires pour localiser de façon précise les volumes aisément exploitables dont les ardoisiers pourraient vouloir disposer à moyen ou long terme.

Plusieurs autres panneaux ont été définis, dont l'un au moins (40 hectares en butte, 70 m de dénivelée utile probable, structure sub-horizontale) mériterait des travaux de confirmation par sondages.

- - -

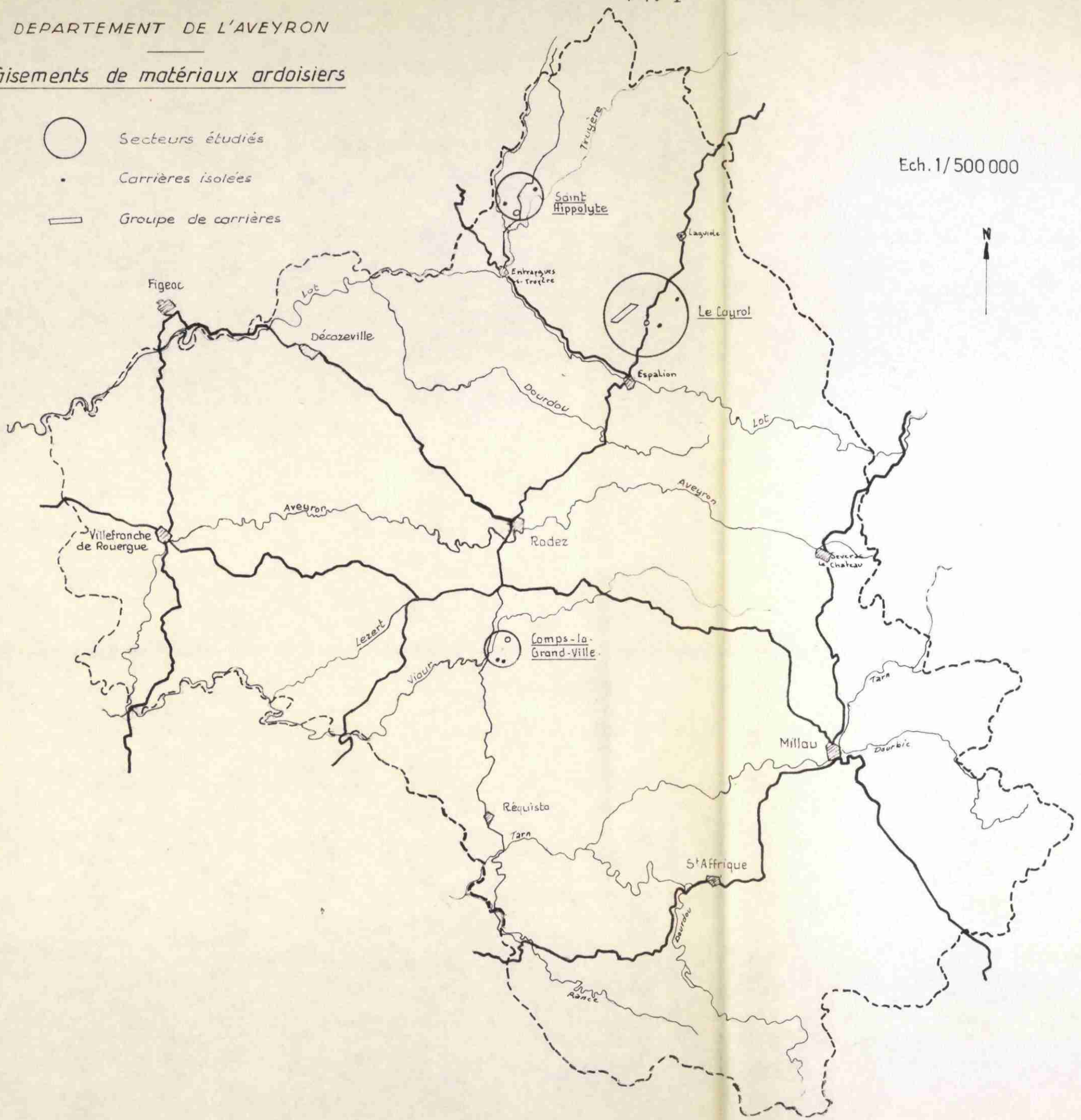
En matière de méthodes d'exploitation, il est recommandé d'utiliser dans tous les cas une technique d'abattage brisant le moins possible ("Roche 15"), de réorienter certains fronts de taille (Comps-la-Grand'Ville, Dourgne, Lacaune), de rétablir autant que possible des gradins (Lacaune), et enfin, au Cayrol, d'effectuer quelques travaux de recherche appropriés dans des sites qui, en cas de résultats positifs, permettraient des carrières à ciel ouvert plus rentables que certaines exploitations actuelles en souterrain.

DEPARTEMENT DE L'AVEYRON

Gisements de matériaux ardoisiers

- Secteurs étudiés
- Carrières isolées
- ▭ Groupe de carrières

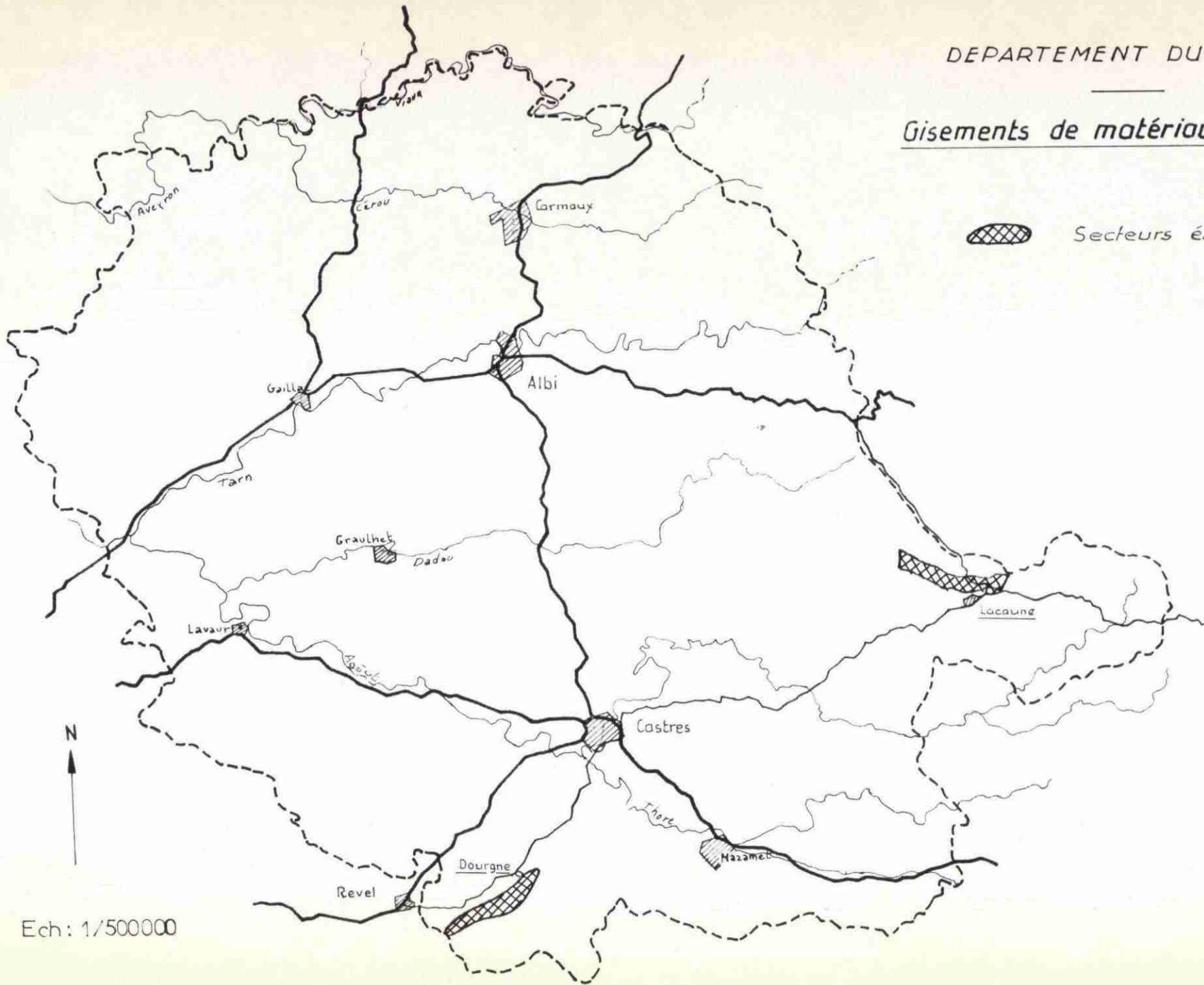
Ech. 1/500 000



DEPARTEMENT DU TARN

Gisements de matériaux ardoisiers

 Secteurs étudiés



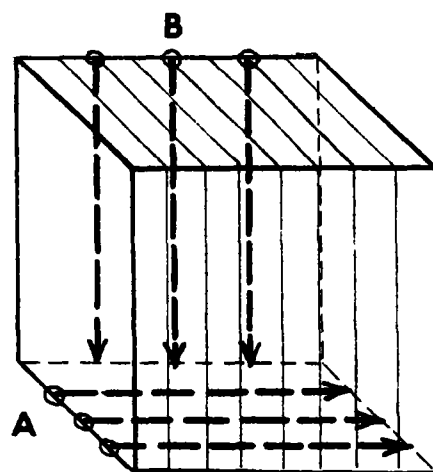
Ech: 1/500000

ORIENTATION DES PLANS DE PREDECOUPAGE

trois cas de figure :

1/ Schistosité verticale ou subverticale :

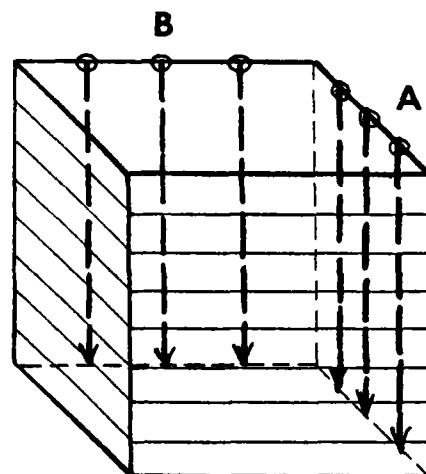
- .1 plan de prédécoupage horizontal (A) suffit à cisailer la base des bancs ardoisiers
- .1 plan vertical latéral (B) peut être nécessaire en l'absence de coupe naturelle dans ce sens



→ progression du front de taille

2/ Schistosité horizontale ou subhorizontale :

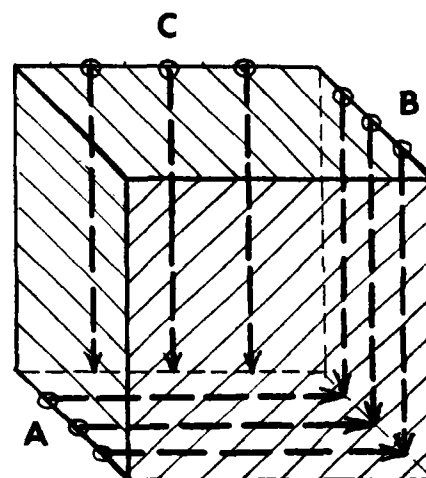
- . Foration uniquement verticale suivant 1 ou 2 plans (1 postérieur A, 1 latéral éventuel B) en l'absence de coupe naturelle dans ce sens



→ progression du front de taille

3/ Schistosité à pendage intermédiaire (30 à 60°) :

- . 2 plans de prédécoupage parallèles à l'horizontale de la schistosité :
 - 1 horizontal (A),
 - 1 vertical postérieur (B)
- . 1 plan vertical latéral (C) en l'absence de coupe naturelle dans ce sens

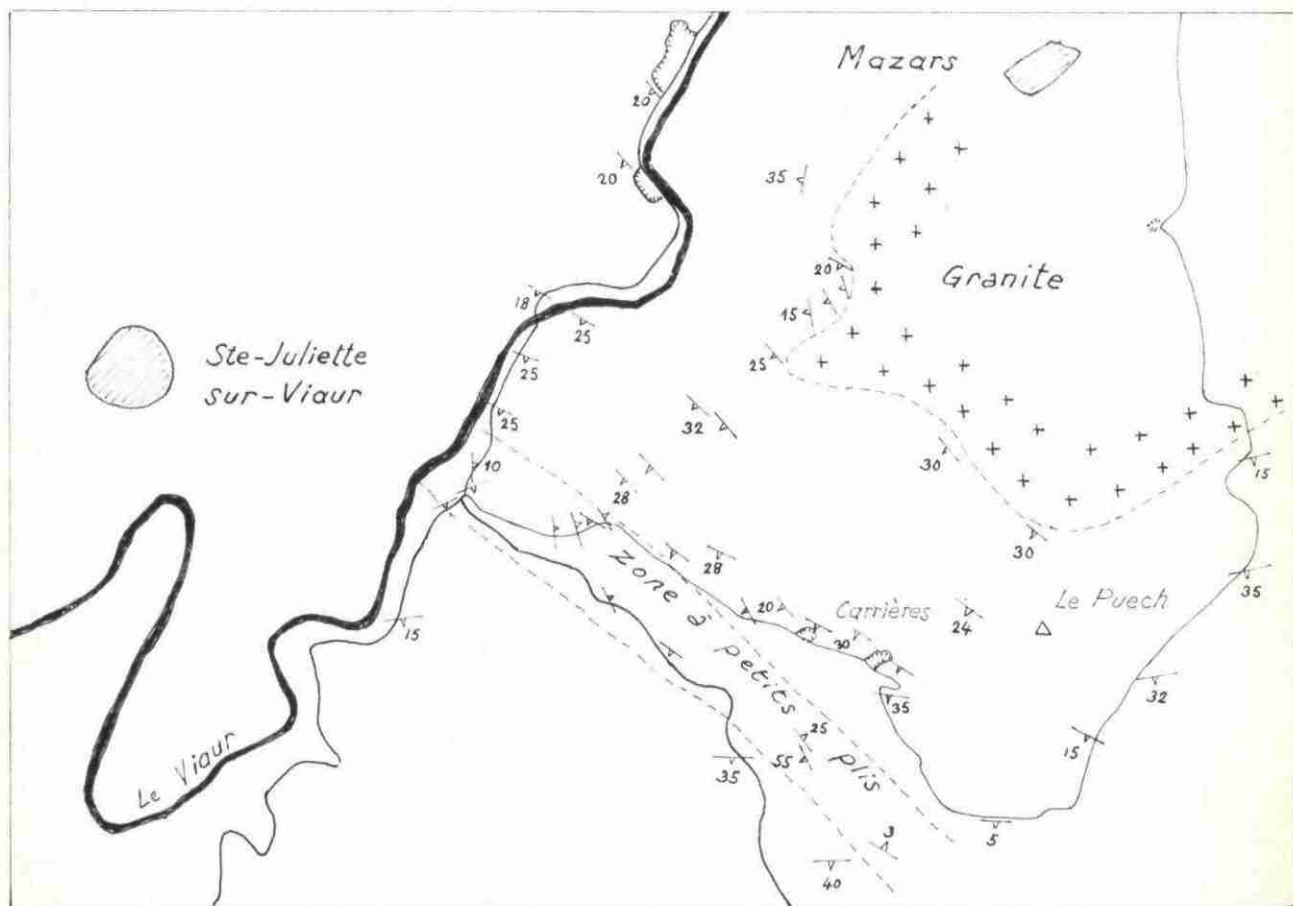


→ progression du front de taille

Secteur de Comps-la-Grandville

Localisation géologique des carrières

Echelle : 1 / 25 000



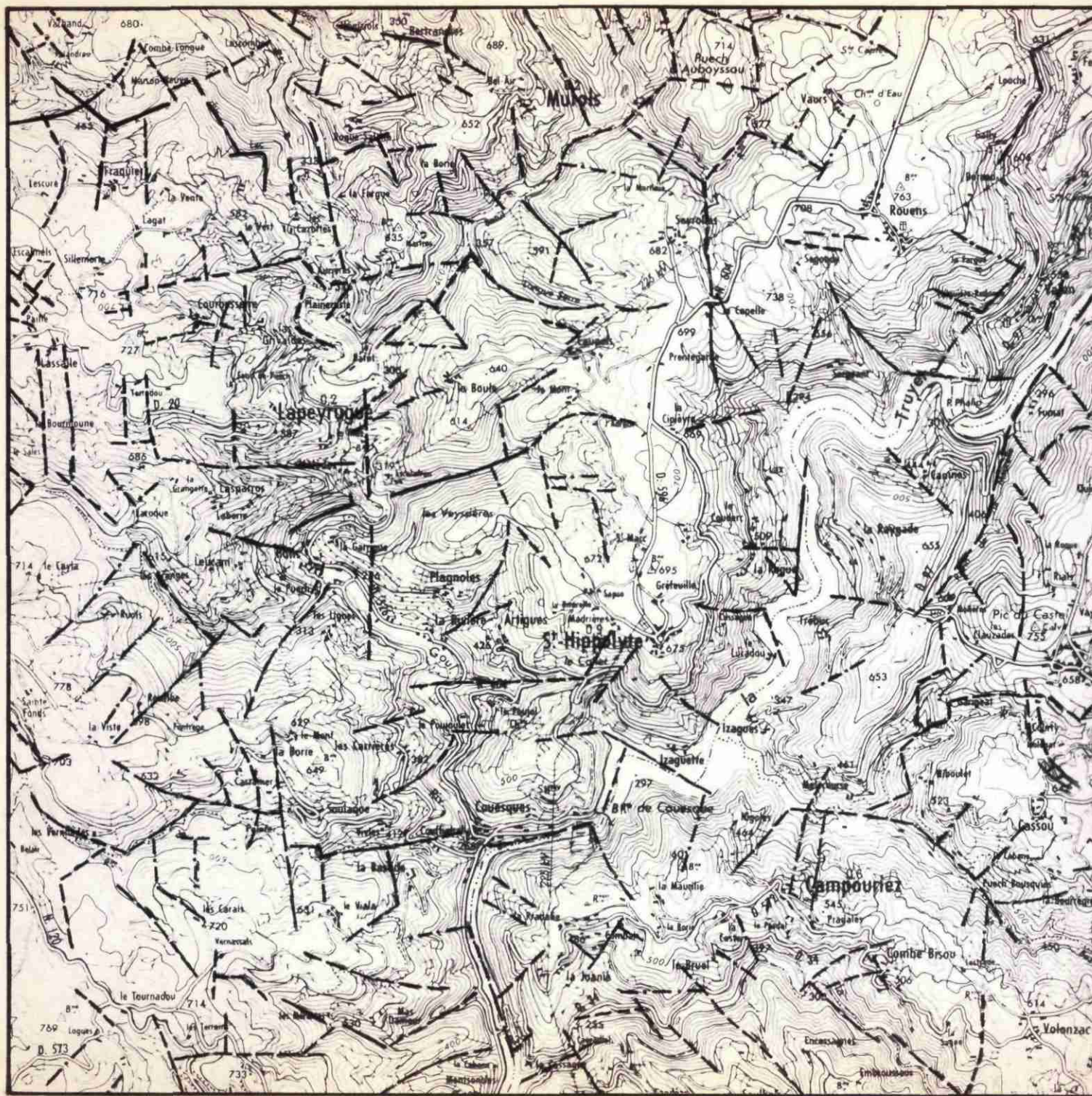
\swarrow_{15} Direction et pendage de la foliation

Gisements ardoisiers
du Tarn et de l'Aveyron

- Secteur de S^t Hippolyte -

PHOTO - FRACTURATION

≡≡≡ Linéaments hiérarchisés



Ech. 1 / 50 000

fig. 4

DOURGNE - ARDOISIERE EN EXPLOITATION ET TRAVAUX ANCIENS

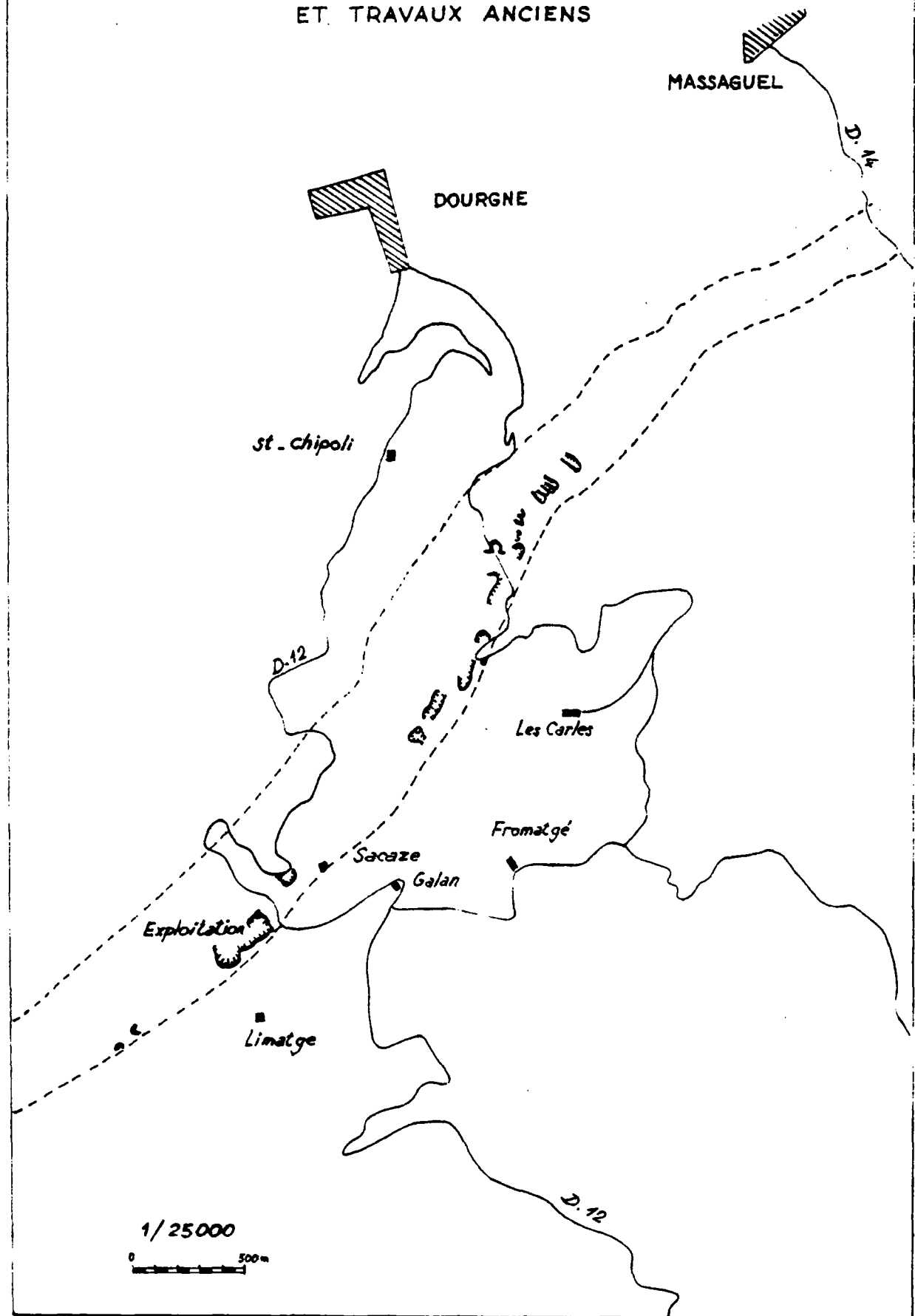
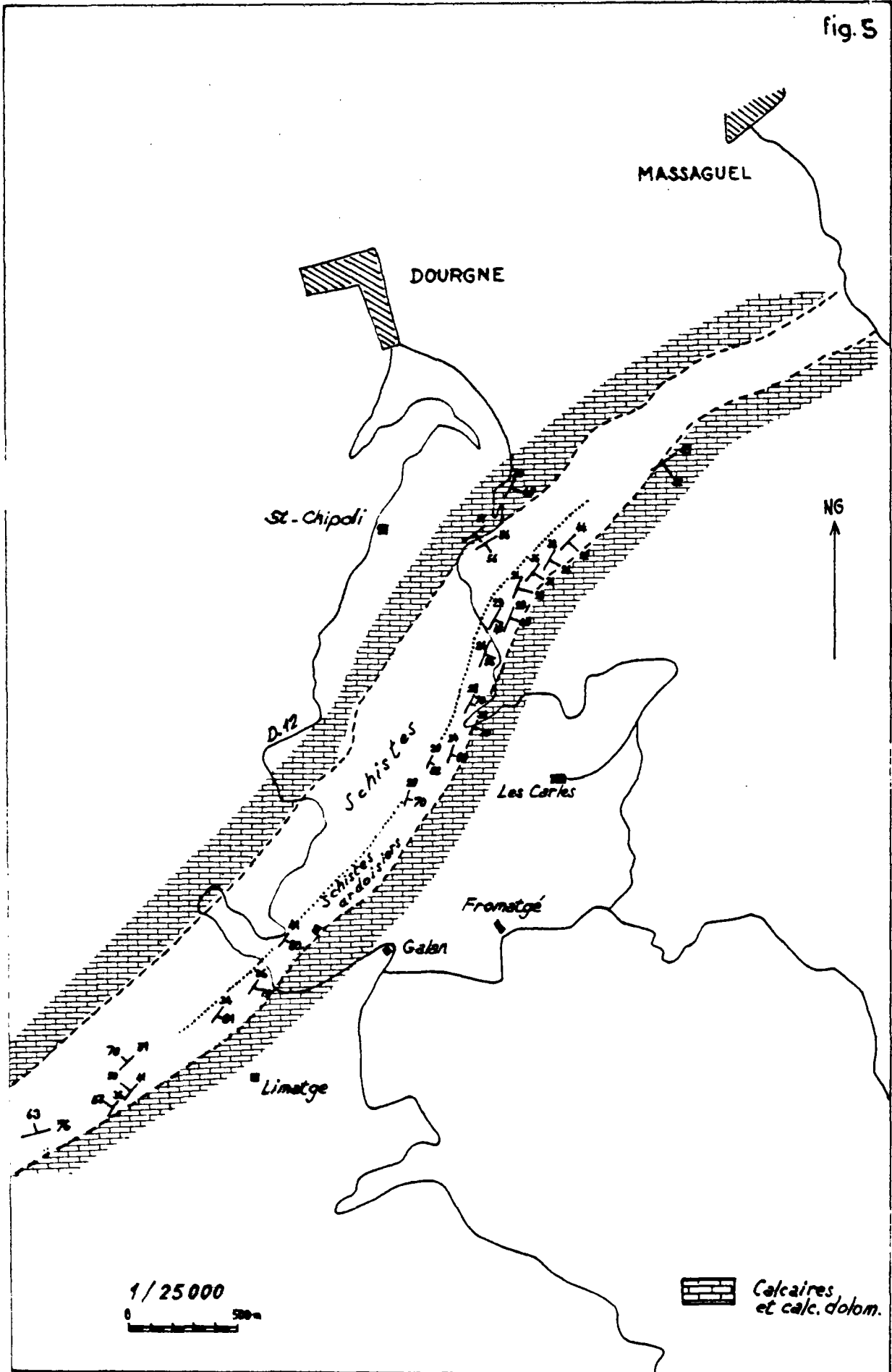
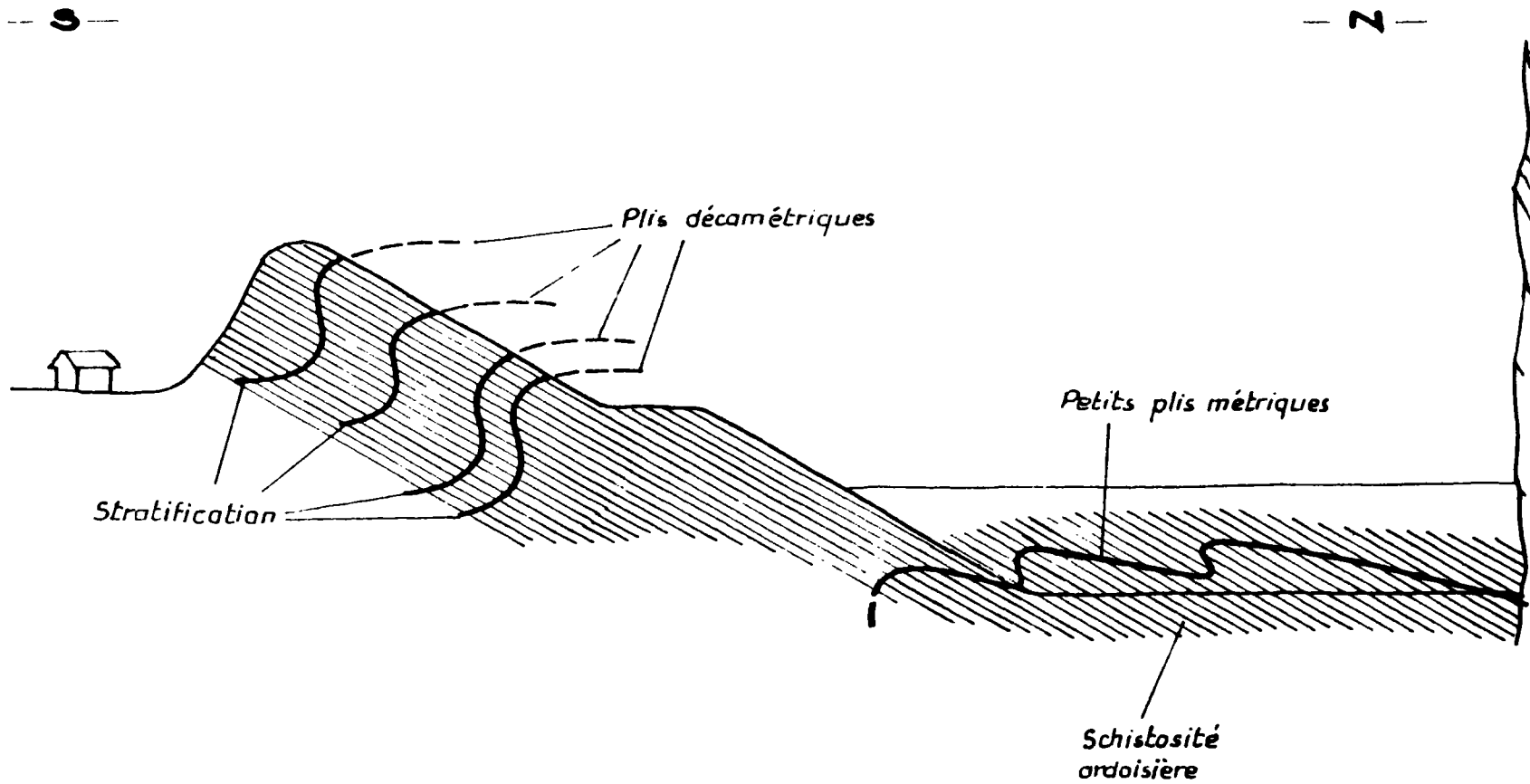


fig. 5



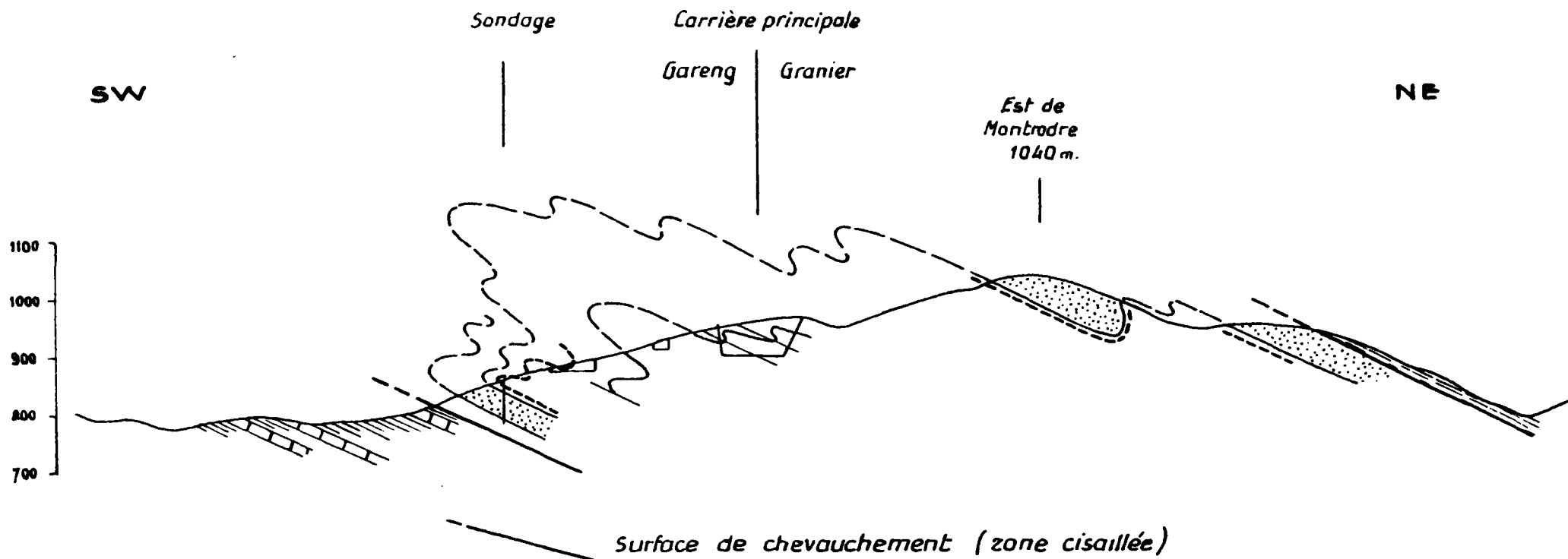
Carrière du Moulinas







— Coupe schématique —



ARDOISIÈRES DE LACAUNE
 COUPE SCHEMATIQUE INTERPRETEE
 PASSANT PAR LE SONDAGE ET LA CARRIÈRE PRINCIPALE

Ech. 1/10 000



Complexe infra-ardoisier	Unité ardoisère	Unité de Sénoux
 Calcschistes et calcaires	 Grès dominants	 Schistes verts
	 Nodules phosphatés	 schistes noduleux
	 Schistes ardoisiers très dominants	

BUREAU DE RECHERCHES GÉOLOGIQUES ET MINIÈRES

SERVICE GÉOLOGIQUE NATIONAL

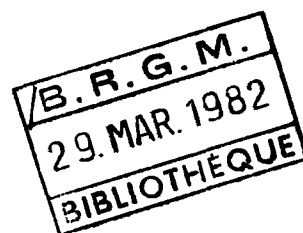
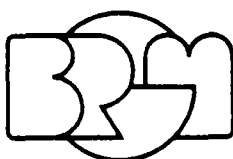
B.P. 6009 - 45018 Orléans Cédex - Tél.: (38) 63.80.01

SECTEUR ARDOISIER DE LACAUNE

Reconnaissance du plancher
de la formation exploitée

Etude du Sondage Lac 1

par B. Guérangé et J. Lozes
avec la collaboration de J. Cosson



Service géologique régional MIDI - PYRÉNÉES

Avenue Pierre-Georges Latécoère, 31400 Toulouse - Tél.: (61) 52.12.14

1 - BUT DU SONDAGE ET CARACTERISTIQUES

En complément à l'étude des carrières et de leur environnement, il avait été proposé d'exécuter un sondage court (50 - 60 m) destiné à la reconnaissance du plancher de la formation ardoisière exploitée, tant du point de vue lithologique que du point de vue structural.

En fonction de cet objectif, et compte-tenu des données et hypothèses fournies par la géologie de surface, ce sondage a été implanté au point de coordonnées :

$$\left. \begin{array}{l} x = 627,38 \\ y = 157,81 \\ z = 858 \text{ m} \end{array} \right\} \text{ Lambert III, zone Sud}$$

Ce point se situe approximativement à 100 mètres au SW de l'entrée actuelle de la carrière la plus basse en altitude (nouvelle carrière Garenq) à environ 6 mètres seulement en contrebas du fond de celle-ci (cf. carte).

Le forage, carotté en continu, a été poussé à 69,65 m, d'abord en diamètre HQ (carottes de 63,5 mm) jusqu'à 19,55 m, puis en diamètre NQ (carottes de 47,5 mm). Le taux de récupération, relativement faible dans la zone d'altération superficielle déstructurée (25 à 45 %) s'est rapidement amélioré pour atteindre pratiquement 100 % dès la profondeur de 2,70 m et permettre au delà une analyse lithologique et structurale détaillée de la coupe reconstituée.

L'orientation des carottes a été réalisée, après extraction, par calage sur la schistosité de flux prise pour élément structural de référence. Les relevés en carrières et sur affleurements avaient en effet montré :

- a) que cette schistosité exprime un phénomène régional dont l'orientation ne devait pas varier dans l'emprise du sondage,
- b) qu'elle était partout présente et pénétrante, y compris dans les niveaux de grès fins.

Il a ainsi été possible de réorienter la totalité des carottes, à de très rares tronçons près, 562 éléments structuraux divers ont alors été mesurés par rapport à la schistosité et rétablis ensuite dans leur position vraie par un traitement informatique approprié.

2 - RESULTATS OBTENUS

2.1 - Lithologie

La coupe lithologique du sondage, -présentée à l'échelle de 1/50 (fig. 1, colonne A), - fait apparaître une succession de faciès assez imbriqués. On peut cependant distinguer un certain nombre d'ensembles relativement épais caractérisés chacun par un ou plusieurs faciès dominants. On définit ainsi :

- Un ensemble de schistes ardoisiers noirs (siltites très fines) à passées gréseuses, nodules phosphatés abondants et localement lits de pyrite fine, -observé en tête du sondage, de 0 à 10,4 m ;
- Plusieurs ensembles de silts gris/noirs, fins à très fins (faciès ardoisier), à minces interlits (≤ 1 mm) pyriteux ou gréseux soulignant la stratification, - observés de 10,4 à 15,5 m, - de 26,25 à 27,2 m, - de 33,1 à 37,9 m, - de 46,8 à 52,2 m, - de 59 à 59,5 m, - et en fin de sondage, à partir de 68,3 m. Cependant, à cette dernière profondeur, les schistes sont laminés, broyés et injectés de quartz en raison de la proximité du chevauchement d'ampleur cartographique qui marque la base structurale de l'unité ardoisière ;
- divers ensembles de grès fins lités (cm à dm) à interlits silteux (mm à cm) et localement à lames ou lits carbonatés, - observés de 19,5 à 24,25 m, - de 38,5 à 44,25 m, - de 58,2 à 59 m, - et enfin de 59,9 à 65,1 m où ils présentent un rubanement souvent très marqué (grès varvés) ;
- un seul niveau épais de grès carbonatés homogène à très fins limets silteux, incluant deux passes (40 cm et 5 cm) de grès siliceux à pyrite disséminée et une passe (30 cm) de schistes noirs, - observé entre 27,2 et 33,1 m ;

Le passage d'un ensemble au suivant peut soit être très brutal (grès carbonaté / silt à 33,1 m, silt/grès à 52,2 m ...) soit s'effectuer de façon ménagée par séquence alternante progressivement plus gréseuse ou silteuse suivant le cas :

- ces alternances de transitions à grès fins et silts en lits centimétriques ont été observées de 15,5 à 19,5 m, - de 24,2 à 26,25 m, - de 37,9 à 38,5 m, - de 44,25 à 46,8 m et de 59,5 à 59,9 m.

Le faciès ardoisier des silts gris/noir attirant l'attention, on a envoyé à l'analyse détaillée 3 échantillons, prélevés à 14,20, 35,80 et 44,65 m et qui se sont révélés être d'excellents matériaux pour ardoises fines (cf. analyse en annexe). Ces résultats ne définissent évidemment pas des réserves exploitables (niveaux peu épais, fracturation), mais illustrent l'efficacité de la méthode sur carottes de sondage dans le secteur de Lacaune.

2.2 - Structure plicative

De 0 à 15 m, le sondage traverse une charnière de pli à convexité tournée vers le haut (pli antiforme). Cette charnière appartient à une structure locale d'ordre décamétrique ou supérieur dont l'axe, - construit à partir des plans de stratification (diagramme polaire partiel, fig. 2) est orienté N 85°E et plonge de 15° vers l'Est. Cet axe coïncide naturellement avec les linéations d'intersection entre schistosité (sp) et stratification (So) déterminées dans la charnière et dont l'orientation moyenne est N 85°E, plongement 10° E.

Au delà, et jusqu'en fond de sondage, on reste dans une série globalement monoclinale qui constitue le flanc inverse du pli antiforme dont la charnière a été traversée précédemment. En effet :

- on n'observe plus aucune charnière de pli d'ordre métrique ou supérieur ;
- à de très rares exceptions près, - correspondant à des replis locaux très mineurs, - tous les petits plis d'ordre centimétrique à décimétrique observés avec certitude dessinent des figures de flanc inverse (cf. fig. 1, coupe A).
- enfin, il n'apparaît aucune répétition de termes lithologiques caractéristiques : en particulier, les schistes et grès à nodules phosphatés ne sont visibles qu'en tête de sondage, dans la charnière du pli principal, les grès carbonatés homogènes constituent un niveau unique dans la partie médiane du sondage, et les grès varvés se localisent exclusivement vers la base.

On note cependant, qu'en fond de sondage, au delà de 52 m, les linéations d'intersection entre stratification (So) et schistosité (sp) présentent une orientation sensiblement différente de celle observée précédemment : alors que la schistosité n'a pas varié, ces linéations s'orientent en moyenne à N 115° E avec un plongement de 10° vers l'W-NW et l'axe construit à partir des surfaces de stratification (diagramme polaire partiel, fig. 3) se dispose de façon identique. Simultanément, les schistosités apparaissent plus pentées que la stratification, ce qui pourrait a priori paraître étonnant dans un flanc inverse.

Une explication à ce phénomène a pu être mise en évidence sur des diagrammes d'ensemble :

D'une part, le diagramme général des linéations d'intersection entre stratification et schistosité (So/sp, fig. 4) souligne la dispersion des ces linéations dans le plan moyen de schistosité.

D'autre part, le diagramme général des plans de stratification (fig. 5) retrouve les deux "guirlandes" de pôles observés localement sur diagrammes partiels (cf. fig. 2 et 3).

Ces faits traduisent l'existence d'une déformation de la stratification préexistante au développement de la schistosité de flux. En d'autres termes, la série ardoisière de Lacaune a subi un plissement antéschisteux préalable au plissement synschisteux responsable de la schistosité ardoisière et prolongé à son tour par les phénomènes d'écaillage. Dans ces conditions, les rapports d'inclinaison entre schistosité et stratification ne constituent plus un critère de polarité structurale et la disymétrie des plis reste seule valable.

La même succession de phénomènes a par ailleurs été déjà établie dans les Monts de l'Est de Lacaune. Cependant, les données recueillies ici ne permettent pas de préciser la géométrie locale du plissement antéschisteux dans le secteur ardoisier.

2.3 - Fracturation

Parmi les fracturations (lithoclastes) observées dans le sondage, on a distingué :

- . des cassures sans déplacement relatif des compartiments séparés, fermées ou très faiblement ouvertes (diaclasses) ;
- . des cassures avec déplacement de ces compartiments, mais sans broyage au contact (petites failles à plans striés) ;
- . des zones broyées d'épaisseur décimétrique (1 à 5 dm) qui traduisent le passage de failles plus importantes ;
- . des jointes de Quartz ou de calcite cicatrisant des diaclasses ou failles ouvertes.

Ces fracturations ont été reportées sur la coupe habillée du sondage, à l'échelle de 1/50 (fig. 1) :

- . la colonne B replace à leur cote précise toutes les fracturations observées (failles, diaclasses et joints) ainsi que les zones broyées et les "stockwerks" (réseaux très denses de petits filons entrecroisés) ;
- . la colonne C visualise, tout au long du sondage, les variations de la densité de fracturation par des figurés correspondant chacun à un certain nombre de fractures au mètre linéaire.

2.3.1 - Familles de fracturations

Le diagramme collectif des failles et diaclases (fig. 6) conduit à répartir l'ensemble des fracturations observées en six familles définies ci-après en direction et pendage et dans l'ordre décroissant de leurs fréquences respectives :

famille 1 : N 162° E, pendage 70° vers l'W - SW

famille 2 : N 17° E, pendage 70° vers l'W - NW

famille 3 : N 35° E, pendage vertical à 80° vers le SE

famille 4 : { N 68° E, pendage 45° vers l'E
 : { à
 : { N 79° E, pendage 65° vers le S - SE

famille 5 : { N 107° E, pendage 53° vers le S - SW
 : { à
 : { N 113° E, pendage 47° vers le S - SW

famille 6 : { N 103° E, pendage 32° vers le N
 : { à
 : { N 107° E, pendage 53° vers le N - NE

La famille 1, largement prépondérante, est très concentrée autour de sa valeur moyenne ; la famille 2 est encore bien concentrée, mais les autres familles sont plus dispersées soit en pendage (famille 3), soit en pendage et direction.

Le nombre élevé de familles est lié au poids statistique important des fracturations mineures dont aucune n'échappe à l'observation sur carottes (85% des mesures concernent de simples diaclases). Nous allons voir que les failles proprement dites et les joints sont beaucoup moins dispersés : en particulier, la famille 6, - subparallèle à la schistosité dans l'emprise du sondage, - qui est ici subordonnée, va prendre une importance majeure.

2.3.2 - Failles

Le diagramme (fig. 7) de densité des petites failles à plans lustrés ou striés montre que celles-ci se répartissent pour l'essentiel en deux familles seulement :

La première, très dominante, présente une orientation moyenne bien définie, à N 100° E, pendage 38° vers le Nord, approximativement parallèle à celle de la schistosité principale, ce qui traduit un phénomène d'écaillage tardif.

La seconde est plus dispersée, de N 18° E, pendage 73° vers l'Ouest à N 35° E, pendage vertical.

Le sens du rejet des petites failles de la première famille a pu être déterminé pour 40 % d'entre elles : les 3/4 de celles-ci sont des failles normales à normales-dextres (stries proches de la ligne de plus grande pente du plan de rupture), ayant joué en extension, les autres des failles inverses, en compression.

Les failles de la seconde famille ont joué en faille normale dans tous les cas déterminés (20 %). Elles relèvent du même système que la faille d'ordre cartographique tracée de Boussou vers Bourrel d'après des observations photogéologiques et de terrain : même orientation générale, même sens de rejet, proximité (150 m du sondage).

2.3.3 - Joints de Quartz et de Calcite

Le diagramme de densité des joints de quartz et de calcite (fig. 8) montre que l'orientation de ceux-ci est très concentrée autour d'une valeur moyenne N 100° E, pendage 30° vers le Nord, approximativement parallèle à la schistosité principale dans l'emprise du sondage.

Ces joints traduisant la cicatrisation de cassures ouvertes, leur présence implique des rejeux en extension suivant certains plans de schistosité ou suivant certaines fractures d'orientation voisine. Rappelons que les petites failles normales signalées au paragraphe précédent dans la première famille, et qui ont la même orientation moyenne, procèdent de la même phase de distension.

2.3.4 - Répartition des fractures dans le sondage

Pour nous faire une idée de la répartition des diverses familles et types de fracturation le long du sondage, nous avons considéré séparément :

- d'une part les fractures à pendage élevé (supérieur à 45°) et de directions diverses appartenant aux familles 1 à 5 définies ci-dessus en 2.3.1 à partir de la fig. 6.

- d'autre part, toutes les fractures approximativement parallèles à la schistosité régionale quel que soit leur type, diaclase, petite faille, joint cicatrisé, zone broyée ou stockwerk (réseau dense de petits filons entrecroisés).

● Pour les fractures à pendage élevé, les diagrammes polaires partiels (fig. 9, 10 et 11) montrent que toutes les familles de fracturation correspondantes s'observent tout au long du sondage, sans qu'aucune d'entre elles affecte plus spécifiquement tel tronçon plutôt que tel autre. On retiendra cependant que les fractures de la famille 2 (N 17° E) sont peu représentées de 0 à 27,7 m et de 52,2 à 68,3 m et que celles de la famille 4 (N 68 à 79° E), très discrètes entre 15,5 et 27,7 m sont nombreuses, - mais relativement dispersées en orientation, - de 0 à 15,5 m et de 52,2 à 68,3 m.

● Pour les fracturations dont l'orientation est proche de celle de la schistosité, on note que :

- les diaclases de cette famille, relativement rares dans l'ensemble, se distribuent de façon à peu près homogène sur la hauteur du sondage, avec quelques groupements locaux très serrés (5 diaclases entre 53,45 et 53,60 m par exemple) ;

- les petites failles du même groupe sont également bien distribuées, un peu plus nombreuses cependant (6) dans les 15 premiers mètres (zone de charnière décamétrique) ;

- les joints de quartz ou de calcite présents sur toute la hauteur du sondage, deviennent progressivement plus nombreux à partir de 44 m et souvent très rapprochés au delà de 52 m (5 entre 53,45 et 53,60 m, par exemple) ;

- mises à part celles (2) observées dans la charnière citée ci-dessus, les zones broyées (cf. fig. 1, colonnes B et C), d'épaisseur décimétrique (1 à 5 dm), apparaissent à partir de 27 m à intervalles d'ordre décimétrique (8 - 12 m) puis beaucoup plus rapprochés à partir de 65 m, en même temps que les matériaux deviennent plus laminés ou triturés et que les stockwerks se multiplient (intervalles de 2 à 4 m).

Cette évolution des phénomènes vers la profondeur traduit, d'une part, l'approche du grand chevauchement qui marque la base structurale de l'unité ardoisière de Sié (cf. planche structure cartographique à 1/25 000) et d'autre part, un jeu de l'écaillage en extension attesté par la multiplication des joints de cicatrisation et des stockwerks.

2.3.5 - Densité de fracturation

La densité de fracturation, caractérisée par le nombre de lithoclasses au mètre d'approfondissement (fig. 1, colonne C) fait apparaître une succession de tronçons plus ou moins fracturés :

- entre 0 et 16 m, la traversée de la seule grande charnière identifiée est marquée par une fracturation de densité moyenne (4 à 12 lithoclasses au m) accentuée cependant dans la zone axiale (12 à 16 entre 5 et 6 m) ;
- entre 16 et 24 m, le premier tronçon du flanc inverse, est peu affecté dans l'ensemble (0 à 4) et à peine plus (4 à 8) au niveau d'alternances silt/grès vers 18 - 19 m ;
- entre 24 et 33 m, la densité de fracturation, modérée en moyenne (4 à 8) s'accroît au niveau d'alternances analogues (12 à 16 entre 25 et 26 m) et évidemment à hauteur des premières zones broyées et réseaux filoniens contigus ;
- vient ensuite une succession de passes dont la densité de fracturation est dans l'ensemble :
 - modérée (0 à 8) entre 33 et 38 m, 42 et 48,5 m, 50 et 55 m, 57,5 et 64 m (noter ici une passe plus fracturée dans des grès varvés de 60 à 61 m) ;
 - forte (8 à 12) de 48,5 à 50 m, - à très forte (8 à 16) de 38 à 42 m et de 55 à 57,5 m, au contact de zones broyées,
- au delà de 64 m, certaines passes métriques restent modérément fracturées (0 à 8) dans l'intervalle des zones broyées ou fissurées et des stockwerks qui se multiplient.

On notera que la densité de fracturation est dans l'ensemble relativement élevée. De ce point de vue, seuls pourraient être économiquement exploitables pour ardoises les tronçons où cette densité est la plus faible (0 à 4), à condition toutefois que la lithologie y soit simultanément favorable sur des épaisseurs suffisantes pour justifier leur découverte, ce qui n'est pas le cas. On doit considérer qu'à la verticale du sondage le plancher de la formation ardoisière exploitable en carrières débute à moins de 5 m sous la surface du sol, même si certains échantillons plus profonds constituent de très bons matériaux pour ardoise fine (cf. résultats d'analyse en annexe).

2.3.6 - Comparaison des fracturations observées en sondage et en carrières exploitées

Les familles de fracture et les densités de fracturations observées dans le sondage et décrites ci-dessus ne peuvent pas être comparées sans pondération à celles qui ont pu être déterminées dans les zones exploitées en carrière.

En effet, outre le fait, déjà souligné, qu'aucune cassure, si mineure soit-elle n'échappe à l'examen sur carottes de sondage, on doit remarquer que :

. le sondage recoupe verticalement une épaisse tranche de terrains (~ 70 m) dans laquelle il est normal de rencontrer toutes les familles de fractures reconnues dans l'ensemble du secteur analysé en surface ; ce n'est pas nécessairement le cas dans les secteurs plus restreints que constituent les fronts de taille où certaines de ces familles peuvent être localement moins bien exprimées, voire absentes,

. les relevés en carrière ont été effectués horizontalement, ce qui privilégie les fractures à pendage élevé, d'autant plus que les fronts s'insèrent évidemment dans l'intervalle et à l'écart des zones broyées parallèles à la schistosité, ce qui amène à sous-évaluer la fréquence des fractures de cette dernière famille.

Ces réserves étant faites, le tableau comparatif ci-joint (p. 10) montre que :

. la famille N 160° E, prépondérante dans le sondage, l'est également dans la grande carrière du Moulinas, distance de 400 m, avec cependant un léger basculement de pendage (de 70° W à 80° E), mais absente dans la carrière de Sié, plus éloignée vers l'Est ;

. la famille N 17° E, à pendage fort, bien représentée dans le sondage et dans la carrière du Moulinas (N 20° E) est moins nette et moins pentée dans la carrière de Sié ;

. la famille N 35° E, à fort pendage, bien exprimée en sondage, est beaucoup plus discrète au Moulinas et n'apparaît plus dans la carrière de Sié ;

. la famille N 68 à 79° E, bien représentée en sondage, est absente dans la carrière du Moulinas, mais bien exprimée à nouveau dans celle de Sié ;

. la famille N 130° - 140° E bien représentée dans les deux carrières, est extrêmement discrète dans le sondage ;

. la famille N 180° E, subverticale, prépondérante dans la carrière de Sié et plus à l'Est, n'apparaît pratiquement pas au Moulinas ni dans le sondage.

. enfin, les fractures d'orientation approximativement parallèle à celle de la schistosité, bien exprimées dans le sondage, ne constituent pas une famille individualisée dans les carrières, comme prévisible d'après la seconde des remarques faites plus haut.

Tableau comparatif des familles
de fractures observées en sondage
et en carrières exploitées

Sondage Lac 1	Grande carrière du Moulinas (GARENQ / GRANIER)	Carrière de Sié (GRANIER)
<u>N 162° E</u> , pendage 70° vers l'W ①	<u>N 160° E</u> , pendage 80° vers l'E à vertical ①	
<u>N 17° E</u> , pendage 70° vers l'W ②	<u>N 20° E</u> , pendage 80° vers l'E ②	<u>N 20° E</u> , pendage 45° vers l'E moins bien individualisée
<u>N 35° E</u> , pendage ver- tical à 80° ③ vers le SE	<u>N 35° E</u> , pendage NW 70 à 80° moins bien indivi- dualisée	
<u>N 68° E</u> , pendage 45° ④ vers le SE à		<u>N 75° E</u> , sondage 70° ② vers le SE
<u>N 79° E</u> , pendage 65° vers le SE		
<u>N 107° E</u> , pendage 53° ⑤ vers le S à		
<u>N 113° E</u> en pendage 47° vers le SW		
<u>N 103° E</u> , pendage 32° ⑥ vers le N à	Cette famille de fractures correspond en carrière à de grandes failles et zones broyées espacées de plusieurs mètres.	
<u>N 107° E</u> , pendage 53° vers le N	<u>N 130° E</u> , verticale ③	<u>N 140° E</u> , pendage 60° ③ vers le SW
		<u>N 180° E</u> , pendage E 80° ①

1, 2, 3, ordre de fréquence décroissant

3 - CONCLUSIONS

Conformément à l'objectif qui lui était assigné, le sondage Lac. 1 a permis une reconnaissance précise du plancher (mur) de la formation ardoisière exploitée dans le secteur de Boussou - Sié, tant du point de vue lithologique que du point de vue structural.

En ce qui concerne la lithologie, il a montré qu'au delà d'un horizon peu épais, mais bien caractérisé, de schistes noris et grès à nodules phosphatés, ce plancher était constitué par un ensemble à grès dominants et passées de silts parfois de bonne qualité ardoisière mais de faible épaisseur.

D'autre part, il a apporté des éléments décisifs pour la compréhension de la structure d'ensemble de l'unité ardoisière exploitée : la coupe schématique jointe à 1/10 000 (fig. 12) montre que le "mur" traversé en sondage représente le flanc inverse d'une vaste "antiforme" (pli à convexité tournée vers le haut), déversée vers le Sud et dans laquelle le "toit", constitué par les grès du Montrodre occupe une position de flanc normal. Ces deux ensembles gréseux appartiennent au même niveau stratigraphique et constituaient, avant érosion, l'enveloppe du coeur ardoisier de la structure dont l'allongement est grossièrement Est-Ouest et l'inclinaison vers le Nord de l'ordre de 30°.

Les limites structurales de cette unité ardoisière (grès de l'enveloppe inclus) sont constituées, au Nord comme au Sud, par les surfaces de chevauchement figurées sur la coupe et également pentées vers le Nord. Ces surfaces témoignent d'un écaillage régional en grandes masses.

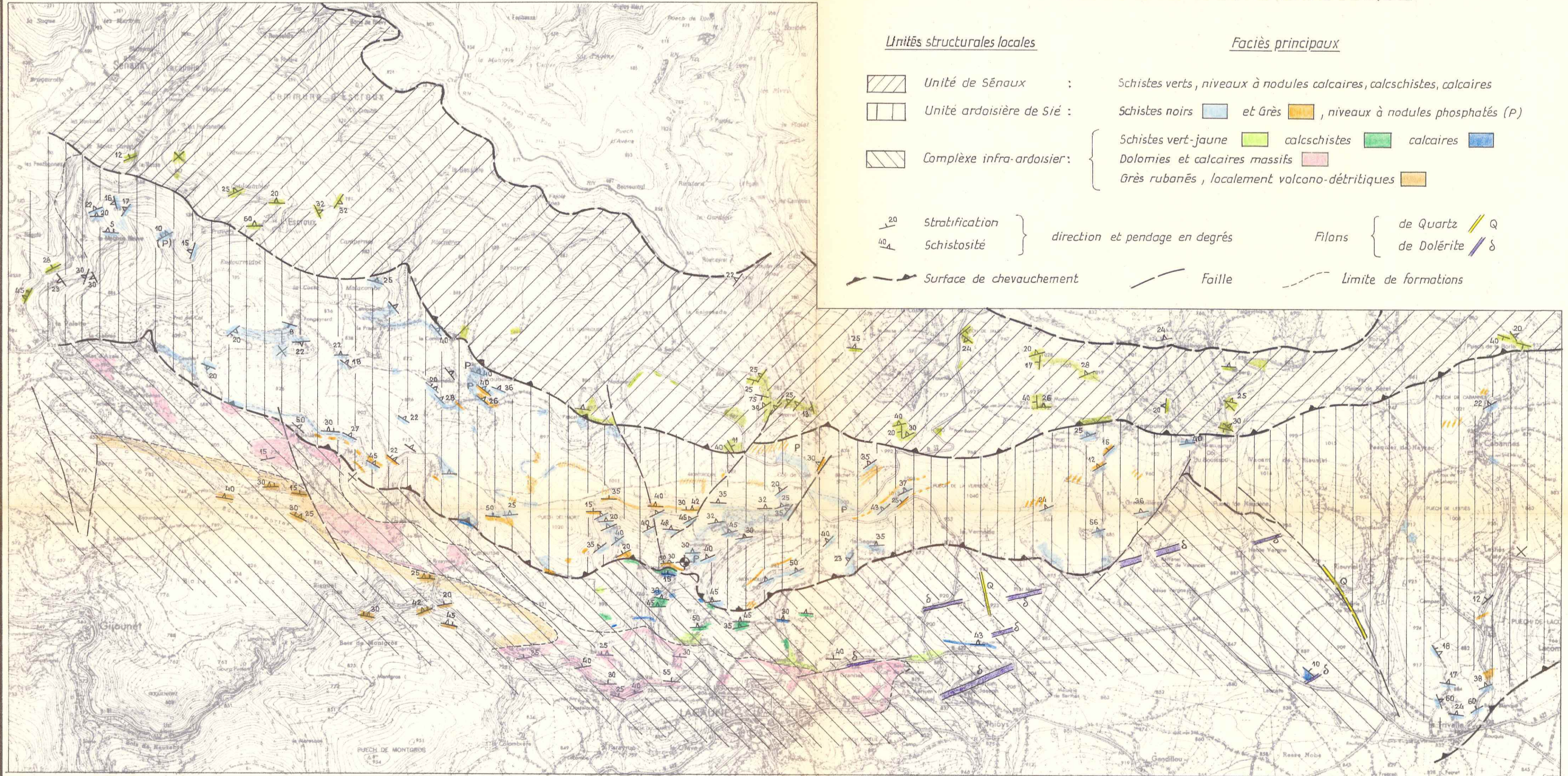
De cette disposition découlent un certain nombre de conséquences intéressant l'exploitation ardoisière :

1) . A l'aval d'un plan vertical grossièrement Est-Ouest passant par le sondage, il n'existe aucun niveau ardoisier qui soit économiquement exploitable : d'une part, la lithologie s'y oppose (dominante de grès à passes de bonne qualité ardoisière mais trop exigües) et d'autre part la densité de fracturation augmente à l'approche de l'écaillage qui marque la base structurale de l'unité. Le sondage fixe donc la limite inférieure de l'ensemble ardoisier exploitable.

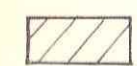
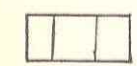
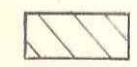
2) . Au dessus de sa base gréseuse ainsi fixée et dans la direction de la coupe, la formation ardoisière proprement dite affleure (ou sub-affleure) au moins sur 130 m de dénivelée et 600 m de distance horizontale. Ceci lui confère, en son état actuel plissé, et compte-tenu du plongement, une épaisseur entre toit et mur de l'ordre de 400 m au moins. Dans toute cette tranche ardoisière, les matériaux sont globalement les mêmes que ceux rencontrés dans les carrières exploitées avec les mêmes qualités et défauts.

3) . Du fait de son pendage vers l'amont topographique, cette formation ardoisière s'enfoncé rapidement dans le versant sud du Montrodre : c'est ainsi, par exemple et pour fixer les idées que, sous le carreau actuel de la carrière la plus proche de Boussou (nouvelle carrière Gareng) le niveau ardoisier présentera une épaisseur verticale de l'ordre de 50 m sur le parallèle de l'entrée et de l'ordre de 90 m à l'aplomb du front de taille actuel (mai 81). Pour les carrières situées plus en amont, et qui sont déjà dans le flanc normal de la structure, l'épaisseur verticale sous carreau pourrait être encore plus considérable ; cependant il faudrait s'en assurer par sondages, car on ignore si la structure ardoisière comporte ou non un noyau de lithologie non ardoisière (calcaire ou autre ?) et à quelle distance de la surface il pourrait se manifester.

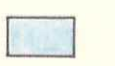

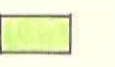



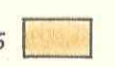
SECTEUR ARDOISIER DE LACAUNE
STRUCTURE CARTOGRAPHIQUE





Unités structurales locales


-  Unité de Sènaux :
-  Unité ardoisière de Sié :
-  Complexe infra-ardoisier :

Faciès principaux


- Schistes verts, niveaux à nodules calcaires, calcschistes, calcaires
- Schistes noirs  et Grès , niveaux à nodules phosphatés (P)
- Schistes vert-jaune  calcschistes  calcaires 
- Dolomies et calcaires massifs 
- Grès rubanés, localement volcano-détritiques 

-  Stratification
 -  Schistosité
- } direction et pendage en degrés

- Filons { de Quartz  Q
- de Dolérite  δ

 Surface de chevauchement

 Faille

 Limite de formations

Levés de M. DONNOT, J. COSSON, R. VERNET
Interprétation de M. DONNOT, simplifiée.

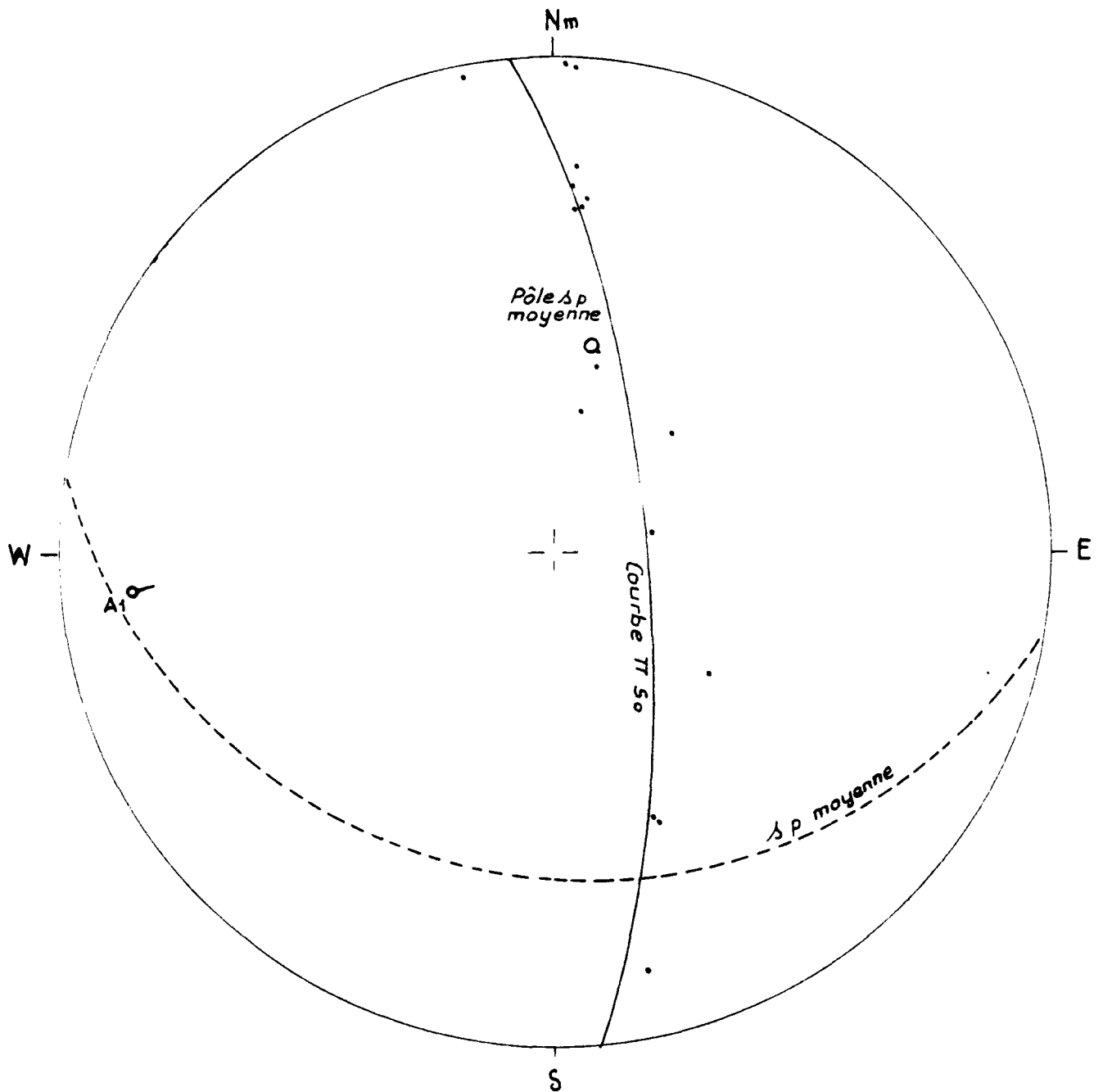
 Sondage de reconnaissance Lac 1

Echelle 1 / 25 000

Diagramme des plans de stratification de 0 à 15,5 m.

(Projection de Schmidt de la demi sphère supérieure)

17 mesures



s_0 Stratification

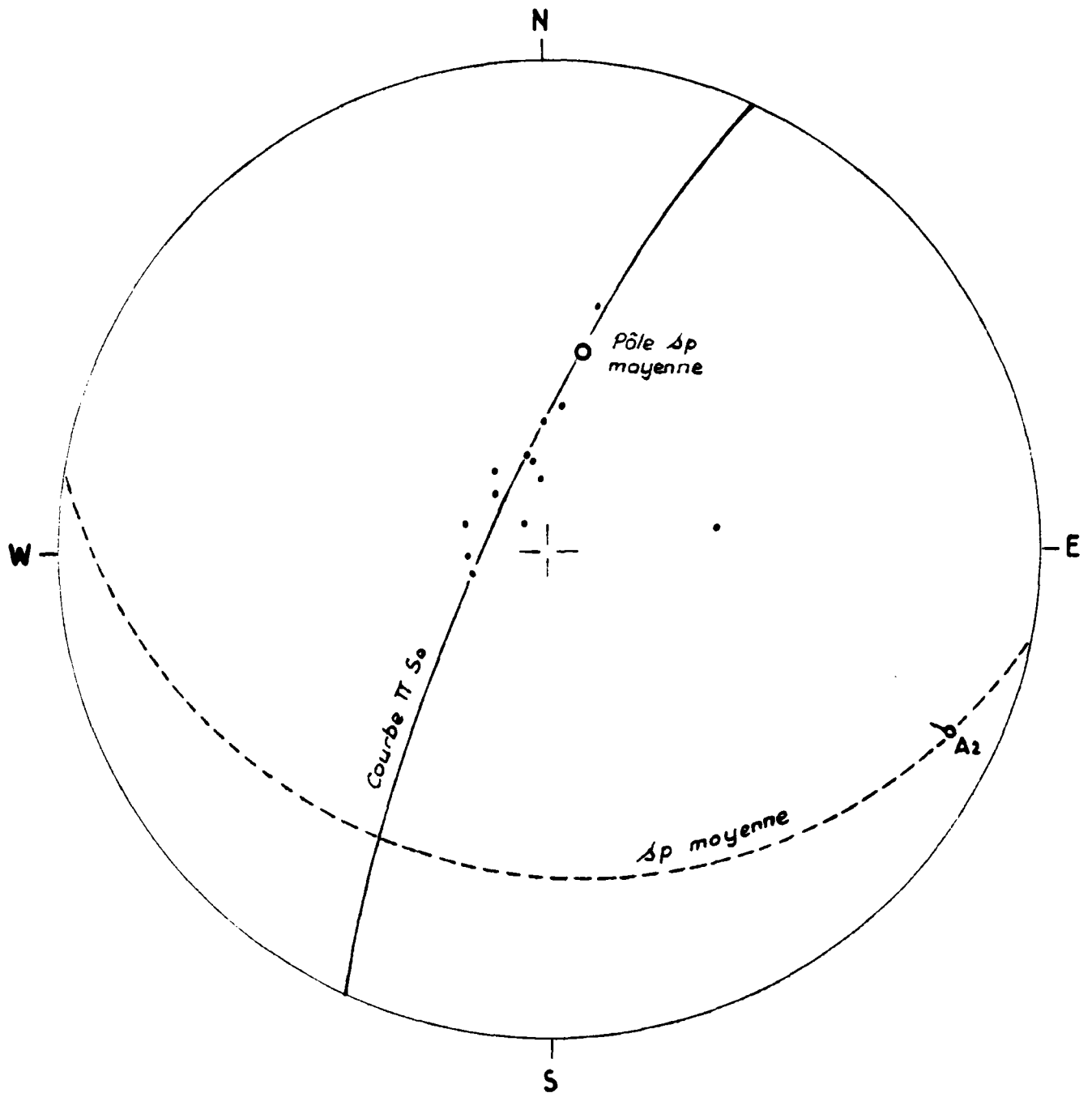
Δp Schistosité principale

\circ A1 Axe construit = N 85° E , plongement 15° vers l'Es

Diagramme des plans de stratification de 52,2 à 68,3 m.

(Projection de Schmidt de la demi sphère supérieure)

14 mesures



S_0 Stratification

S_p Schistosité principale

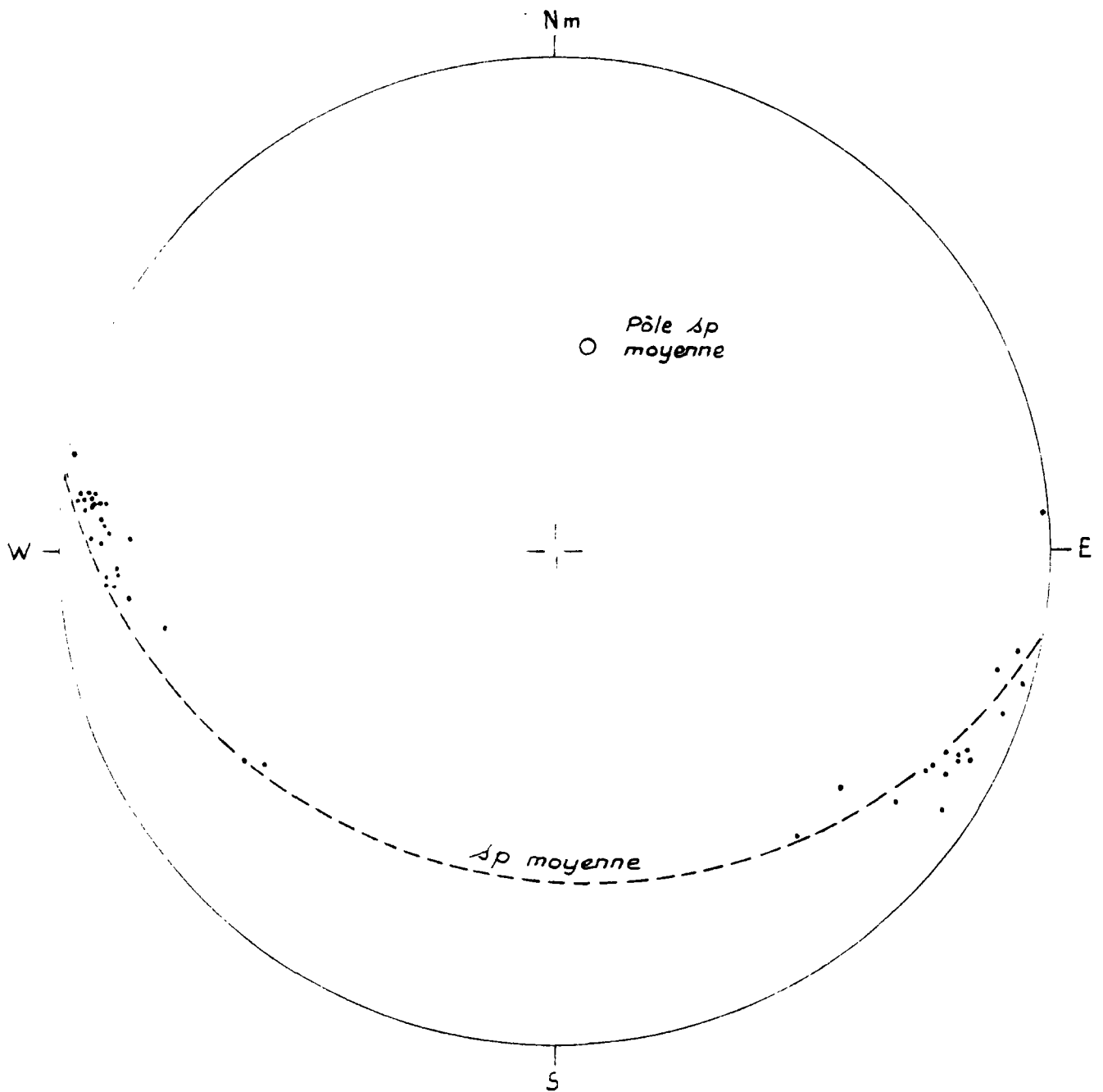
○ — Axe construit = $N 115^\circ E$, plongement $10^\circ W-NW$
 A_2

Rapports stratification/schistosité

Diagramme général des linéations d'intersection $S_0/\Delta p$

(Projection de Schmidt de la demi sphère supérieure)

44 pôles



Δp Schistosité principale (schistosité "ardoisière")

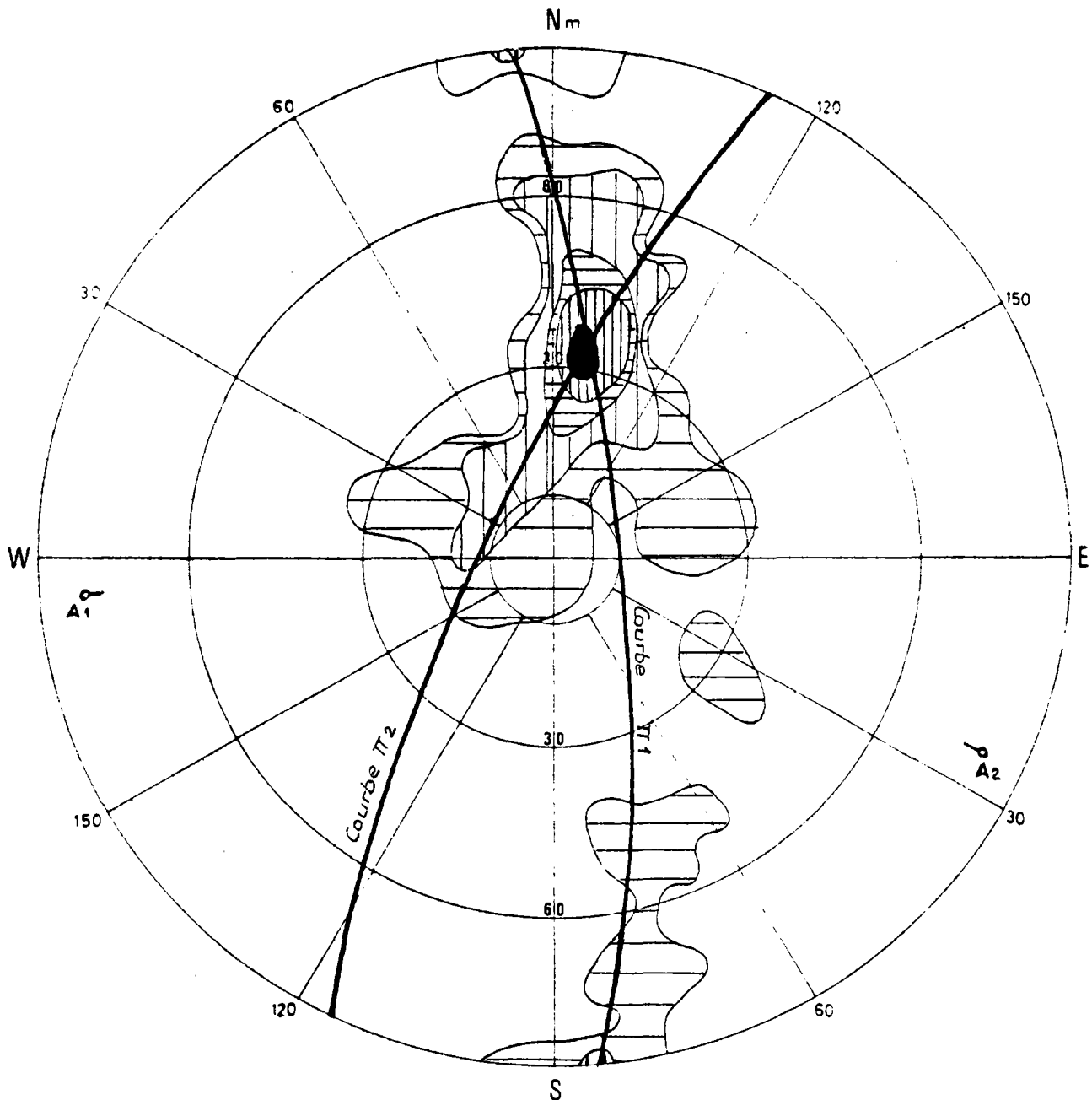
• Linéation d'intersection $S_0/\Delta p$

TOTALITE DES PLANS DE STRATIFICATION

DIAGRAMME DE DENSITE

(Projection de Schmidt de la demi-sphère supérieure)

58 mesures



Courbes à 2-8-20-40 et 55%

Axes construits A_1 = N 85°E, plongement 10°E

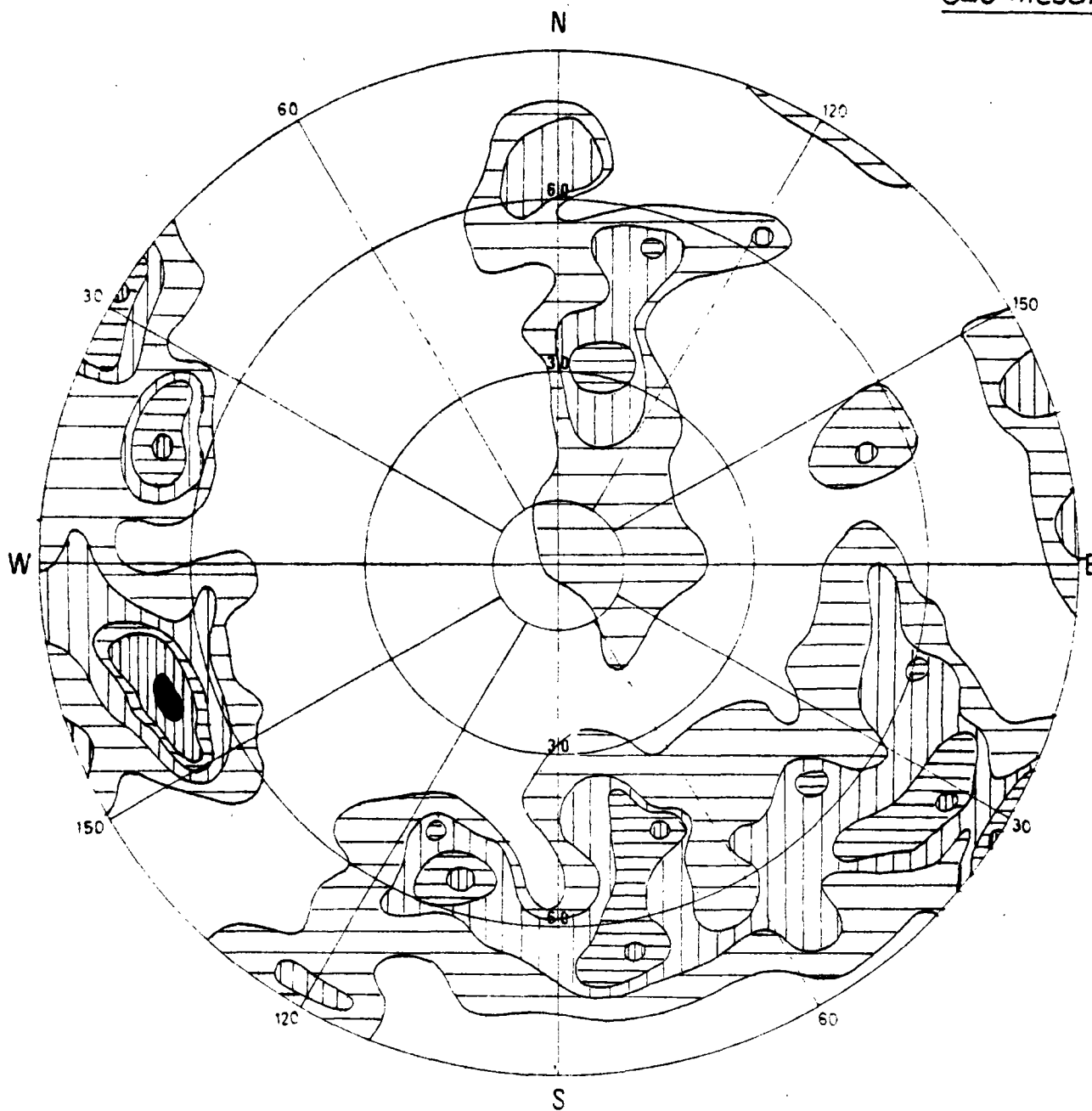
A_2 = N 115°E, plongement 10°N.NW

TOTALITE DES PLANS DE FRACTURES FAILLES + DIACLASES

DIAGRAMME DE DENSITE

(Projection de Schmidt de la demi-sphere supérieure)

343 mesures



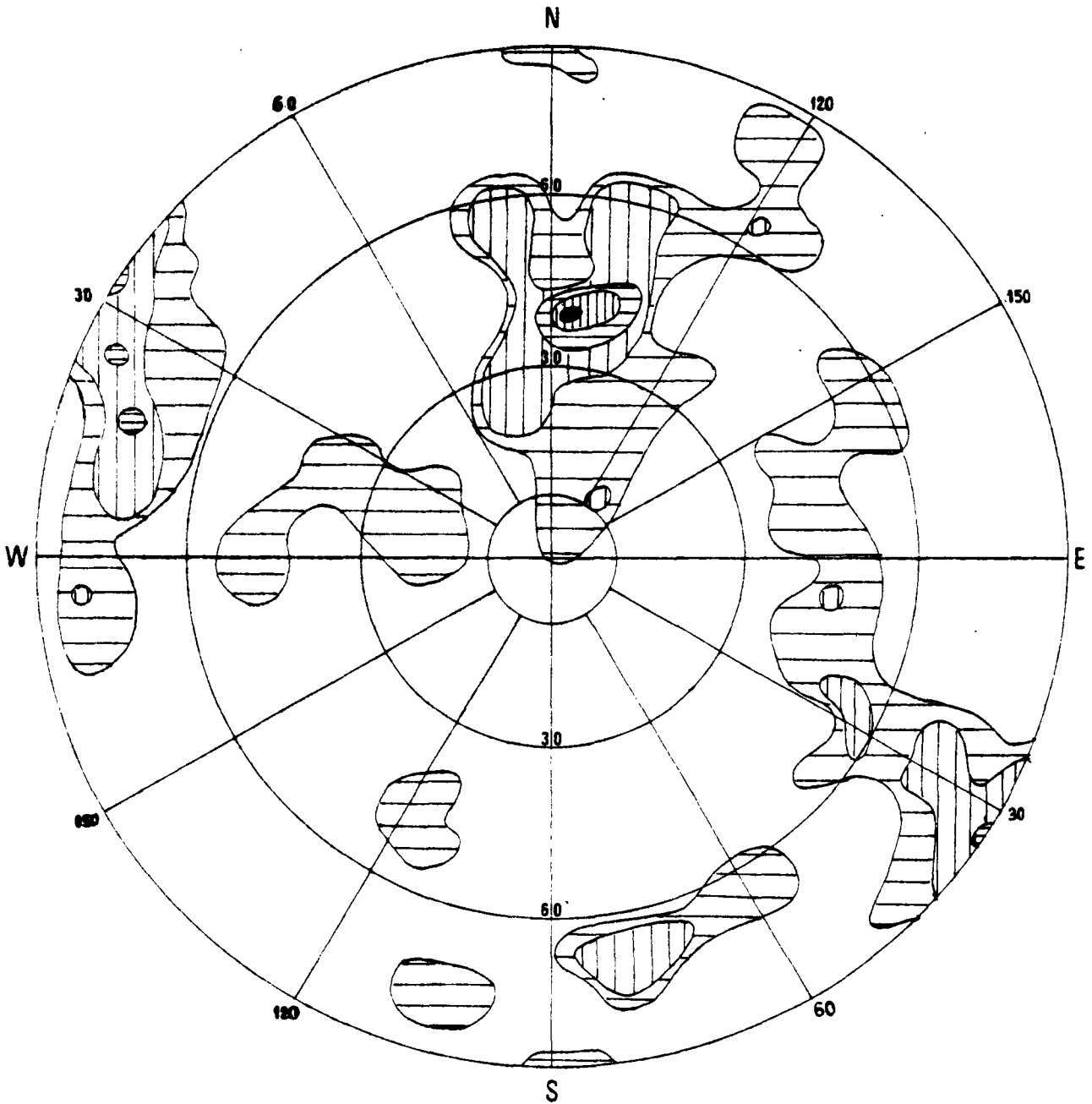
Courbes à 1-5-7-9 et 11%

PLANS DE FAILLES

DIAGRAMME DE DENSITE

(Projection de Schmidt de la demi-sphère supérieure)

52 mesures



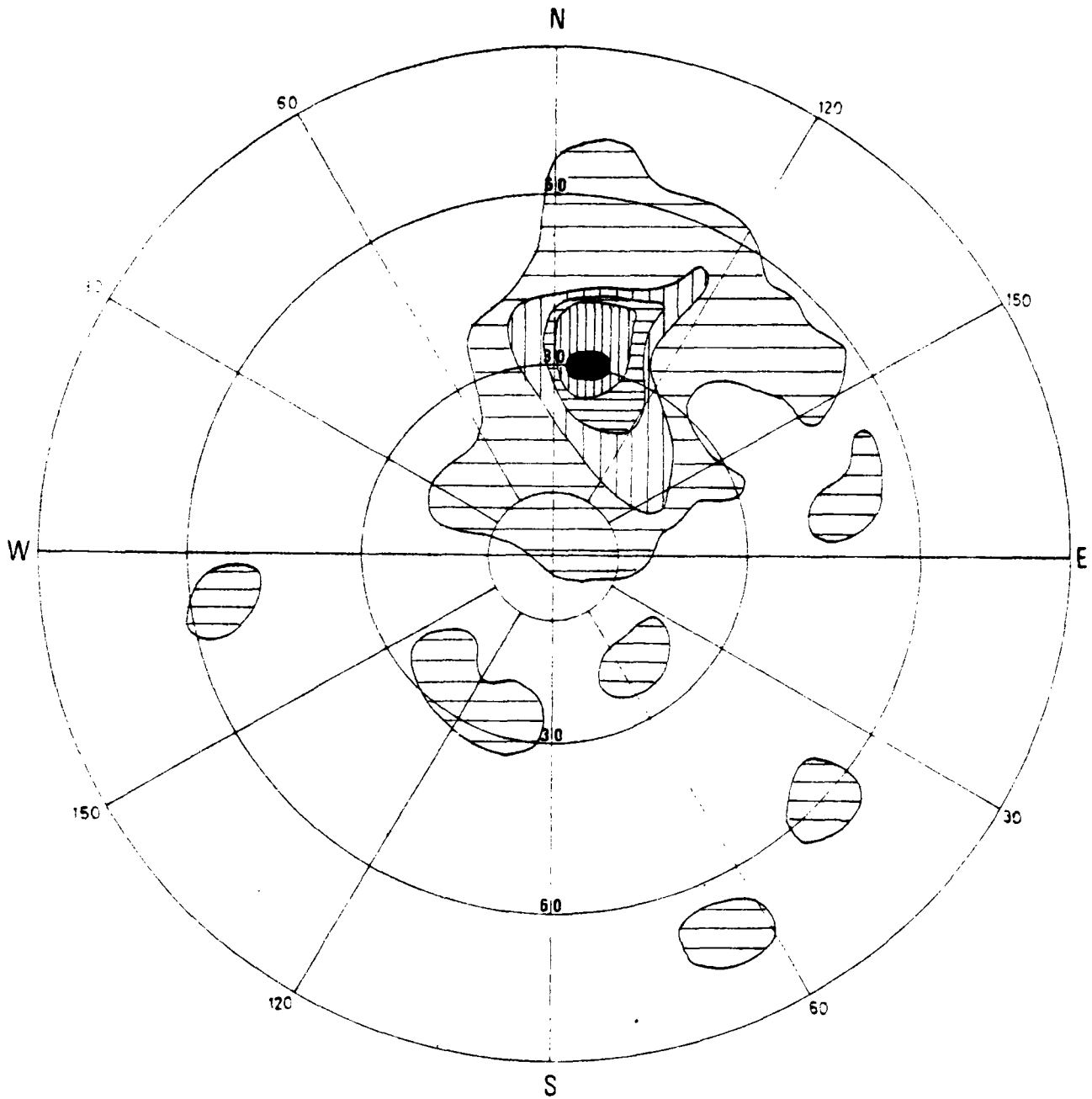
Courbes à 3-7-14-20 et 25%

JOINTS DE CALCITE ET DE QUARTZ

DIAGRAMME DE DENSITE

(Projection de Schmidt de la demi-sphère supérieure)

58 mesures



Courbes à 2-10-25-50 et 63%

94 mesures

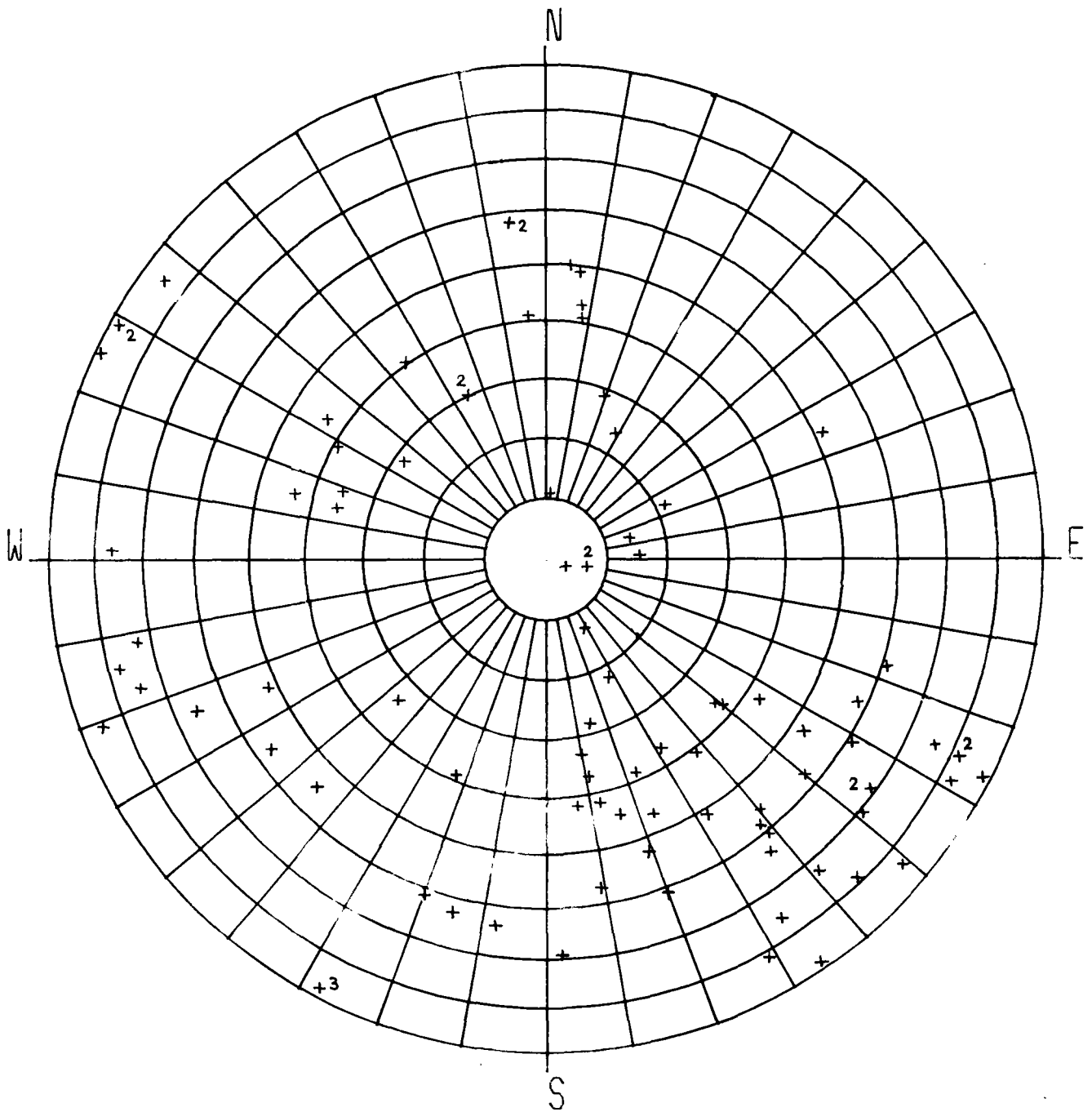


Diagramme polaire des plans de fractures
entre 0 et 15,5 m

(Projection de Schmidt de la demi sphère supérieure)

50 mesures

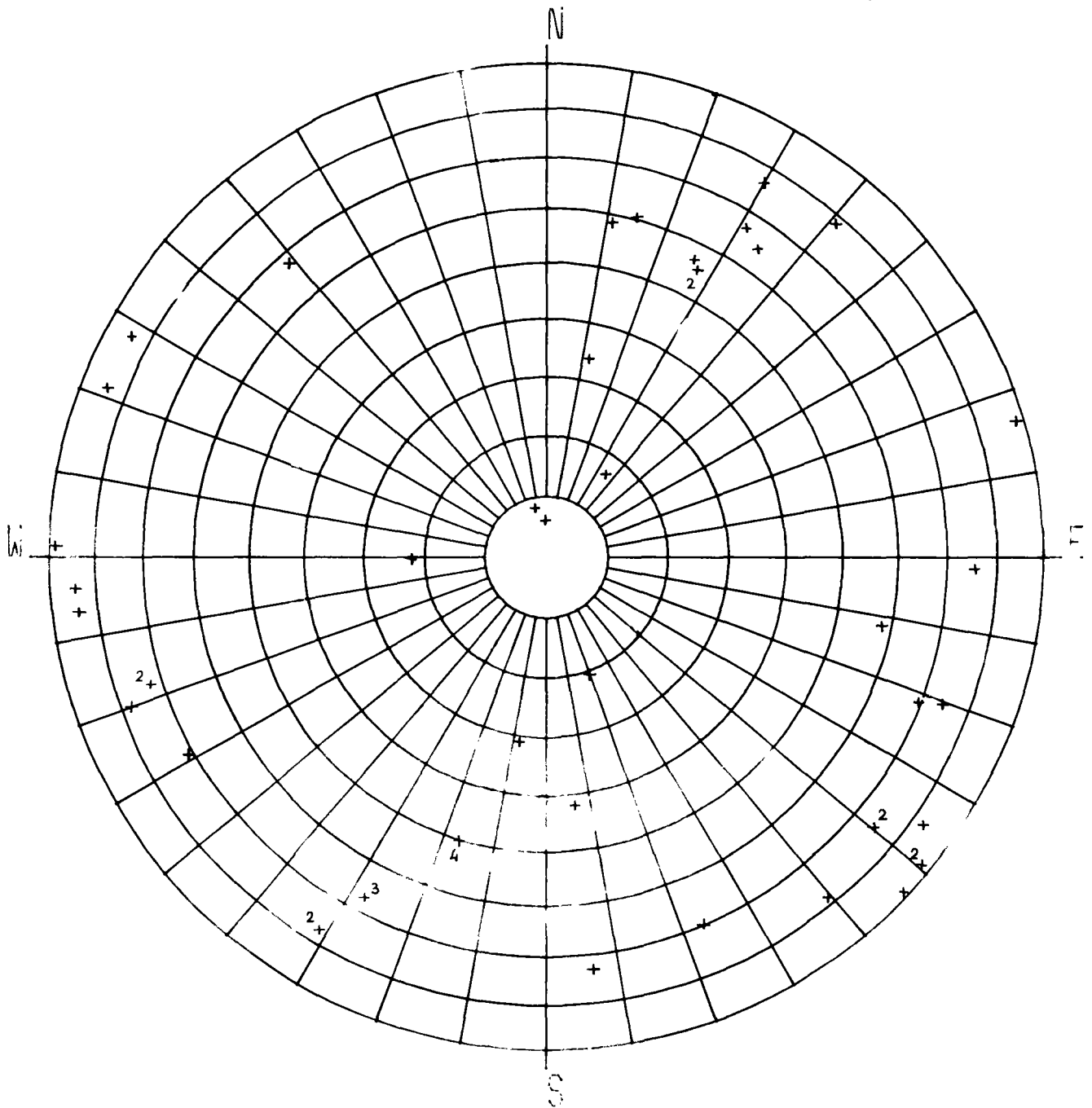


Diagramme polaire des plans de fractures
entre 15,5 et 27,7 m

(Projection de Schmidt de la demi sphère supérieure)

77 mesures

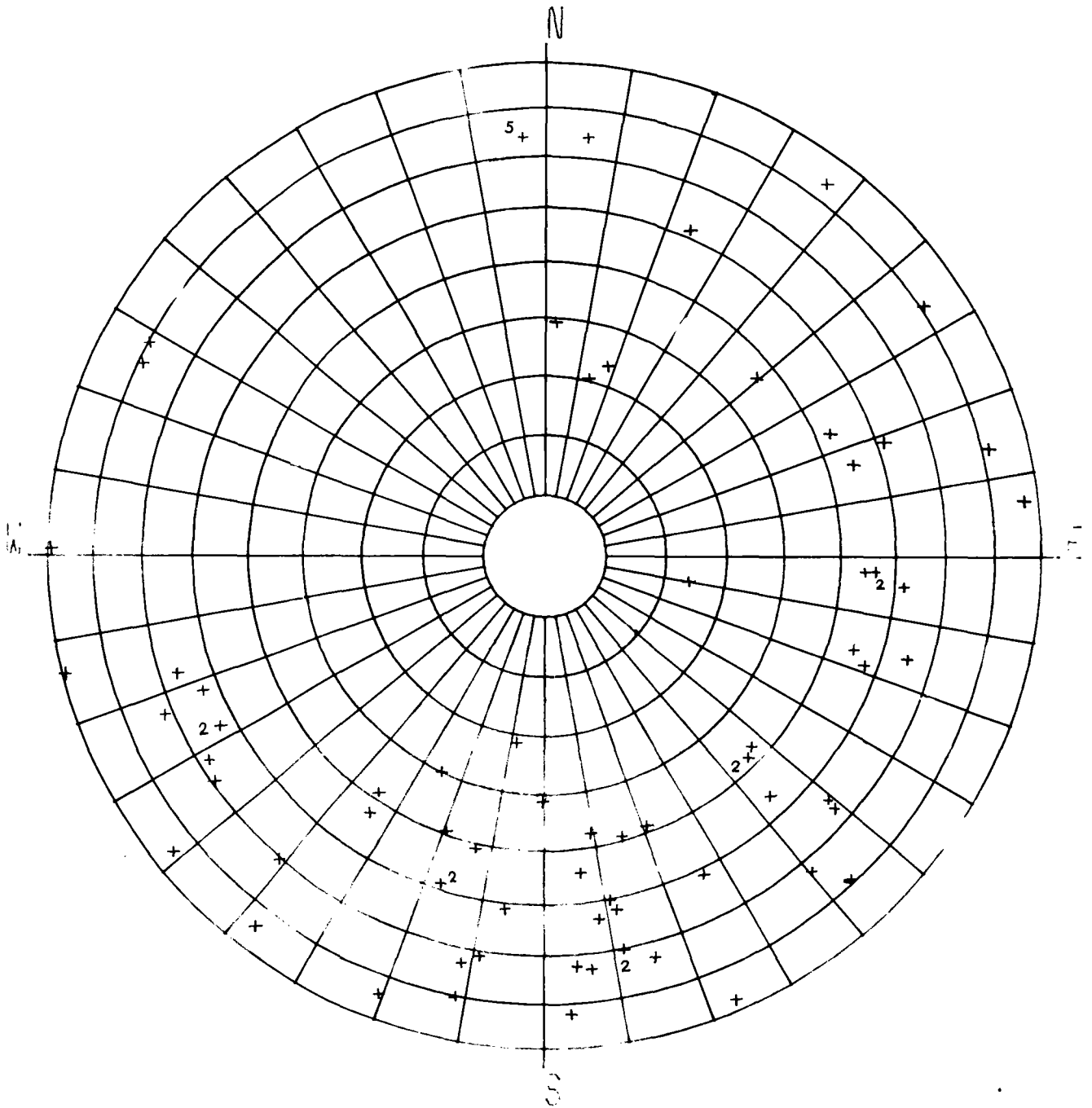


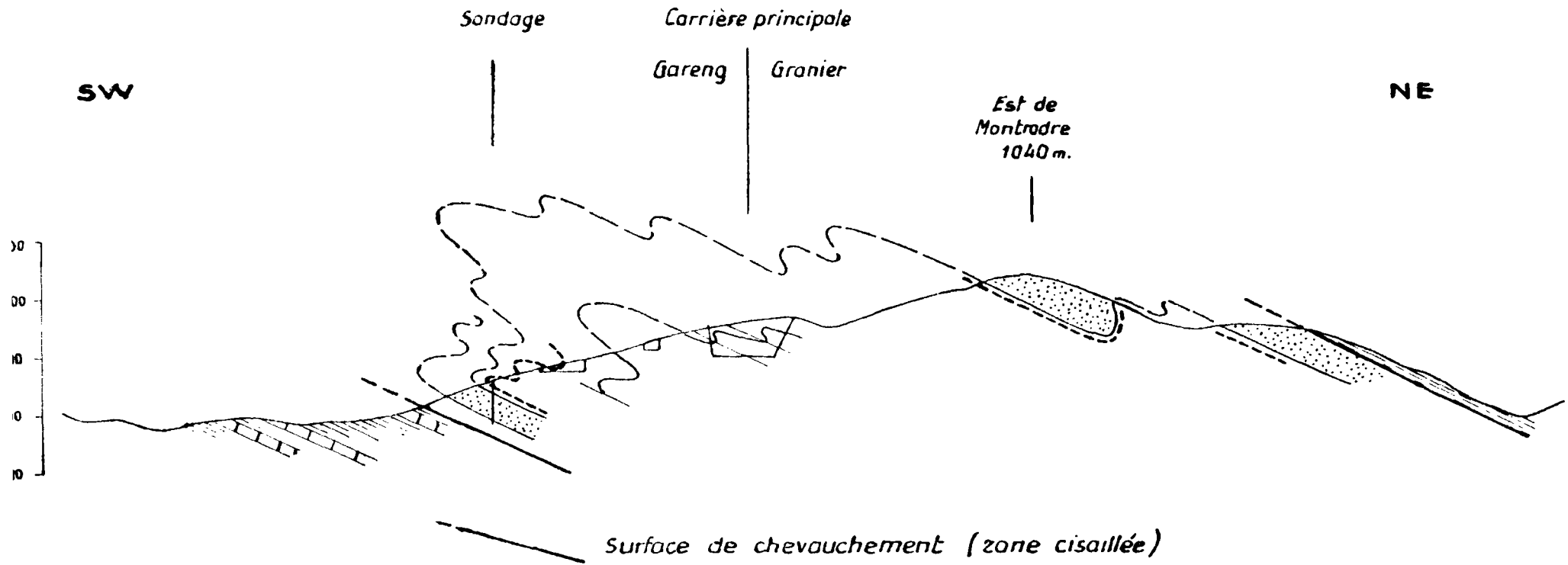
Diagramme polaire des plans de fractures
entre 52,2 et 68,3 m







(Projection de Schmidt de la demi sphère supérieure)

ARDOISIÈRES DE LACAUNE

COUPE SCHEMATIQUE INTERPRETEE
PASSANT PAR LE SONDAGE ET LA CARRIÈRE PRINCIPALE

Ech. 1/10 000



Complexe infra-ardoisier	Unité ardoisère	Unité de Sénoux
 Calcschistes et calcaires	 Grès dominants	 Schistes verts
	 Nodules phosphatés	 schistes noduleux
	 Schistes ardoisiers très dominants	

SECTEUR ARDOISIER DE LACAUNE

SONDAGE DE RECONNAISSANCE LAC. 1

A N N E X E

RÉSULTATS D'ANALYSES LITHOLOGIQUES ET STRUCTURALES

par D. GAPAIS

Université de Rennes
Institut de Géologie,
Centre Armoricaïn
d'Etude Structurale des Socles

Résultats d'analyse lithologique et texturale.

Ces résultats concernent trois échantillons de schistes ardoisiers de Lacaune, prélevés en carottes de sondage (éch. 1, profondeur 14,20 m; éch. 2, profondeur 34,80 m; éch. 3, profondeur 49,65 m). Les analyses effectuées ont pour but de préciser, à l'échelle du grain et du polycristal, les caractères lithologiques (composition minéralogique, granulométrie) et texturaux (qualité de la schistosité, caractère fissible du schiste) des schistes considérés.

Méthodes d'analyse utilisées :

- Analyse pétrographique en lames minces,
- Analyse semiquantitative des minéraux phylliteux et du quartz par diffractométrie X,
- Analyse quantitative de l'orientation préférentielle des phyllosilicates (qualité de la schistosité) par goniométrie de texture.

CARACTERES LITHOLOGIQUES

Etude pétrographique (tabl. 1) :

* Composition minéralogique :

- Quartz en grains fins, ellipsoïdaux, allongés dans la schistosité; en grains plus gros dans certains amas lenticulaires.
- Muscovite (mica blanc) en paillettes orientées dans la schistosité.
- Chlorite, parfois concentrée en petits amas lenticulaires.
- Minéraux opaques (pyrite) sécants sur la schistosité (éch. 2) ou associés à des débris et sphérules d'origine probablement organique (éch. 1 et 3).
- Feldspaths, rares (éch. 1).

OBSERVATIONS AU MICROSCOPE						
Ech.	Lamines	Nodules et hétérogénéités		Quartz grain max. (μm)	Opaques	
		Abondance	taille max. (μm)		Abondance	taille max. (μm)
1	+	++	800	70	++	450
2	+	+-	250	110	+	800
3	+	++	2500	120	++	400

Tableau 1

• Microfaciès :

Les échantillons sont des siltites (roche en majeure partie constituée d'éléments de taille inférieure à 0.064 mm) fines à très fines. Tous contiennent des lamines. Deux microfaciès différents ont été distingués :

- échs. 1 et 3 :

Siltites très fines (grain moyen de quartz, 15 μm) riches en hétérogénéités. Celles-ci consistent en des nodules et amandes lenticulaires. Certains, essentiellement formés d'associations de quartz et chlorite, correspondant souvent à des lamines discontinues et lenticulaires qui peuvent être d'assez grande taille (jusqu'à 2.5 mm, éch. 3). Cependant, les hétérogénéités les plus nombreuses sont de petite taille (tabl. 1) et sont composées de quartz, de chlorite, de rares feldspaths et surtout de minéraux opaques et de débris et sphérules d'origine probablement organique.

- éch. 2 :

Siltite fine (grain moyen de quartz, 25 μm) pauvre en hétérogénéités. Les nodules et amandes lenticulaires sont rares. On remarque la présence de minéraux opaques d'assez grande taille (tabl. 1), disséminés dans la roche, et sécants sur la schistosité.

Analyse par diffraction X (tabl. 2 et fig. 1) :

Les proportions relatives du quartz et des minéraux phylliteux (muscovite et chlorite) sont assez semblables dans les trois échantillons. On note une quantité importante de muscovite et une relative pauvreté en chlorite.

: R.X. :	
: éch. : proportions relatives (%) de :	
: quartz, muscovite, chlorite. :	
: :	
: Qz Ms Chl :	
: 1 :	: 26.5 49.1 24.4 :
: 2 :	: 21.9 47.0 31.1 :
: 3 :	: 27.6 41.8 30.6 :

Tableau 2.

CARACTERES TEXTURAUX (figs. 2 et 3, tabl. 3)

Les trois échantillons présentent une très bonne schistosité de flux de type ardoisière (faible indice de symétrie Kf et forte intensité rf), sans crénulation significative. Ceci se marque sur les figures de pôles (fig. 2) par un très bon groupement des pôles aux plans de clivage (001) des micas (plans qui s'orientent parallèlement à la schistosité et la matérialisent) et par l'absence d'allongement significatif du nuage de points (diagramme axi-symétrique).

: Goniométrie de texture. :	
: éch. : Orientation préférentielle :	
: des muscovites :	
: :	
: Kf rf :	
: 1 :	: 0.05 7.45 :
: 2 :	: 0.06 6.95 :
: 3 :	: 0.09 9.24 :

Tableau 3.

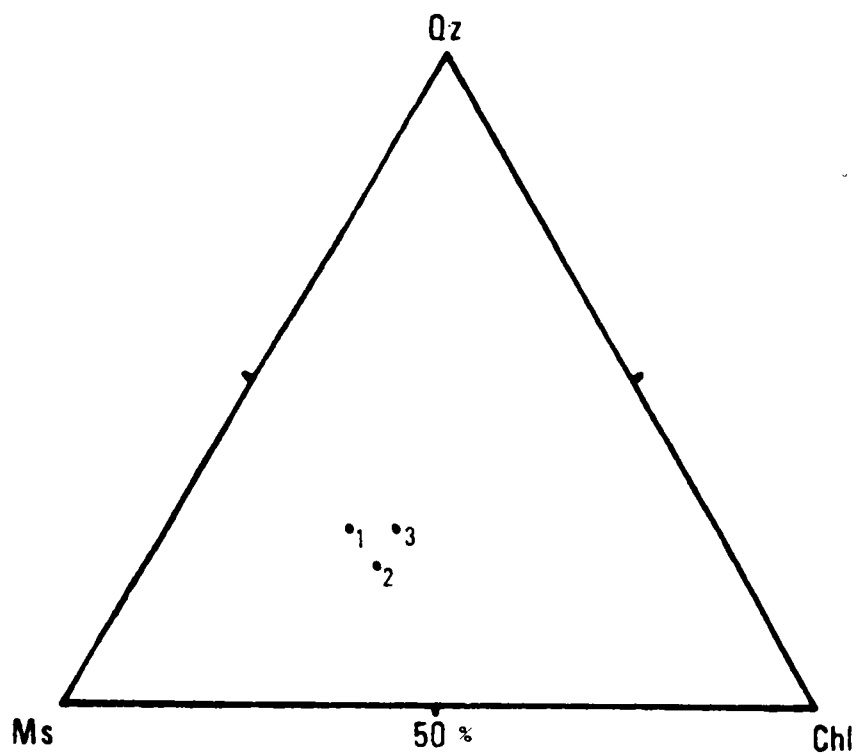


Fig. 1 : Proportions relatives (%) de quartz, muscovite, chlorite (diffractométrie X).

No ECHANTILLON: 2

DIAGRAMME VALEURS BRUTES/B

ELLIPSCIDE

MINERAL: Muscovite
SENSIBILITE: 4000
E.TOTALE: 69916
E. moyenne: 37
Densite Max: 49

1/2 sphere inferieure

X/Y= 1.4
Y/Z= 6.6
Kf= 0.1
Rf= 7.0
S= 68.8

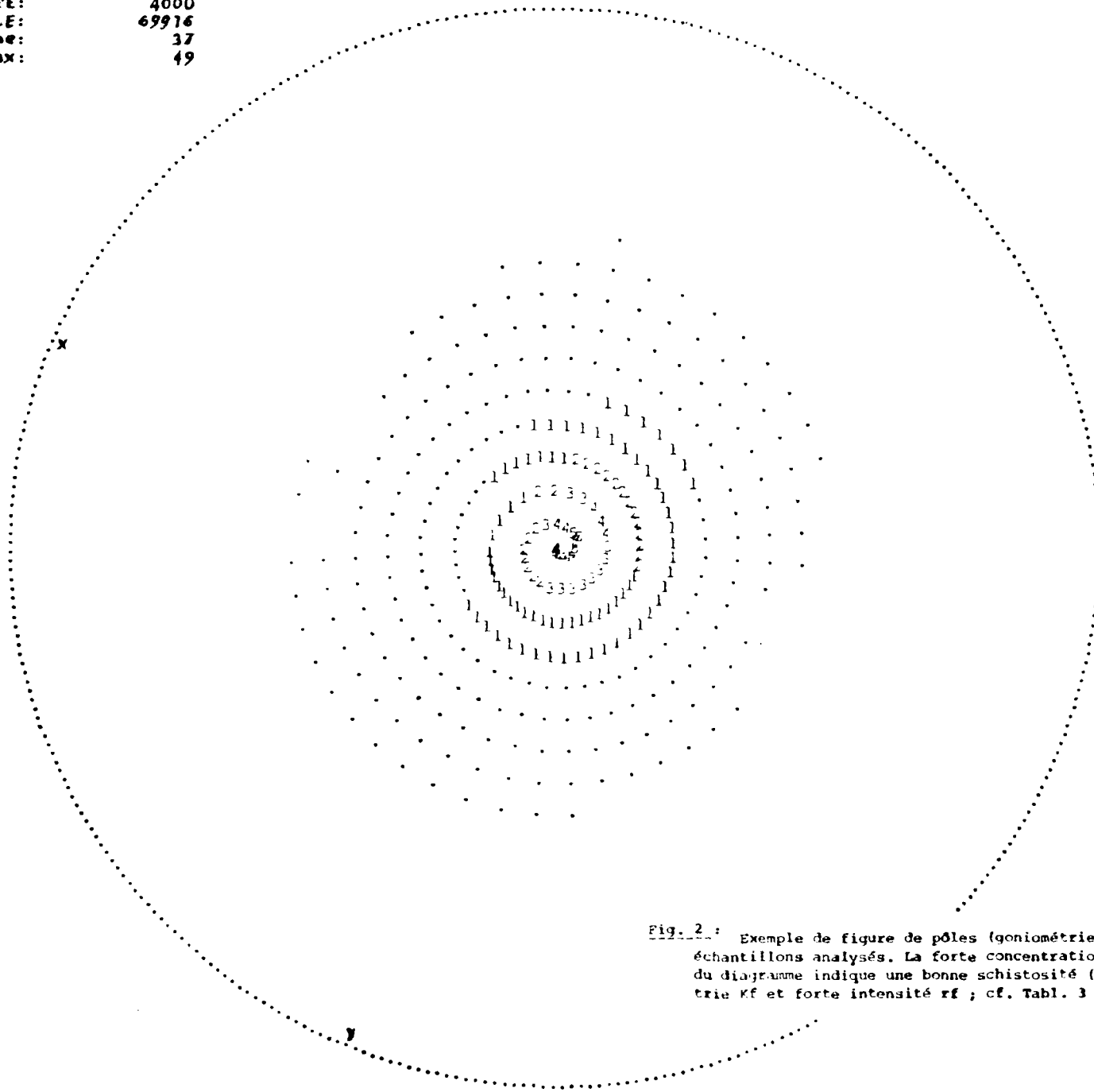


Fig. 2: Exemple de figure de pôles (goniométrie de texture) pour les échantillons analysés. La forte concentration des mesures au centre du diagramme indique une bonne schistosité (faible indice de symétrie Kf et forte intensité Rf ; cf. Tabl. 3 et fig. 3).

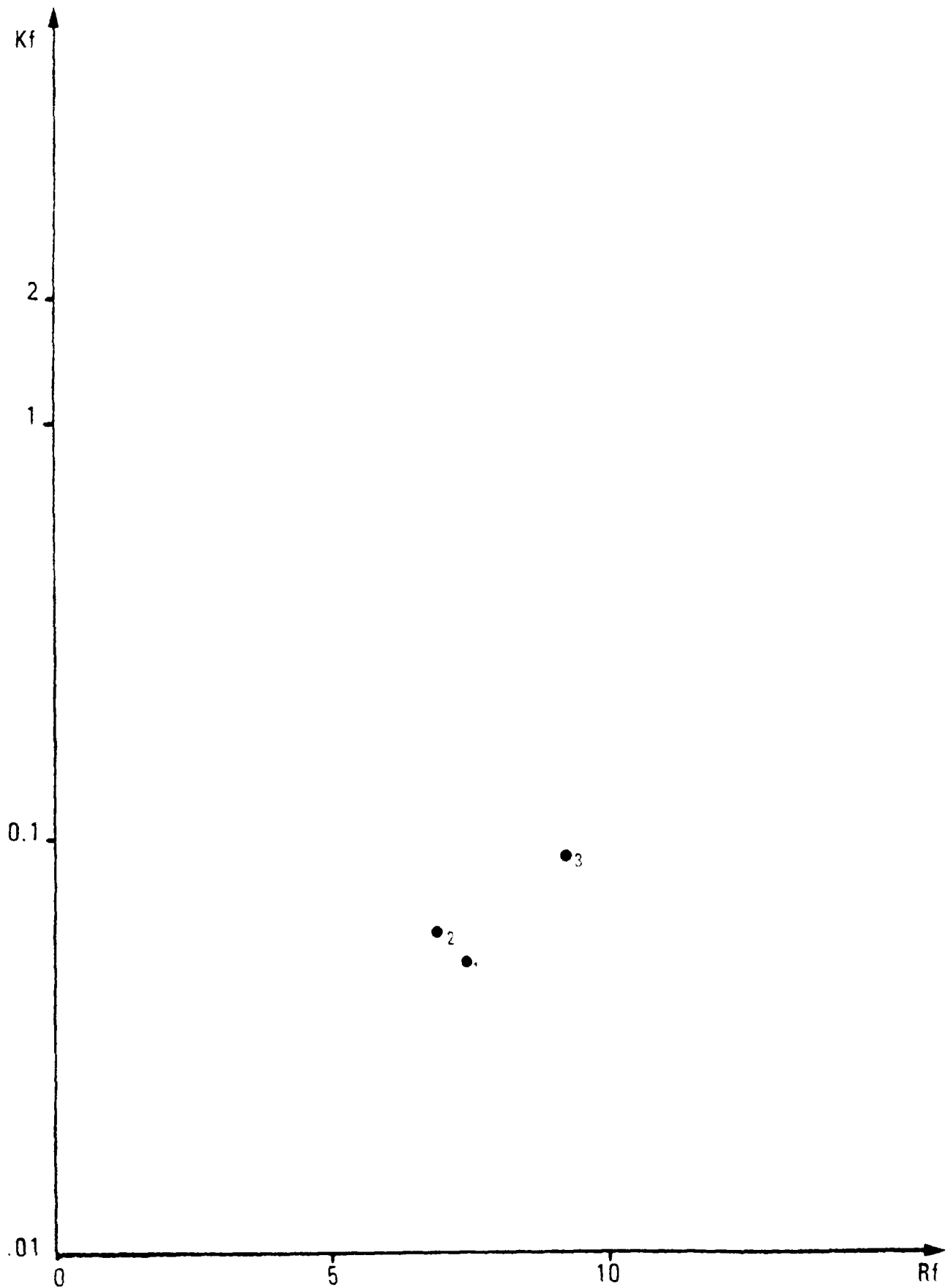


Fig. 3 : Indice de symétrie (K_f) de l'orientation préférentielle des micas (échelle semi-logarithmique) en fonction de l'indice d'intensité (r_f). Le paramètre r_f , généralement compris entre 6 et 10 dans la majorité des schistes ardoisiers, croît avec l'intensité de la schistosité; la valeur du paramètre K_f , généralement inférieure à 2,5, est d'autant plus faible que la schistosité est plane et bien définie. (Analyse par goniométrie de texture).