

Les Gisements Uranifères de la Presqu'île Guérandaise (Sud Bretagne); Approche Structurale et Metallogénique

M. Cathelineau

Centre de Recherches sur la Géologie de l'Uranium, Vandoeuvre, France

Les gisements et indices d'uranium de la presqu'île Guérandaise (Bretagne méridionale) sont, comme en Vendée, liés spatialement à un leucogranite à muscovite appartenant à l'ensemble important de granites localisés au voisinage des zones de cisaillement liées à la tectogenèse hercynienne. Les minéralisations consistent en un remplissage filonien, presque exclusivement de pechblende, avec phases sulfurées subordonnées. Les études structurales montrent que les minéralisations se sont développées dans un réseau ouvert de paraclases, qui résultent d'une phase tectonique bien définie: celle-ci consiste en des cisaillements senestres Est-Ouest régionaux, développant la fracturation préférentielle de certains niveaux métamorphiques: encaissant septentrional du granite ou enclaves métamorphiques. L'influence des facteurs mécaniques semble primordiale dans le dépôt de l'uranium.

The uranium occurrences of the Guérande peninsula (South Brittany) are, as in Vendée, located near a muscovite leucogranite. This one belongs to the numerous granites associated with the shearing zones developed by the Hercynian tectogenesis. The mineralisations consist in a pitchblende filling of veins, with subordinate sulphides. Structural studies show development of the ore in an open fault network. The structural network is a result of a well defined tectonic phase which gives regional senestral East-west shearings and develop preferential faulting in certain metamorphic series: northern surrounding rocks of the granite, or metamorphic enclaves. The influence of mechanic factors seem to be essential in the deposition of the uranium.

I. CADRE GEOLOGIQUE

La plupart des gisements et indices d'uranium de la presqu'île Guérandaise sont liés spatialement au leucogranite de Guérande. Ils forment un ensemble de gisements économiques de petite à moyenne importance, de quelques dizaines

de tonnes à plusieurs centaines, à teneurs élevées dues à l'existence de filons peu puissants à remplissage dominant en pechblende. Ces gisements sont cependant localisés pour la plupart dans des niveaux métamorphiques: encaissant septentrional du granite (Pénaran) ou enclaves intragranitiques (Métairie Neuve,

Kéroland, ...). Ces métamorphites peuvent être rattachées globalement à la grande superstructure micaschisteuse comprise entre le granite de Guérande et l'infrastructure migmatitique de l'anticlinal de St Nazaire au Sud et l'anticlinal de Cornouailles au Nord Est. Elles représentent les témoins les plus septentrionaux des domaines Ouest-Vendéens (Cogné, 1974).

a) Unités Métamorphiques: Superstructure Micaschisteuse et Enclaves Intra-Granitiques

L'ensemble des termes métamorphiques qui constituent l'encaissant des gisements d'uranium est rattachable à deux grandes unités lithostructurales, le groupe de Belle-Ile, et le groupe des schistes de l'Estuaire de la Vilaine, étudiés par Cogné (1965), Audren (1971) et Valois (1975).

Les séries lithologiques observées à Pénaran et à Métairie Neuve sont remarquablement voisines, mais sont affectées par un degré de métamorphisme différent:

- A Pénaran, des micaschistes quartzo-chloriteux, des porphyroïdes, des schistes et quartzites graphiteux constituent du Sud au Nord une série épizonale. Cette série est mise en contact tectoniquement avec le leucogranite de Guérande immédiatement au Sud, par l'intermédiaire de failles sub-Est-Ouest correspondant à l'effondrement en graben du granite au niveau de Piriac (Fig. 1, 2). Plus à l'Est cette même série est affectée par un métamorphisme thermique à staurotide-grenat (Valois, 1975) qui n'existe pas au niveau de Pénaran.

- A Métairie Neuve, micaschistes séricitiques, quartzites graphiteux et micaschistes à staurotide grenat, forment une

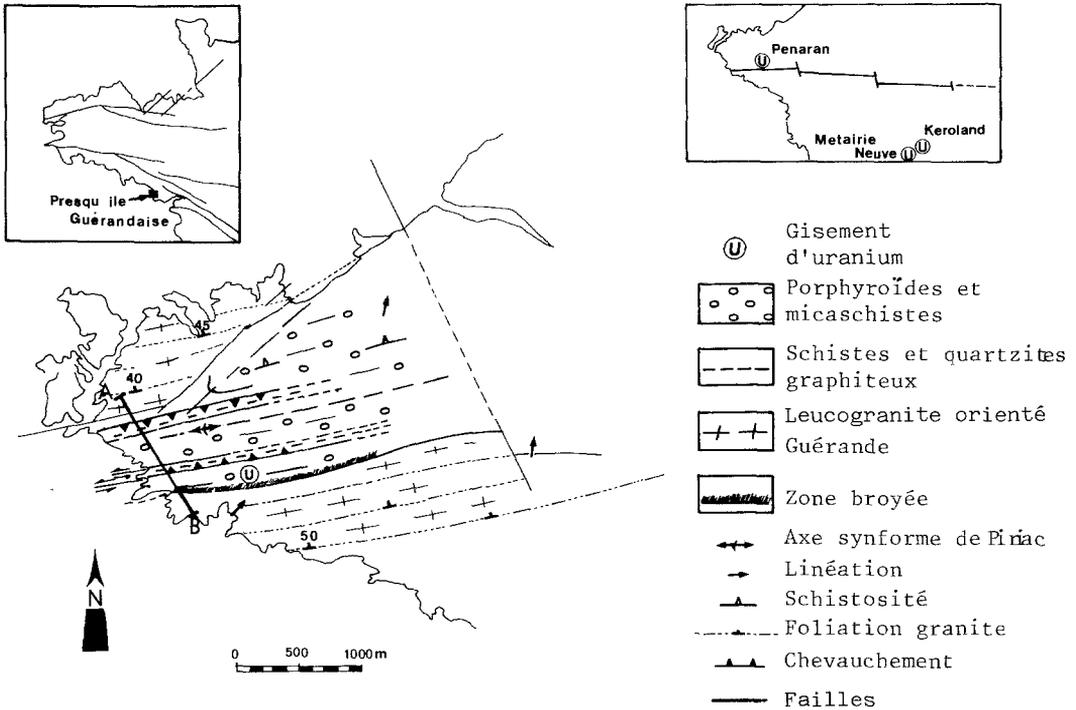


Fig. 1. Esquisse géologique et structurale de la partie septentrionale de la presqu'île Guérandaise

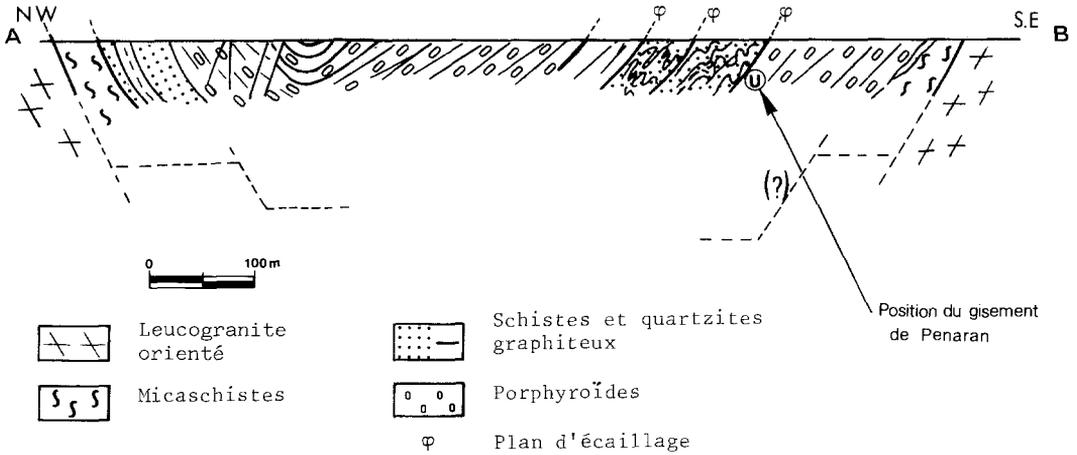


Fig. 2. Schéma simplifié de la synforme de Piriac

enclave intragranitique, d'orientation N 0-10 plongeant vers l'Est de 70° (Fig. 3). De nombreux arguments, fréquence élevée d'enclaves métamorphiques de grande dimension, faciès mésozonaux dans ces enclaves analogues à ceux développés dans l'auréole de métamorphisme de contact (NE de leucogranite), existence de faciès granitique de bordure, conduisent à considérer cette enclave comme située structurellement au toit du granite.

Quelques remarques peuvent être faites dès à présent:

- Les schistes et quartzites graphiteux constituent sur le plan chimique à l'intérieur d'une série relativement homogène un niveau très particulier du fait de leur caractère réduit. Cependant, il faut noter qu'à Pénaran, essentiellement schisteux, ils forment une unité d'une grande plasticité propice aux écaillages alors qu'à Métairie Neuve, plus quartzeux, ces faciès par ailleurs intensément microplassés (Sn + 2, Sn + 1 // Sn) sont très compétents.
- Les porphyroïdes, présents seulement à Pénaran, forment une série homogène, "blastomylonitique" d'origine encore mal connue (métaarkoses, métarhyolites ou volcanosédimentaire (?)), d'âge briovérien à ordovicien selon les auteurs,

analogue aux formations vendéennes de St Michel Chef Chef, Brétignolles (Ters, 1972), Mareuil (Talbert et Brillanceau, 1971), Chardon (Cathelineau, 1980). Ces faciès sont caractérisés par de nombreux yeux de quartz et de feldspath, qui déterminent une linéation de "rods". Au Chardon, on reconnaît, sans préjuger de la nature du matériel initial, une structuration par compression et cisaillement, liée à la mise en place du granite (Cathelineau, 1980). Il semble que l'on ait ici affaire au même phénomène (Chevalier, 1978). Les porphyroïdes constituent un matériel d'une grande compétence dont la linéation minérale remarquable favorise de plus un plan de fracturation. D'après Bouchez (comm. orale, 1980) il apparaît en effet que le plan perpendiculaire à l'axe d'allongement des minéraux soit une direction assez courante de fracturation.

b) Leucogranite de Guérande

Il se présente sous la forme d'une lame E-W passant à NE - SW, dans sa partie orientale, plongeant de 40° environ vers le Nord. Sa structuration serait due "à un écoulement magmatique à l'état visqueux" (Chevalier, 1978) auquel se surimpose dans la partie NW seulement des déformations plastiques plus tardives.

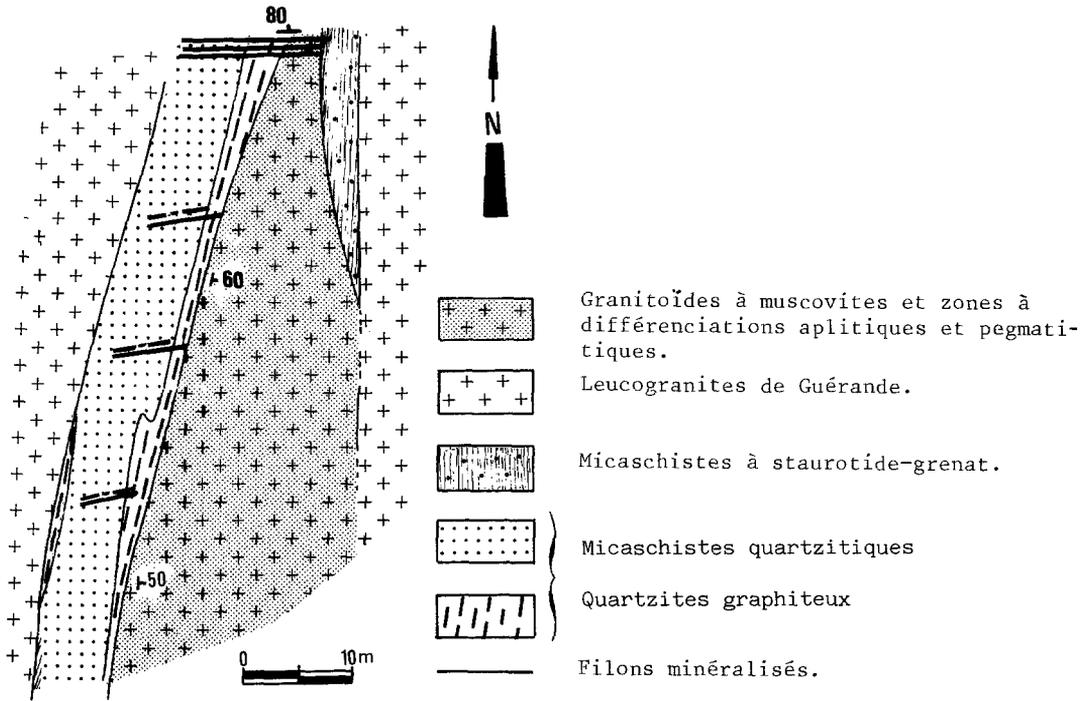


Fig. 3. Schéma de l'enclave de Métairie Neuve

L'examen des contacts montre que le leucogranite est nettement intrusif au Nord, avec développement d'un métamorphisme de contact à staurotide grenat (Valois, 1975) tandis qu'à l'Est et au Sud Est, il existerait des termes de passage entre le granite et les migmatites (Hassenforder, 1970).

Le leucogranite présente une zonalité chimique témoignant d'évolutions deutériques quartzo-albitiques (Jurain, Renard, 1971; Leloup et al., 1980). Il semblerait que muscovitisation, albitisation et chloritisation affectent de manière de plus en plus intense la lame, lorsqu'on se dirige du centre du massif vers les bordures Ouest et Nord Ouest.

c) Géochimie de l'Uranium

Les séries métamorphiques ont un fond géochimique peu élevé, et comparable pour l'ensemble des unités: la valeur

statistique moyenne a été estimée par Valois (1975) entre 3 et 3.5 ppm.

La teneur du leucogranite de Guérande oscille autour de 10 ppm. On observe cependant une corrélation inverse, comme dans d'autres granites à 2 micas (Ranchin, 1971; Renard, 1971), entre la teneur en uranium et l'intensité des phénomènes deutériques.

d) Contexte Structural des Gisements

Une brève synthèse des grands événements tectonométamorphiques est présentée Table 2, afin de mieux situer le cadre spatiotemporel des minéralisations uranifères.

- A Pénaran, les unités métamorphiques sont affectées par une tectonique d'écaillages complexe, étudiée sur le littoral par Audren et Cogné (1972). Pour ces auteurs, une série de failles sub-Est Ouest, redressées et parallèles font

Table 1. Caractéristiques physicochimiques des pechblendes de Pénaran

Référence	x (UO _{2+x})	a. o. (A)	Pouvoir réflecteur (%)	Analyse chimique (% poids)									
				UO _{2+x}	ThO ₂	PbO	MnO	CaO	MgO	FeO	SiO ₂	TiO ₂	Total
MC Pe 1	0.422 ± 0.002	5.419	13.6-14.9	84.52		3.86	0.00	7.53	0.00	0.00	0.99	0.00	96.90
Pe D 204	0.423 ± 0.004	5.416		83.70		4.88	0.04	7.19	0.02	0.01	1.50	0.00	97.34

Traces (ppm)										
Référence	Cu	Zn	Sr	Mo	Ni	As	Sb	Bi	Ag	V
D 200	340	1470	232	95	30	700	250	20	10	120

chevaucher les schistes quartzitiques et graphiteux sur les porphyroïdes. L'ensemble est affecté par une structuration en large synforme dissymétrique, d'axe sub-Est Ouest, postérieure aux écaillages, liée à l'effondrement en graben du leucogranite (Valois, 1975). Cet événement est à mettre en relation avec les phases de distension qui ont donné lieu à plusieurs effondrements régionaux considérés comme posthercyniens (Croisic, Grande Brière).

Le gisement, de l'ordre de quelques centaines de tonnes, est lié spatialement à l'une de ces failles chevauchantes. Les minéralisations filoniennes occupent une zone de 20 m de puissance qui suit sur 350 m le contact schistes - porphyroïdes; reconnus actuellement jusqu'au niveau -80 m, les filons sécants sur la foliation métamorphique, intraporphyroïdes, ne pénètrent pas dans les schistes graphiteux.

La morphologie du gisement de faible dimension de Métairie Neuve (quelques dizaines de tonnes), se résume à plusieurs axes filoniens s'étendant de quelques mètres à quelques dizaines de mètres. Leur puissance varie de quelques millimètres à quelques centimètres; ces filons, intramétamorphiques, sont sécants sur la schistosité, et traversent la quasi totalité des niveaux de l'enclave (granite - schistes - quartzites graphiteux), à l'opposé de Pénaran où seul les porphyroïdes sont minéralisés.

II. MINÉRALISATIONS

A Pénaran, les successions minéralogiques ont été divisées en 3 phases principales, d'importance très inégale. Seul l'épisode "quartz-pechblende" est réellement important, puisqu'il représente, à lui-seul plus de 90% en volume du remplissage filonien. A Métairie Neuve, il forme même la totalité de la minéralisation. L'absence de gangue semble être une des caractéristiques de ces gisements. Parallèlement, l'absence macroscopique d'altération aux épontes, tendance déjà fréquemment observée dans les gisements d'uranium hydrothermaux français, est ici particulièrement nette.

1. Successions Minérales

a) Phase 1: Quartz-Pechblende

Il débute généralement par un peigne de quartz (Q1) de taille souvent réduite (0.5 mm à 5 mm maximum) Ce quartz se développe soit directement sur l'éponte (porphyroïde hématisé), soit sur une brèche siliceuse (silice blanche) peu puissante. Il est souvent décollé de l'éponte et recimenté par des venues ultérieures (quartz à marcasite) provoquant ainsi des séquences apparemment anormales.

La pechblende se développe directement sur le peigne de quartz, provoquant

Table 2. Principaux évènements tectonométamorphiques de la presqu'île Guérandaise

Grands évènements tectonométamorphiques définis dans la partie N de la presqu'île Guérandaise.		Evènements observés à Pénaran et Métairie Neuve
<u>Cycle antehercynien</u> cadomien, calédonien ou éodévonien?		
I - Plis isoclinaux à charnière aplatie (?) Métamorphisme mésozonal	NS	
II - Plis isoclinaux couchés à charnière arrondie Structuration des porphyroïdes genèse par pli fracture (lié à I ou II ?) ou à la mise en place du granite (III) ?	EW à NW-SE	Plis couramment observés à Métairie Neuve dans les niveaux compétents
<u>Cycle hercynien</u>		
III - Métamorphisme mésozonal (?) intrusion du leucogranite Zones ductiles	N120-130 N55-60 EW	Métamorphisme à St. grenat observé dans les micaschistes de Métairie Neuve
<u>Evènements hercyniens tardifs à posthercyniens</u>		
* Evènements hydrothermaux s.l. (aplites - pegmatites)	N50 N145-160	
* Ecaillages - Chevauchements Effondrements régionaux	(plats) N135 N140	- à Pénaran : faille de chevauchement (orientation actuelle : N70 50°N à N110)
* Structuration en synforme (graben de Piriac)	N90	Plis d'entraînement dans les quartzites orientation des porphyroïdes N90-100 50°N
* Cisaillementssub Est Ouest senestres	N70 à N110	- Mise en place de l'uranium dans les zones de cisaillements N110 et fentes de tension N70.
* Fracturation tardive Isostatique du graben de Piriac	N20-30 N150-160 à NS	- Remaniements des minéralisations primaires
* Rejeux tertiaires	N40 N 0 N80	Remaniements supergènes

une corrosion des terminaisons de prismes:

- d'abord sous forme sphérolitique, soulignée par les fractures courbes de synérèse (pechblende 1);
- puis sous forme prismatique avec clivages sub-orthogonaux à l'éponte provoquant un débit en crayons (pechblende 2). Cette forme prismatique est postérieure aux sphérolites, en raison de sa position axiale, mais ne résulte pas d'une transformation du faciès 1.

Très localement, entre le quartz et la pechblende 1 un minéral d'habitus prismatique s'est développé, mais a été par la suite entièrement épigénisé par la pyrite et la pechblende 1. Aucune relique n'a permis de l'identifier. Galène et pyrite, en faibles quantités accompagnent le dépôt de la pechblende 1. Dans de nombreux filons, la succession minéralogique s'arrête avec le dépôt de la pechblende 2.

b) Phase 2: Sulfures

Plusieurs phases sulfurées constituent localement le remplissage axial des filons provoquant de légères bréchifications des successions antérieures. On remarque également une évolution de cette paragenèse sulfurée au cours de son dépôt: à une association pyrite (arsénopyrite), bravoïtes, succède une association à chalcopyrite - galène - bornite - covellite - blende.

Enfin, une phase à pyrite-chalcopyrite tardive bréchifie les premières séquences, et colmate certains axes filoniens.

c) Phase 3: Remaniements

Deux types de remaniements affectent les minéralisations primaires:

- Des produits noirs pulvérulents (oxydes d'uranium IV) associés à des sulfures complexes (en fins dépôts) et à de la melnicovite. Dans les fractures tardives,

seuls sont présents ces produits noirs à l'exclusion de toute minéralisation primaire.

- Dans la zone d'oxydation actuelle, des minéraux secondaires d'uranium hexavalent (phosphates, sulfates, ...) ont précipité dans quelques fractures à goethite et oxydes de manganèse. Il est à remarquer que ces remaniements n'affectent qu'une partie extrêmement réduite des minéralisations.

2. Les Oxydes d'Uranium

Les oxydes d'uranium se présentent sous plusieurs faciès très distincts:

a) un faciès sphérolitique ("type pechblende") pouvant atteindre ici des dimensions exceptionnelles (quelques mm à 1 dm);

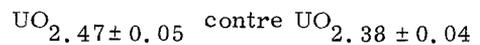
b) un faciès prismatique: des mesures cristallographiques ont permis d'identifier des faces du cube, de l'octaèdre, et du dodécaèdre ((100), (111), (110), (211)), formes cristallographiques habituelles de l'uraninite (Frondel, 1958) (Fig. 5);

c) un faciès cône, très souvent fibroradié, très finement à Métairie Neuve, plus irrégulièrement à Pénaran.

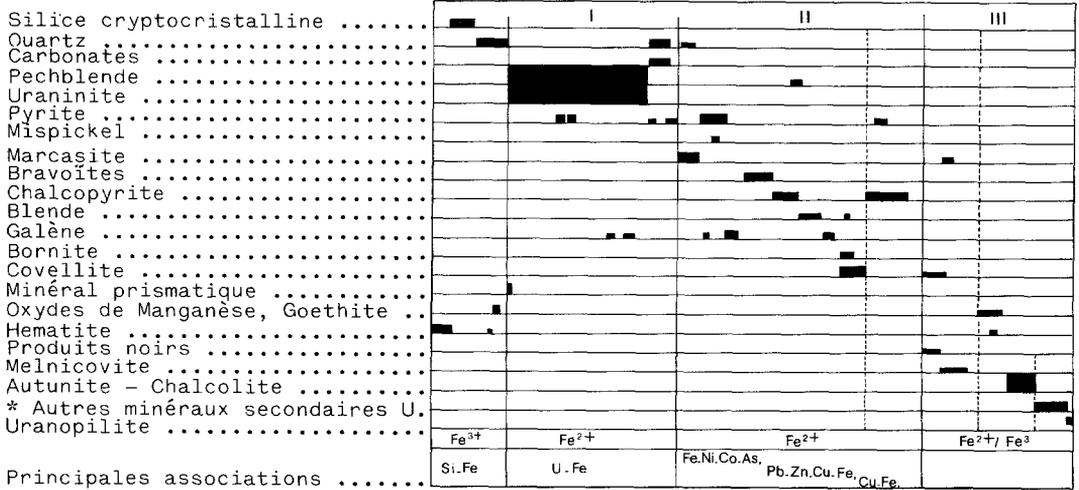
Il existe également des faciès mixtes des trois types a-b-c.

Les caractéristiques chimiques et cristallographiques de ces oxydes d'uranium ont déjà fait l'objet de publications détaillées (Cathelineau, 1979; Cathelineau et al., 1979). Rappelons seulement:

- les "pechblendes" et "uraninites" de Guérande présentent un rapport O/U élevé, les uraninites étant légèrement plus oxydées que les pechblendes:



- ces oxydes sont dépourvus de thorium, mais par contre riches en calcium, ce qui paraît être par ailleurs une caractéristique régionale (pechblendes de Vendée et Sud Bretagne) (Table 1).



* Renardite - Johannite
Phosphuranylite - Saleïte

Fig. 4. Successions minérales à Pénaran

Il semble dès à présent, que les oxydes d'uranium de Pénaran constituent un excellent exemple de "terme de passage" entre faciès pechblende et faciès

uraninite, variétés souvent considérées au vu du seul aspect macro- et microscopique, comme représentatives de conditions de genèse différentes.

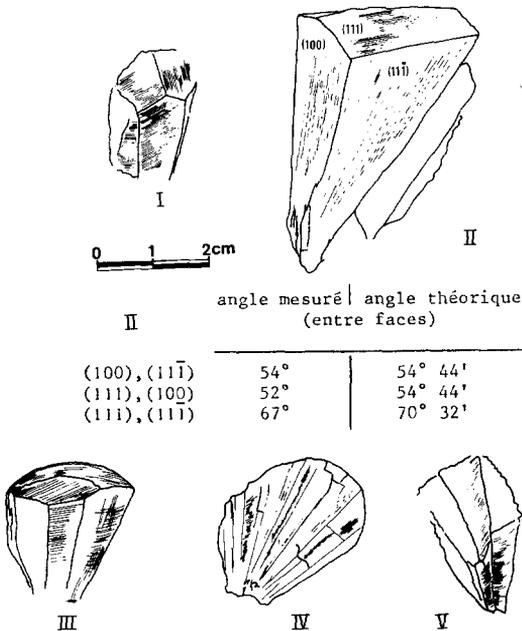


Fig. 5. Oxydes d'uranium: principaux faciès

III. RELATIONS MINERALISATIONS-FRACTURATION, DANS LE GISEMENT DE PENARAN

Nous rappellerons brièvement les caractéristiques géométriques du gisement de Penaran:

- les minéralisations sont intraporphyroïdes immédiatement au Sud du contact chevauchant schistes-porphyroïdes et ne pénètrent pas dans les schistes graphiteux;
- les porphyroïdes présentent une schistosité nette, orientée globalement N90 - N100 avec un plongement de 45 à 60° vers le Nord, régie par le pli en synforme. La linéation est N 0-10 et plonge de 40-50° vers le N;
- le plan de chevauchement des quartzites est parallèle à la foliation (Fig. 8, stéréogramme A) et a une composante horizontale senestre.

1. Orientation des Principaux Systèmes de Fracturation

On peut définir plusieurs familles de fractures regroupées en systèmes réguliers, que l'on retrouve de manière constante à l'échelle du gisement.

a) Paraclases Obliques

Dans la partie Ouest du gisement les deux familles principales de fracturation sont des paraclases N110 à plongement 70 à 85° vers le Sud Ouest et N70 à plongement 60 à 75° vers le Sud, plurimétriques et se redressant en profondeur. Dans la partie centrale, l'ensemble des structures s'incurvent (rotation d'environ 20°); deux familles, semblables aux précédentes prennent donc le relais, et sont orientées respectivement N 80-90 et N50. (Fig. 8, stéréogramme C)

Les failles N110 ont une composante horizontale senestre nette. Les fractures N70 présentent quelques indices de mouvements senestres, mais il peut s'agir de mouvements tardifs.

b) Paraclases Est-Ouest

Les plans de schistosité sont débités par des paraclases métriques à plurimétriques qui peuvent être considérées comme des répliques des failles chevau-chantes Est-Ouest à plongement Nord. On observe également une famille de même orientation mais subperpendiculaire à la précédente (N90, 60-80 S).

c) Autres Familles

Il s'agit de diaclases et de paraclases subverticales dont la postériorité aux familles précédentes est nette. Elles sont subverticales, et ont pour orientation N 0-10, N 20-30, N50 et N160.

2. Relations Géométriques entre les Minéralisations et les Différentes Familles de Fracturation

La géométrie des grandes structures minéralisées, peut se résumer dans la partie Ouest, à une zone de cisaillement senestre, orientée N 110- N 115, 70 - 90 S. Elle se traduit par deux types de fractures, toutes deux minéralisées,

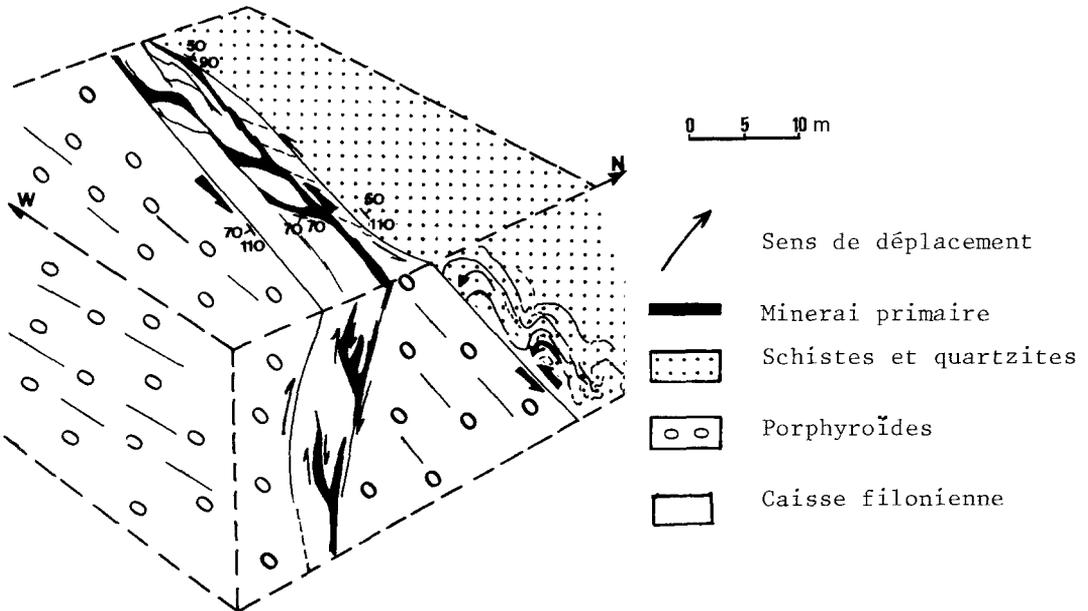


Fig. 6. Bloc diagramme représentant les minéralisations de la zone ouest du gisement de Pénaran

faisant un angle de 40-50° environ entre elles, N70, 70S et N110-120, 70S. (Fig. 8, stéréogramme B)

Ces grandes structures minéralisées sont liées spatialement au contact chevauchant majeur, N90-110, 50°N mais lui sont subperpendiculaires. Les relations géométriques entre ces 2 zones de cisaillement semblent donc écarter à priori une quelconque relation génétique.

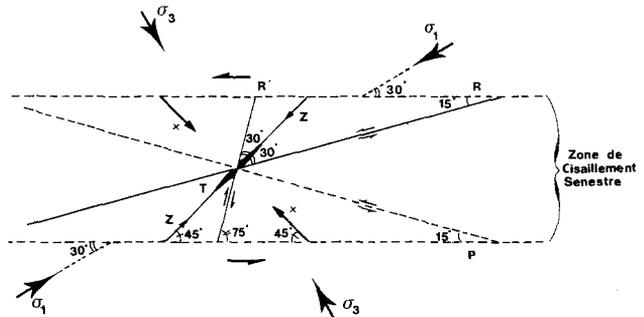
- Lentilles de cisaillement:

Les minéralisations résultent d'une phase unique. Elles dessinent dans la

partie Ouest des corps losangiques délimités par les deux types majeurs de fractures. Elles empruntent successivement les fractures N110 "en passant" de l'une à l'autre par l'intermédiaire des paraclases N70. On observe généralement un enrichissement à chaque incurvation, témoignant de l'existence d'une composante d'ouverture.

Les corps losangiques ont évolué en lentilles de cisaillement, l'aspect effilé étant provoqué par l'apparition de fractures N90 (Fig. 7, schéma A).

Z : axe de raccourcissement maximal
 X : axe d'allongement maximal
 RR' : système conjugué de RIEDEL
 T : fissure d'extension
 P : système symétrique de R.



Relations entre les différentes fractures d'une zone de cisaillement d'après VIALON et al. (1976)

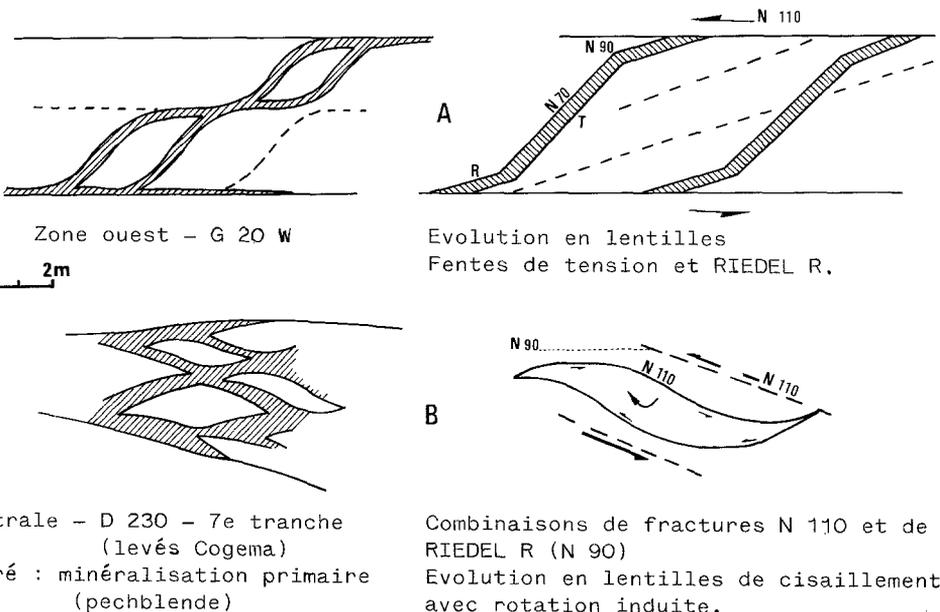


Fig. 7. Modèle de genèse des lentilles de cisaillement

Dans la partie centrale du gisement, les lentilles sont formées à partir de fractures N90 et N110. Les formes observées sont alors typiques de mouvements rotationnels induits (Fig. 7, schéma B).

- L'angle de 40-50° entre les 2 systèmes de fracturation principaux, l'enrichissement des minéralisations à chaque incurvation N70, l'existence d'une grande zone de cisaillement N110, conduisent à considérer les fractures N70 comme des fentes de tension. L'existence de cisaillement de Riedel R. (N90) modifie la forme des corps losangiques de départ, et permet d'expliquer les morphologies très particulières des lentilles de cisaillement.

Le raisonnement tenu précédemment s'applique dans les autres zones également, mais avec une rotation d'environ 20°. L'ensemble de petites lentilles minéralisées, dans la zone Est du gisement, faisant toutes un angle 40-50° avec le contact, pourrait également s'interpréter comme des fentes de tension (Fig. 8, stéréo-D).

La direction N90-110 constitue une direction privilégiée de fracturation et peut expliquer le caractère très bien minéralisé des fractures N110, subperpendiculaires à la direction d'allongement des minéraux.

CONCLUSIONS

L'étude de ces deux gisements permet d'établir les faits suivants:

1 - Les minéralisations consistent en un remplissage presque exclusif en pechblende. Celle-ci s'est développée dans un réseau bien ouvert de diaclases, sans interaction notable avec l'encaissant.

L'absence de toute gangue, et l'association locale avec des phases tardives caractérisées par les associations Fe-As (Ni-Co) puis Pb-Zn-Cu-Fe, tendent à démarquer assez nettement les gisements

guérandais, des gîtes de type "silico carbonaté" (Chardon (Vendée), Erzgebirge) ou "silico fluoré" (Ecarpière (Vendée), Bauzot (Morvan)).

2 - Il y a lieu de se demander quel rôle peuvent jouer les différences chimiques existant entre les différents termes des séries métamorphiques, en particulier l'existence de zones à caractère réducteur dû à la présence de matériel carboné.

Cependant aucun fait ne permet actuellement de démontrer un rôle chimique de l'encaissant:

- à Pénaran, le niveau graphiteux est un niveau plastique dans lequel il n'y a pas d'ouverture et pas de minéralisation,

- à Métairie Neuve, les filons recourent indistinctement et sans modifications de minéralogie, de puissance, les différents termes graphiteux ou non graphiteux.

3 - L'ensemble des observations permet de montrer une influence considérable des facteurs mécaniques dans le dépôt de l'uranium.

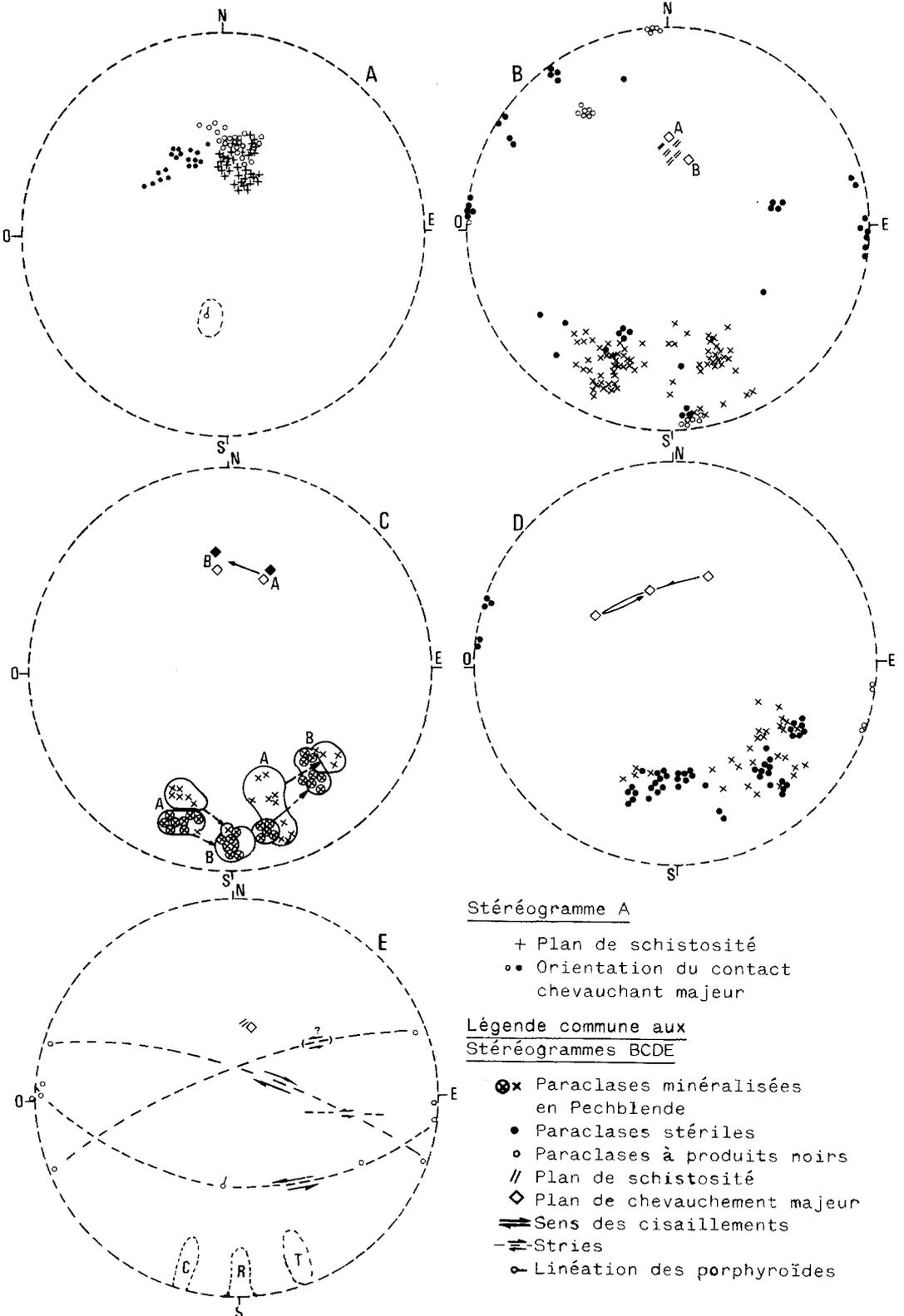
a) Les minéralisations ne se sont mises en place que dans les milieux compétents (porphyroïdes à Pénaran, quartzites à Métairie Neuve), fracturés et ouverts.

b) L'importance des niveaux à comportement plastique est particulièrement remarquable.

- les matériaux compétents diaclasés sont ouverts non dans leur masse (zones en compression) mais sur leur bordure, au contact avec des milieux suffisamment plastiques pour résorber les contraintes, (micaschistes à Métairie Neuve, schistes graphiteux à Pénaran);

- les matériaux plastiques constituent de plus un écran mécanique en raison de leur absence de fracturation.

Remerciements. Nous tenons à remercier très vivement les géologues et les prospecteurs de la division de Vendée (Cogema), en particulier Mm. Dumas,



Stereogramme A

- + Plan de schistosité
- Orientation du contact chevauchant majeur

Légende commune aux Stereogrammes BCDE

- ⊗ x Paraclases minéralisées en Pechblende
- Paraclases stériles
- Paraclases à produits noirs
- // Plan de schistosité
- ◇ Plan de chevauchement majeur
- ⇌ Sens des cisaillements
- ⇌ Stries
- ◊ Linéation des porphyroïdes

Fig. 8 A-E. Stéréogrammes synthétiques. A Plan de chevauchement des schistes sur les porphyroïdes et plans de schistosité des porphyroïdes. + plan de schistosité (Po); o contact chevauchant; ● points représentatifs des incurvations du contact majeur. B Paraclases minéralisées ou non des galeries ouest (G 20 W): zone de cisaillement N 110. C Incurvation de l'ensemble des structures minéralisées dans la partie centrale, d'ouest (A) en est (B). (Galeries D 204 à 2 niveaux: 6e tranche ●, ◆ 7e tranche x, ◇. D Zone Est du gisement. E Stéréogramme synthétique établi sur l'exemple de la zone ouest. C - Zone principale de cisaillement; R - Cisaillement de Riedel R; T - Fentes de tension

Leblanc, Valero, et Drouet, pour la compréhension et l'aide qu'ils nous ont apportées lors des échantillonnages. De nombreuses et fructueuses discussions ont eu lieu à Nancy, avec Mm. J. Ma-caudière et J. Leroy.

REFERENCES

- Audren Cl (1971) Etude pétrographique et structurale des schistes cristallins de l'Estuaire de la Vilaine, Thèse spéc. Rennes
- Audren Cl, Cogné J (1972) Tectonique tangentielle et écaillages hercyniens dans les schistes cristallins de l'Estuaire de la Vilaine (Bretagne Méridionale) - C. R. Acad. Sc. Paris, t. 274, D, pp. 1629-1632
- Cathelineau M (1979) Deux exemples de minéralisations intramétamorphiques: les gisements du Chardon et de Péna-ran - COGEMA, Vendée - DEA Univ. Orléans, 55 p
- Cathelineau M, Cuney M, Leroy J, Lhote F, Nguyen Trung C, Pagel M, Poty B (1979) Caractères minéralogiques des pechblendes de la province hercynienne d'Europe. Comparaison avec les oxydes d'uranium du Protéro-zoïque de différents gisements d'Amérique du Nord, d'Afrique et d'Australie (à paraître dans un volume de l'AIEA, Vienne)
- Cathelineau M (1979) Caractérisations pétrographique, géochimique et structurale de l'encaissant granitique et métamorphique de la mine d'uranium du Chardon (COGEMA, Vendée) Bull. BRGM Section II, n° 4, pp 291-300
- Chevalier F (1978) Contribution à l'étude structurale du massif de Guérande et de son encaissant Nord - DEA Univ. Nantes
- Cogné J (1965) Feuille de Quiberon - Belle Ile (1/80 000), n° 103, notice explicative, 16 pages, Serv. carte géol. Fr
- Cogné J (1974) Le massif armoricain in "Géologie de la France" J. Debel-mas, Doin éd
- Fron-del Cl (1958) Systematic mineralogy of uranium and thorium, USGS, Bull. 1064, Washington
- Hassenforder B (1970) Etude pétro-graphique et structurale des forma-tions cristallines et crystallophyl-liennes de la Basse Loire (feuille de St Nazaire au 1/50 000) Thèse 3e cycle Strasbourg, 69 pages
- Jurain G, Renard J P (1971) Rapport sur l'état d'avancement des travaux sur les massifs de Vigneux, Orvault et de Guérande, (CRR Nancy)
- Leloup C, de La Roche H, Stussi J M (1980) Les leucogranites du Massif de Guérande, Approche typologique (en préparation)
- Ranchin G (1971) La géochimie de l'ura-nium et la différenciation granitique dans la province uranifère du Nord Limousin Sci. de la Terre, Mém., Fr., 19, 394 p
- Renard J P (1971) Etude pétrographique et géochimique des granites du district uranifère de Vendée, Liaisons entre l'évolution minéralogique et le com-portement de l'uranium, Conséquences pour la prospection, Thèse Nancy Sci. de la Terre, Mém., Fr., 30, 214 p

- Talbert J C, Brillanceau A (1971) Présence de briovérien à porphyroïdes dans le massif de Mareuil sur Lay (Vendée); ses relations avec les rhyolites (Paléozoïque) C. R. Acad. Sci. Paris, t. 272, série D, pp. 909-912
- Ters M (1972) Feuille de Palluau, Ile d'Yeu (1/80 000) n° 129, notice explicative 60 p. serv. carte géol., Fr
- Valois J P (1975) Les formations métamorphiques de Pénaran (Presqu'île de Guérande, Loire Atlantique) et leur minéralisation uranifère, Thèse 3e cycle, Nancy, 136 p
- Vialon P, Ruhland M, Grolier J (1976) Eléments de tectonique analytique ed. Masson
- Received November 19, 1980
- M. Cathelineau
Centre de Recherches sur la Géologie de l'Uranium, BP 23
F-54500 Vandoeuvre
France