

L'ANOMALIE RADIOACTIVE DE DAVERDISSE ET LES MINERAUX URANIFERES ASSOCIES ¹

par

L. DEJONGHE ², J.M. CHARLET ³ & C. DUPUIS ³

(1 figure, 5 tableaux, et 4 planches)

RESUME.- Dans le cadre d'une prospection générale pour uranium des formations paléozoïques de Belgique, une prospection radiométrique autoportée à large maille a été réalisée. Elle a permis la découverte d'une zone radioactive à Daverdisse, le long d'un des nombreux itinéraires parcourus. Un levé radiométrique de détail a ensuite conduit à localiser une aire fortement anomalique qui a fait l'objet d'une fouille. L'étude minéralogique des échantillons recueillis montre la présence de minéraux uranifères secondaires. L'uranium a très probablement une origine distale. Sa précipitation résulte de la conjonction, à la faveur d'une faille transversale, d'une zone à perméabilité de fracture et d'un écran imperméable ménagé par le décalage le long de la faille d'un niveau plus schisteux.

ABSTRACT.- As part of a general reconnaissance survey for uranium in the Belgian Palaeozoic, a carbone radiometric prospection on widely separated traverses has been undertaken. It has led to the discovery of a radioactive zone, at Daverdisse, along one of the large number of profiles measured. A subsequent, more detailed radiometric survey located an area of strong anomaly. A trench dug in the area provided samples for laboratory analysis which showed the presence of secondary uraniferous minerals. The uranium is probably of distal origin. Its precipitation is apparently due to the presence of a permeable fracture zone along a minor transcurrent fault, in combination with an impermeable shale wall on the other side of the fault.

I.- INTRODUCTION

La découverte et l'étude de l'anomalie de Daverdisse suit une méthodologie assez classique en exploration des gîtes uranifères. Une prospection radiométrique autoportée à large maille (1) a permis de découvrir une zone fortement radioactive le long d'un des nombreux itinéraires parcourus (10000 km d'itinéraires sur toute l'Ardenne).

Un levé radiométrique de détail a ensuite conduit à localiser une aire limitée fortement anomalique autour de laquelle le Service géologique a entrepris d'effectuer une fouille. Un levé géologique de détail et un plan compteur à la maille de 1 m à 0.5 m ont été effectués en vue de préciser l'allure de l'anomalie, son auréole de dispersion et son contexte stratigraphique et structural. Les échantillons recueillis au cours de la fouille ont fait l'objet d'une étude en laboratoire par les méthodes radiométriques (spectrométrie gamma, autoradiographie, . . .), par microscopie en transmission et réflexion et à une échelle plus fine avec la sonde électronique.

II.- CONTEXTE GEOLOGIQUE LOCAL

L'indice est situé dans la vallée de la Lesse, le long de la route partant du village de Daverdisse vers le lieu-dit "Gare de Redu", entre les bornes K3 et K4, à peu de distance à l'E de la ferme de Mohimont (coordonnées Lambert, réseau géodésique de 1951 : X = 204.75 ; Y = 81.20).

1 *Manuscrit reçu et communication présentée le 4 mai 1982.*

2 *Service géologique de Belgique, 13 rue Jenner, 1040 Bruxelles.*

3 *Faculté polytechnique de Mons, 9, rue de Houdain - 7000 Mons.*

(1) *Le mérite de cette découverte revient à une équipe de prospecteurs de la Faculté polytechnique de Mons, dirigée par le Prof. J.M. Charlet, agissant en qualité de sous-contractant pour le compte du Service géologique de Belgique, dans le cadre d'une prospection générale pour uranium des formations paléozoïques de Belgique. Cette prospection a été financée par la Commission des Communautés européennes (55 0/0) et le Service géologique de Belgique - Ministère des Affaires économiques (45 0/0). (Charlet et al., 1982).*

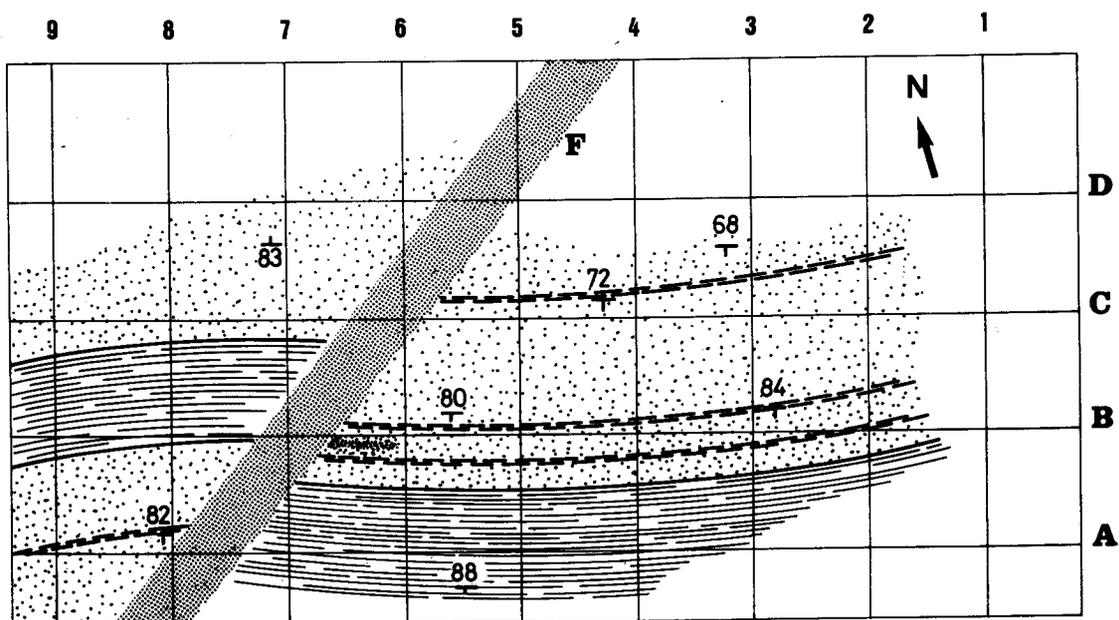


Figure 1a

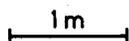
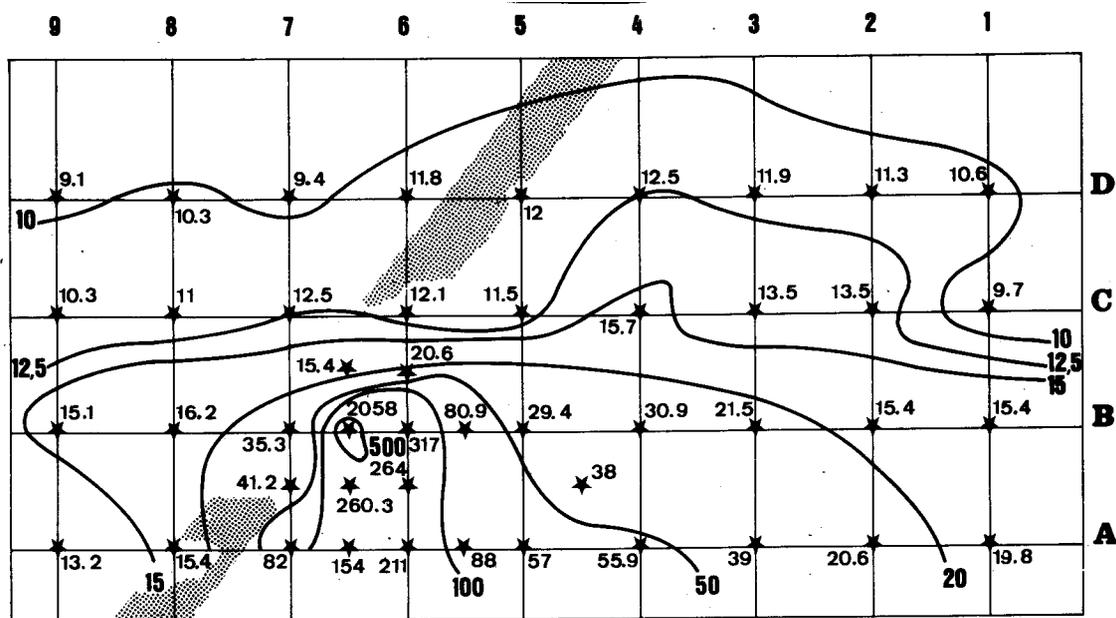


Figure 1b

20 en Ur

Figure 1

Esquisse géologique et plan compteur de l'indice de Daverdisse.

1a : Esquisse géologique. Schistes (1), quartzites avec délits schisteux (2), zone altérée (3), zone broyée (4)

1b : Plan compteur. Valeurs en unités de radioactivité standardisée (Ur).

Cette région de la Haute Lesse est entièrement située sur les formations plissées et faillées du Dévonien inférieur. Plus précisément, à l'endroit de l'anomalie, ce sont les phyllades, quartzophyllades, grès argileux et quartzites de la formation de St. Hubert qui affleurent selon une direction sensiblement ENE-WSW. Cette formation a été rapportée par Gosselet (1888) au Gedinnien supérieur. Néanmoins, Schmidt (1959), se basant sur la présence de *Pteraspis (Cymripteraspis) leachi*, la localise à la base du Siegenien. L'affleurement se situe à environ 800 m au S de la faille de Vencimont décrite par Asselberghs (1946).

L'anomalie coïncide avec une bande fracturée liée à une faille transversale N25°E dont le rejet apparent est de quelques mètres (fig. 1a). La présence de cette faille est confirmée par des levés inédits de G. Vandeven (communication personnelle) mais ne se marque pas dans les profils de résistivités établis par la Compagnie générale de Géophysique en 1971, dans le cadre d'une étude préliminaire pour l'implantation d'un barrage sur la Lesse. La fracturation s'observe bien à l'endroit de l'anomalie en raison de la nature lithologique du Dévonien inférieur (gros bancs de grès argileux et quartzite interstratifiés dans des phyllades).

III.- ETUDES RADIOMETRIQUES

La prospection autoportée a été réalisée à l'aide d'un détecteur NaI(TL) de 1853 cm³ (6" x 4") et d'un spectromètre à 4 voies : "comptage global" avec un seuil énergétique fixé à 1 Mev ; fenêtres énergétiques centrées sur les émetteurs K40, Bi214 (l'un des descendants de l'U238) et TL208 (l'un des descendants du Th232). Les taux de comptage ont été convertis par calcul en concentrations de radioéléments et en unité de radioactivité Ur (2) pour le comptage global. Une compilation générale des enregistrements par voie autoportée donne pour le Dévonien inférieur de la Haute Ardenne les valeurs moyennes reprises au tableau 1. Elles montrent que Daverdisse correspond à une forte anomalie uranifère, les teneurs en potassium et en thorium restant quant à elles pratiquement normales. Compte tenu du rayon d'investigation (3) calculé en fonction de la position géométrique du détecteur et des conditions physiques (densité de l'air. . .) les valeurs obtenues au tableau 1 pourraient être interprétées comme liées à une source limitée dans l'espace mais à forte concentration ou plus dispersée et à concentration plus faible. Un levé radiométrique au sol a permis de localiser avec précision la zone anormale. Un plan

compteur réalisé sur affleurement décapé est donné à la figure 1b. Les courbes d'isovaleurs Ur montrent une forte anomalie très localisée. Celle-ci étant démontrée comme essentiellement uranifère par le levé spectrométrique autoporté, le plan compteur de la figure 1b permet d'évaluer à quelques 0.2 ‰ (2000 Ur) les teneurs en eU de la zone ponctuelle la plus active (4). Lorsqu'on s'éloigne du point B 6-7 les taux de comptage diminuent rapidement. L'auréole de dispersion de l'uranium paraît s'allonger parallèlement à la faille, elle est nettement marquée au niveau des schistes gréseux (profils A-B, allure des courbes 20-50 et 100 Ur), elle s'atténue dans les quartzites (profils C et D, allure des courbes entre les points 3 et 5). Enfin l'influence de la lithologie se marque par un gradient général de la radioactivité, les valeurs les plus faibles étant situées dans les grès (< à 12.5 Ur), les valeurs les plus élevées dans les schistes ou les schistes gréseux (> à 15 Ur).

En vue d'appuyer ces constatations le dosage des radioéléments a été effectué en laboratoire par spectrométrie gamma (tableau 2). Des échantillons ont été prélevés dans la vallée de la Haute Lesse en dehors de la zone anormale dans les faciès quartzitiques (1 Dv), schisteux (24 Dv) et schistogréseux (15 Dv et 3 Dv) de la zone de passage Gedinnien - Siegenien. Par rapport à la distribution des radioéléments dans ces faciès de la région de Daverdisse les échantillons D 4-5, A 5-6 et AB 6 du plan présentent un caractère anormale se traduisant notamment par une augmentation des teneurs en uranium pour des échantillons à lithologie comparable (valeurs comparables en thorium et en potassium). Un essai d'autoradiographie à l'aide des films Kodak LR 115 sensibles aux particules alpha montre que les zones à radioactivité élevée se localisent dans des roches fortement altérées et surtout dans certaines parties riches en limonite (Pl. I). L'étude radiométrique à ces diverses échelles permet donc de conclure :

- que l'anomalie radiométrique de Daverdisse est essentiellement liée à l'uranium ;

(2) taux de comptage obtenu par une source homogène et infinie contenant un ppm d'uranium en équilibre radioactif.

(3) 50 ‰ du rayonnement vient d'une surface d'investigation de 2 m de rayon,
90 ‰ d'une surface de 15 m de rayon.

(4) On comprend donc que les teneurs calculées à partir des enregistrements autoportés ne soient que de quelques 100 ppm en eU, la zone d'influence du détecteur estimée à plusieurs 100 m² débordant largement la forte anomalie ponctuelle.

Tableau 1.- Conversion de quelques résultats de la prospection autoportée en teneur et unités standardisées

	eU (ppm)	Th (ppm)	K ₂ O (%)	"Total count" (Ur)
Siegenien	3.40	12	3.42	25.23
∇	1.1	2.4	0.59	3.33
Daverdisse	117.4	17.6	2.72	123.5

Tableau 2.- Teneur en radioéléments de quelques échantillons déterminés en laboratoire par spectrométrie gamma

	eU (ppm)	Th (ppm)	K ₂ O (%)	Faciès
1Dv	1.71	2.46	0.13	quartzite
15 Dv	3.46	5.52	0.63	gréso-schisteux
3 Dv	3.93	5.77	0.77	gréso-schisteux
D4-5	5.98	6.07	0.71	gréso-schisteux
24 Dv	3.41	12.1	2.95	schisteux ou schisto-gréseux
B8	3.87	9.66	1.69	schisteux ou schisto-gréseux
A5-6	5.37	10.32	1.80	schisteux ou schisto-gréseux
AB-6	25.02	10.28	2.11	schisteux ou schisto-gréseux

- qu'elle est forte mais très ponctuelle (5). Les concentrations élevées atteignent très localement plusieurs 0.1 ‰ en eU. A l'échelle de l'échantillon l'uranium est préférentiellement localisée dans les parties altérées et oxydées de la roche.
- que l'auréole de "dispersion" autour de l'anomalie, peu étendue, s'allonge le long d'un accident N 25° dans le compartiment E.
- que l'anomalie se développe à l'interface entre un encaissant gréseux et un encaissant plus schisteux.

IV.- OBSERVATIONS MICROSCOPIQUES

Dix lames minces polies et six sections polies ont été confectionnées sur des échantillons choisis sur le terrain pour leur radioactivité élevée. Ceux-ci sont lardés de veinules de quartz, elles-mêmes recoupées par des fractures plus ou moins colmatées par des produits limoniteux.

D'autre part, un essai de concentration a été réalisé en deux stades : liqueur dense et séparateur magnétique. Le plongeant a été classé en six lots numérotés de 1 à 6 sur base des susceptibilités magnétiques croissantes. Un de ces lots (le concentré n° 5) présente une radioactivité plus élevée que les autres. Des prélèvements de chacun de ces lots ont été enrobés et montés en sections polies.

Au total, c'est donc douze sections polies qui ont été préparées.

Dans la roche, à côté des constituants majeurs (quartz, feldspath, chlorite, muscovite) le microscope a permis l'identification des minéraux suivants, titanite, rutile, leucoxène, zircon, chromite, goethite, hydrohématite et hématite.

(5) Ces observations sont encore confirmées par des mesures de la teneur en radon effectuées par émanométrie : 85c/s en B-C, 6-7, 0 à 5 c/s en A 8 (fig. 1b).

Associés au quartz dans les veinules, on trouve :

- hématite : agrégats longiformes ou équants de lamelle fibroradiées, parfois flexueuses;
- goethite et hydrohématite : minéraux intimement associés dans des agrégats nuageux ou floconneux, aux contours diffus. Parfois apparaissent des structures cellulaires (box work);
- pyrite : en reliques dans les hydroxydes de fer.

Dans les concentrés, de la chalcopryrite altérée directement en goethite a également été reconnue.

Les observations microscopiques tant diascopiques, qu'épiscopiques sont décevantes en ce qui concerne le repérage et l'identification des minéraux radioactifs. Très rapidement, le besoin s'est fait sentir de recourir à un outil d'identification minérale permettant une approche différente de la question : la microsonde.

Précisons encore que des échantillons radioactifs, simplement sciés ou montés en lames minces polies et en sections polies, ainsi que les six lots du concentré sous forme de poudre et de sections polies, ont été examinés sous un éclairage UV, à courte et longue longueur d'onde, en chambre noire, à l'oeil nu et sous la loupe binoculaire. La présence de quelques minuscules points fluorescents n'a été suspectée que dans quelques rares cas. Leur attribution à des minéraux radioactifs reste très douteuse.

V.- OBSERVATIONS A LA MICROSONDE

Les observations ont été réalisées au Centre d'Analyse par Microsonde des Sciences de la Terre (Microsonde Camebas ; analyste ; J. Wautier).

Les minéraux radioactifs ont été repérés par balayage systématique. A posteriori il a donc été possible de préciser que les minéraux uranifères coïncident souvent avec des agrégats jaune-brunâtre en diascopie qui ne se distinguent en rien d'autres agrégats jaune-brunâtre non radioactifs. Des agrégats radioactifs repérés par microsonde ont été réexaminés en diascopie et en épiscopie pour se convaincre de l'inefficacité de l'approche optique dans le cas considéré.

Les spectres effectués à la microsonde ont confirmé que la radioactivité des minéraux de Daverdisse était toujours liée à l'uranium. L'absence de thorium et de potassium a été vérifiée systématiquement.

Les analyses quantitatives ont été conduites en deux stades : une première série de minéraux a été analysée pour 4 éléments : P, U, Cu, Ca (tableau 3). La présence d'aluminium, de plomb, de fer et de titane dans les spectres de certains minéraux nous a incité à procéder à une seconde série d'analyses pour 8 éléments : P, U, Cu, Ca, Al, Pb, Fe, Ti (tableau 4).

Les étalons choisis étaient : pour U et Cu, des métaux purs, pour P et Ca, une apatite, pour Al, un saphir, pour Pb, une wulfénite, pour Fe, une hématite et pour Ti, un rutile.

Quatre groupes se dégagent :

groupe 1 (analyses 1 à 14 et 27 à 35) :

phosphates d'uranium à habitus lamellaire ,

groupe 2 (analyses 15 à 18 et 36 à 41) :

phosphates de plomb, de fer et d'aluminium à teneur variable en uranium, à habitus non lamellaire,

groupe 3 (analyses 19, 20 et 43 à 47) :

oxydes de fer à faible teneur en uranium,

groupe 4 (analyses 21 à 24 et 48 à 51) :

oxydes de titane à faible teneur en uranium.

Dans chaque groupe, les teneurs en l'élément dominant ont été encadrées. Les teneurs élevées de certains éléments accompagnateurs ont été soulignées. En outre, les analyses ont été classées sur base :

au groupe 1 : des teneurs décroissantes en UO_3

au groupe 2 : des teneurs croissantes en PbO

au groupe 3 : des teneurs croissantes en FeO

au groupe 4 : des teneurs croissantes en TiO_2

Les caractéristiques des minéraux de chaque groupe sont décrites ci-après.

GROUPE 1

Tous les minéraux de ce groupe présentent un habitus lamellaire très bien visible sur les photos 1, 3 et 7. Les lamelles s'organisent en agrégats de quelques dizaines de microns composés de paquets de dix à vingt lamelles empilées, l'orientation des lamelles variant d'un paquet à l'autre.

Ces lamelles ne sont que partiellement jointives. Les parties noires, en sandwich entre les lamelles, bien représentées sur la photo 1, ne sont que peu ou pas uranifères (ph. 2).

On distingue 2 cas :

Tableau 3.- Analyses à la microsonde

	N° analyse	Ech.	P ₂ O ₅	UO ₃	CuO	CaO	Al ₂ O ₃	PbO	FeO	TiO ₂	Total
groupe 1	1	conc 5	19.47	68.87	0.77	0.24	-	-	-	-	89.35
	2	conc 5	18.77	68.10	2.15	0.35	-	-	-	-	89.37
	3	lame 7	18.46	67.56	0.88	0.30	-	-	-	-	87.20
	4	lame 7	18.41	66.65	1.45	0.41	-	-	-	-	86.92
	5	conc 5	17.39	66.60	0.67	0.11	+	+	-	-	84.87
	6	conc 5	18.80	65.94	1.12	0.04	-	-	-	-	85.89
	7	conc 5	16.58	64.99	2.85	0.16	-	-	-	-	84.58
	8	conc 5	16.09	64.49	3.26	0.05	-	-	-	-	83.89
	9	conc 5	16.23	63.57	1.44	0.13	-	-	-	-	81.37
	10	conc 5	19.06	62.98	0.78	2.94	-	-	-	-	85.76
	11	conc 5	18.51	60.33	1.66	0.20	+	+	-	-	80.71
	12	conc 5	13.70	51.42	0.18	0.18	-	-	-	-	68.51
	13	conc 5	13.37	51.21	6.05	0.21	+	-	-	-	70.84
	14	conc 5	16.45	51.03	4.30	0.30	-	-	-	-	72.04
groupe 2	15	conc 5	22.01	29.14	1.82	1.04	+	+	+	-	54.00
	16	conc 5	20.09	28.13	1.61	0.99	+	+	+	-	50.83
	17	conc 5	19.94	21.65	2.73	0.65	+	+	+	-	44.98
	18	conc 5	17.84	0.71	0.88	0.57	+	+	+	-	20.00
groupe 3	19	conc 5	3.96	1.19	0.12	0.12	-	-	+	-	7.34
	20	conc 5	1.61	0.92	2.23	0.03	-	-	+	-	4.80
groupe 4	21	conc 5	3.02	10.71	0.64	0.13	-	-	+	+	14.30
	22	conc 5	2.79	9.78	0.55	0.07	-	-	+	+	13.20
	23	conc 5	0.59	4.99	0.09	0.09	-	-	+	+	5.79
	24	conc 5	0.57	3.77	0.26	0.19	-	-	+	+	4.78
apatite	25	lame 7	41.69	0.30	0.09	55.42	-	-	-	-	97.51
	26	lame 7	41.08	0.74	0.21	55.13	-	-	-	-	97.15

A) Les lamelles se développent autour d'apatite.

La photo 3 montre que le minéral lamellaire se développe autour d'un minéral préexistant. Les analyses 25 et 26 ont été réalisées sur chacun des deux grains situés au centre des agrégats lamellaires de la photo 3. Il s'agit d'apatite qui d'ailleurs, à la microsonde, présente le phénomène de cathodoluminescence qui lui est caractéristique.

La distribution de l'uranium est montrée à la photo 4, celle du phosphore à la photo 5 et celle du calcium à la photo 6. On en déduit aisément que le minéral lamellaire est un phosphate d'uranium développé au détriment de l'apatite, avec substitution

totale du calcium par l'uranium (complémentarité des images 4 et 6). Quatre analyses (3, 4, 29 et 30) ont été effectuées sur les agrégats lamellaires de la photo 3. Elles indiquent qu'il s'agit de phosphates d'uranium relativement purs.

B) Les lamelles se développent dans des agrégats de phosphates de fer.

Ce cas est montré aux photos 7 et 13. Les minéraux de cette catégorie présentent, selon les circonstances, des teneurs élevées en FeO (jusqu'à 23.63 ‰), en PbO (jusqu'à 12.82 ‰), en Al₂O₃ (jusqu'à 10.91 ‰) et en CuO (jusqu'à 6.05 ‰).

Tableau 4.- Analyses à la microsonde

	analyse N°	Ech.	P ₂ O ₅	UO ₃	CuO	CaO	Al ₂ O ₃	PbO	FeO	TiO ₂	Total
groupe 1	27	conc 5	18.56	75.20	0.56	0.41	0.18	0.85	0.69	0.02	96.55
	28	conc 5	17.71	73.93	2.86	0.19	0.00	0.30	1.45	0.13	96.57
	29	lame 7	17.68	72.74	1.78	0.48	0.64	0.98	2.24	0.14	96.66
	30	lame 7	16.47	70.72	1.60	0.38	0.47	0.75	1.34	0.13	91.86
	31	conc 5	16.92	63.83	1.18	0.00	2.05	3.82	1.79	0.10	89.69
	32	conc 5	14.79	62.45	4.40	0.13	6.80	0.18	1.27	0.06	90.07
	33	conc 5	15.23	59.06	1.68	0.01	0.39	2.17	7.36	0.19	86.09
	34	conc 5	12.22	44.62	3.29	0.37	2.07	4.05	23.63	0.01	90.26
	35	conc 5	18.54	43.58	3.11	0.68	10.91	12.82	3.60	0.04	93.29
groupe 2	36	conc 5	20.97	25.34	1.79	0.81	19.11	25.39	3.95	0.05	97.41
	37	conc 5	19.47	5.58	1.22	0.64	16.80	30.97	10.99	0.05	85.72
	38	conc 5	17.81	0.98	0.88	0.59	16.93	31.62	15.19	0.09	84.01
	39	conc 5	16.63	8.95	1.47	0.36	11.73	31.68	16.56	0.03	87.40
	40	conc 5	17.39	0.85	0.77	0.53	17.52	32.48	12.13	0.13	81.81
	41	conc 5	17.21	0.82	1.20	0.40	15.88	34.49	13.82	0.05	83.86
	42	conc 5	10.56	2.71	1.03	0.49	11.03	18.31	27.63	0.06	71.82
groupe 3	43	lame 4	2.55	0.28	0.17	0.12	5.39	6.82	42.97	0.02	58.33
	44	lame 4	3.18	0.55	0.49	0.25	11.65	1.82	54.77	0.01	72.73
	45	lame 4	3.04	0.64	0.73	0.39	7.25	2.32	64.24	0.08	78.68
	46	conc 5	4.54	3.08	1.77	0.04	3.86	0.46	70.27	0.00	84.02
	47	conc 5	4.65	1.76	0.46	0.05	0.94	0.61	70.40	0.02	78.88
groupe 4	48	conc 5	0.44	4.45	0.15	0.08	1.01	0.81	9.17	76.60	92.71
	49	conc 5	0.33	3.32	0.24	0.09	0.72	0.63	11.99	77.74	95.05
	50	conc 5	0.45	4.53	0.07	0.06	0.84	0.43	9.17	78.17	93.71
	51	conc 5	0.41	4.03	0.15	0.13	0.94	0.78	9.40	79.26	95.10

La plupart des analyses renseignent des teneurs en UO₃ comprises entre 65 et 75 °/o (pour P₂O₅, entre 16 et 19 °/o). Les analyses où la teneur en UO₃ est inférieure à 60 °/o correspondent toujours à des valeurs élevées en FeO, PbO, Al₂O₃ ou CuO.

GRUPE 2.

Il s'agit d'agrégats non lamellaires et souvent vacuolaires composés de phosphates complexes de plomb, d'aluminium et de fer, à teneurs variables en uranium, qui forment la matrice des agrégats lamellaires du groupe 1B (photo 7 et 13). Tous les minéraux du groupe 2 sont très riches en PbO (jusqu'à 34.49 °/o)

et moyennement riches en Al₂O₃ (jusqu'à 19.11 °/o) ainsi qu'en FeO (jusqu'à 15.19 °/o). Les teneurs en UO₃ sont très variables (on trouve tous les intermédiaires entre 0.71 et 29.14 °/o). Il existe une corrélation négative entre les teneurs en UO₃ d'une part, et la somme des teneurs en PbO, Al₂O₃ et FeO d'autre part.

Les teneurs en phosphore varient peu et ne montrent aucune corrélation avec les teneurs en uranium.

Les photos 9, 11 et 12 indiquent clairement que là où les minéraux lamellaires du groupe 1B se sont individualisés, les teneurs en plomb et aluminium sont faibles par rapport aux zones de développement des minéraux du groupe 2.

Tableau 5

Analyses	Minéral	Formule
7,8,9,31	sabugalite	$H Al(UO_2)_4(PO_4)_4 \cdot 16H_2O$
33	bassetite	$Fe(UO_2)_2(PO_4)_2 \cdot 8H_2O$
13	torbernite	$Cu(UO_2)_2(PO_4)_2 \cdot 8H_2O$
3,4,6	hydrogène-autunite	$H_2(UO_2)_2(PO_4)_2 \cdot 8H_2O$

GROUPE 3.

Il se rapporte à des hydroxydes de fer à faible teneur en uranium (jusqu'à 3.08 % de UO_3) qui contiennent toujours un peu de phosphore (jusqu'à 4.65 % de P_2O_5). Dans ces goethites faiblement uranifères, on trouve assez fréquemment des reliques de pyrite. (ph. 13).

GROUPE 4.

Ce groupe correspond à des agrégats d'oxydes de titane (leucoxène) faiblement uranifères (jusqu'à 4.53 % de UO_3) et ferrifères (jusqu'à 11.99 % de FeO). Les répartitions de l'uranium et du titane de ces agrégats sont montrées aux photos 17 et 18.

Bref, tous les minéraux uranifères observés sont des minéraux d'altération. On peut distinguer trois chaînes de réactions où l'uranium est piégé dans des circonstances sensiblement différentes.

1. Par pseudomorphose de l'apatite.
2. Par les phosphates de fer intimement liés à la goethite, elle-même résultant de l'oxydation de pyrite (éventuellement, de chalcopyrite).
3. Par les oxydes de titane.

En l'absence de spectres de diffraction il est dangereux de donner un nom aux minéraux uranifères analysés.

Malheureusement, la réalisation de spectres Debye-Scherrer est difficile étant donné d'une part la taille des minéraux (les lamelles isolées sont voisines de 10 μm ; les agrégats lamellaires, proches de quelques dizaines de μm) et d'autre part le fait qu'ils sont associés à d'autres minéraux dont il est difficile de les séparer.

Les analyses à la microsonde peuvent-elles conduire à une identification minérale ? Avec prudence, si on admet le fait que les minéraux uranifères d'altération sont hydratés et que le complément à 100 des totaux du tableau 4 est essentiellement de l' H_2O . Il convient aussi d'être conscient du fait que les lamelles qui ont été analysées alternent avec des composés de nature différente (interstratifiés noirs de la photo 1) et que dans certains cas, les analyses ne correspondent peut être pas toujours à une plage monominérale.

Ceci étant, il est permis de préciser que certaines analyses s'accordent aux analyses théoriques de plusieurs minéraux uranifères. (Pierrot, 1979, tableau 5).

Le fait que pratiquement tous les phosphates uranifères analysés contiennent du cuivre (tous les intermédiaires existent entre 0.56 et 6.05 % en CuO) indiquent que beaucoup de ces composés évoluent probablement vers la torbernite.

L'autunite n'a pas été rencontrée. Toutefois l'échantillon 10 où les teneurs en CaO atteignent 2.94 % pourrait être considéré comme un terme de passage entre l'hydrogène - autunite et l'autunite.

Les agrégats titanifères faiblement uranifères correspondent eux à un terme de passage à la série des brannérites (U, Ca, Ce) (Ti, Fe) $_2O_6$.

Par contre, les analyses du groupe 2 ne peuvent être attribuées aisément à aucun minéral. Elles sont intermédiaires entre les analyses de la plumbogummite et celles des phosphates de plomb et uranium du groupe de la dumontite. En effet, l'analyse 41 présente beaucoup d'affinités avec la composition de la plumbogummite. Par ailleurs, l'analyse 36 se rapproche de celles des minéraux du groupe de la dumontite dont les teneurs en

UO₃ varient de 51.80 à 68.92 ‰ et les teneurs en P₂O₅, de 8.37 à 14.33 ‰.

Les analyses 19, 20 et 43 à 47 correspondent à des goethites qui contiennent toujours un peu de phosphore (jusqu'à 4.65 ‰ de P₂O₅). Il est important de souligner, notamment pour l'impact que cela peut avoir en prospection géochimique alluvionnaire, que ces goethites contiennent parfois de l'uranium (jusqu'à 3.08 ‰) parfois pas, au sein d'un même gîte.

Enfin, dans certains grains de goethite du concentré n° 5, nous avons identifié un minéral dont le spectre se compose uniquement des raies du sélénium et du mercure. Il s'agit donc de tiemannite (HgSe). Néanmoins, ce minéral a été observé dans un concentré et il ne faut pas exclure à priori l'hypothèse d'une contamination lors du broyage ou de la séparation magnétique. Sa présence n'a pas été confirmée dans les échantillons bruts.

VI.- CONCLUSIONS

L'indice de Daverdisse résulte probablement de la conjonction, à la faveur d'une faille transversale peu importante, d'une zone à perméabilité de fracture et d'un écran plus imperméable ménagé par le décalage le long de la faille d'un niveau plus schisteux.

Les observations effectuées dans le cadre de ce travail montrent que l'uranium, le plomb et le cuivre ont très probablement une origine distale (encore, qu'en ce qui concerne le cuivre, la présence de certains grains de chalcopryrite dans le concentré n'exclue pas pour cet élément une origine proximale).

Sur le plan économique, l'indice de Daverdisse n'offre qu'un lointain intérêt. Mais tant que la source de cet uranium ne sera pas précisée, on ne peut pas exclure à priori l'existence de concentrations uranifères d'intérêt économique dans le Dévonien inférieur. En effet cette formation, par ses caractéristiques sédimentologiques, se prête parfaitement bien à la mise en place de concentrations uranifères liées aux strates.

D'ailleurs si l'indice de Daverdisse revêt un intérêt particulier en raison de son intensité et du développement de minéraux uranifères nouveaux pour la Belgique il faut souligner que la prospection autoportée a mis en évidence d'autres anomalies uranifères en roches dans le Dévonien inférieur de la Haute Ardenne. La plupart d'entre elles ont été repérées dans le Gedinnien de l'Anticlinale de Serpont-Bastogne ou le Siegenien du synclinal de Neufchâteau, Daverdisse occupant à ce point de vue la position la plus septentrionale.

Le contexte dans lequel ces anomalies se développent est actuellement en cours d'examen (on peut citer en dehors de Daverdisse le cas de Oisy et de la vallée de la Vierre).

Ainsi le Dévonien inférieur de la Haute Ardenne apparaît-il comme un milieu ayant pu piéger l'uranium. Une première analyse de quelques anomalies repérées par la prospection autoportée montre qu'on peut y rencontrer des concentrations uranifères liées aux strates (la Vierre), des concentrations liées aux strates avec une remobilisation et un piégeage de l'uranium dans des limonites remplissant les fractures de la roche (Oisy), des anomalies beaucoup plus fortes et apparemment plus éloignées de la source en uranium (Daverdisse).

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient J. Henry (Service géologique de Belgique) pour la part active prise lors de la réalisation de la tranchée, D. Jans (Faculté polytechnique de Mons) pour la préparation des concentrés, M. Deliens (Musée royal de l'Afrique centrale, Tervueren) pour les conseils judicieux relatifs à la partie minéralogique et enfin, J.M. Graulich et G. Vandeven (Service géologique de Belgique) pour les discussions fructueuses concernant la géologie locale.

BIBLIOGRAPHIE

- ASSELBERGHS, E., 1946. L'Eodévonien de l'Ardenne et des régions voisines. Mém. Inst. géol. Univers. Louvain, XIV, 598 pp.
- CHARLET, J.M., DEJONGHE, L., DE WITTE, S.M., DRUMEL, B., HENRY, J., HERBOSCH, A., LEFIN, J.P. & MARTIN, H., 1982. Prospection de l'uranium dans le Paléozoïque de Belgique. Contrat C.C.E. D.G. XVII 78/03572, Rapport final, 191 pp., 93 fig., 10 cartes, XXIV tabl., Service géol. de Belg., Bruxelles.
- GOSELET, J., 1888. L'Ardenne. Mém. explic. carte géol. dét. France, 881 pp. Baudry, Paris.
- PIERROT, R.M., 1979. Chemical and determinative tables of mineralogy, 591 pp., Masson.
- SCHMIDT, W., 1959. Grundlagen einer Pteraspiden - Stratigraphie im Unterdevon der Rheinischen Geosynklinale. Fortschr. Geol. Rheinland Westfalen, 5, 82 pp., 13 fig., 4 pl.

PLANCHE I**REPARTITION DE LA RADIOACTIVITE DANS UN GRES ALTERE DE L'INDICE DE DAVERDISSE****A) Photographie de l'échantillon**

- a) grès gris clair non altéré avec quelques fractures millimétriques à remplissage ferrugineux,
- b) partie jaune brunâtre altérée avec quelques fractures remplies d'oxydes de fer et quelques fragments de grès gris clair (en b'),
- c) partie brun foncé très altérée riche en oxyde de fer.

B) Autoradiographie du même échantillon réalisée à l'aide d'un film kodak LR 115 sensible au rayonnement alpha (temps d'exposition : 15 jours).

Les zones restées noires sur la photo n'ont pas subi l'influence du rayonnement alpha (partie a et fragments de grès gris clair dans la partie b). La radioactivité se localise dans la partie b mais surtout dans la partie c très altérée ainsi que dans le remplissage des microfractures qui affectent les parties a et b.

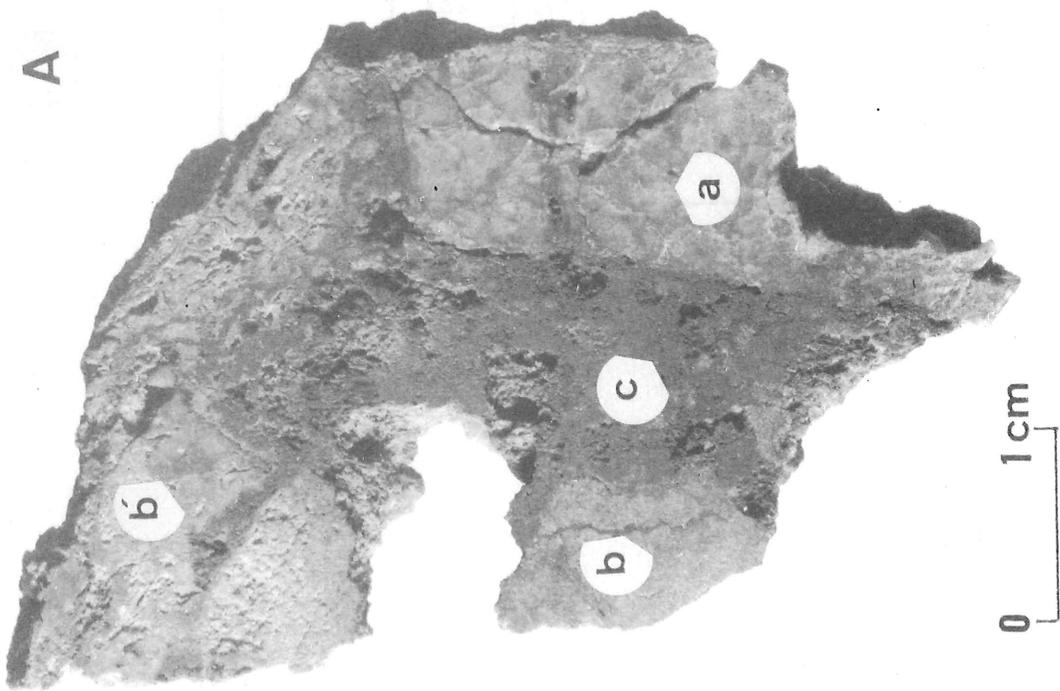
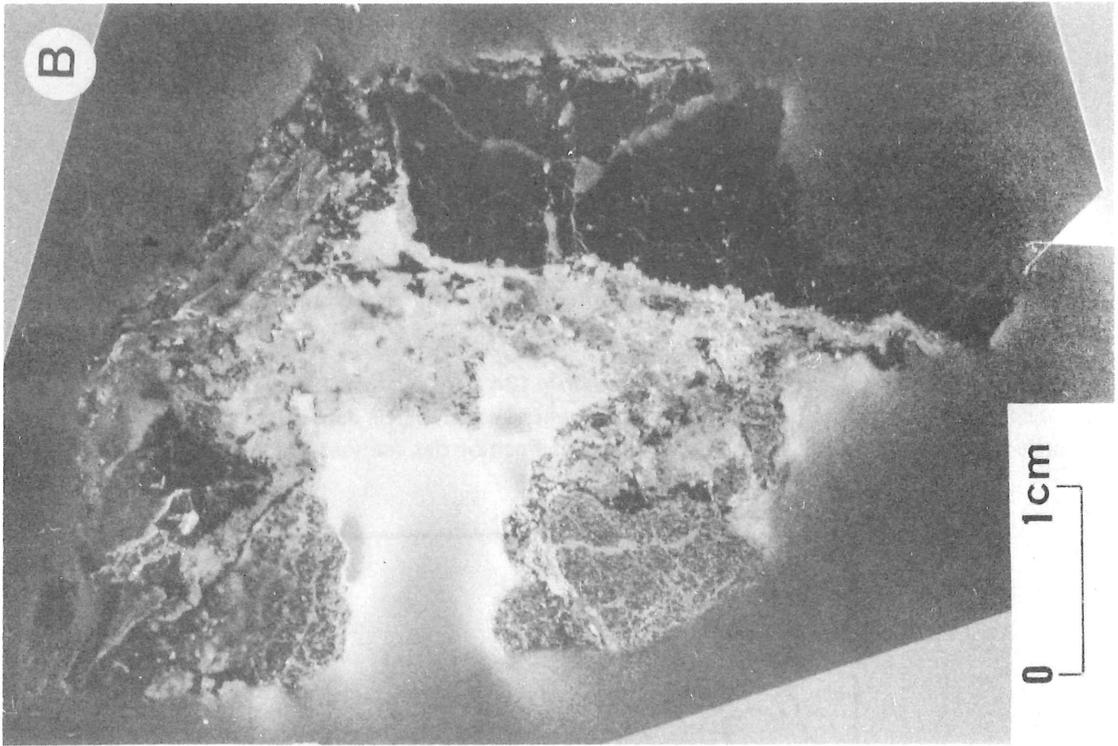
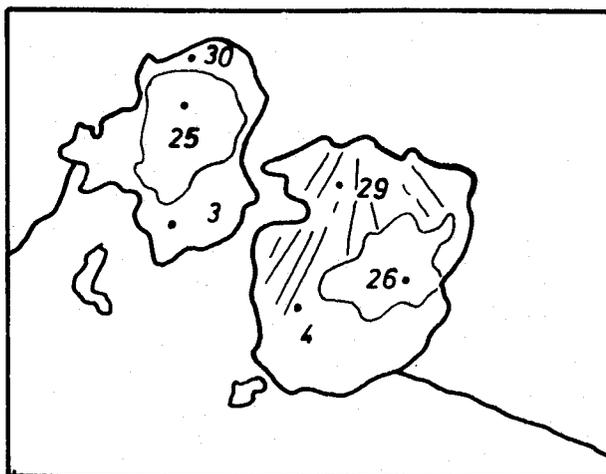


PLANCHE II

1. électrons secondaires (ES) - lame 7 - grand côté photo = $24\ \mu\text{m}$ - Minéral uranifère lamellaire (blanc).
2. minéral de la photo 1, image de l'uranium.
3. électrons secondaires (ES) - lame 7 - grand côté photo = $124\ \mu\text{m}$. Agrégats lamellaires uranifères (blanc) développés autour de deux grains d'apatite (gris). Ces grains sont enchâssés en partie dans du quartz (gris foncé, bas de la photo) et en partie dans un aluminosilicate (haut de la photo). Position des analyses à la microsonde sur croquis ci-dessous.



4. Même plage que photo 3, image de l'uranium.
5. Même plage que photo 3, image du phosphore.
6. Même plage que photo 3, image du calcium.

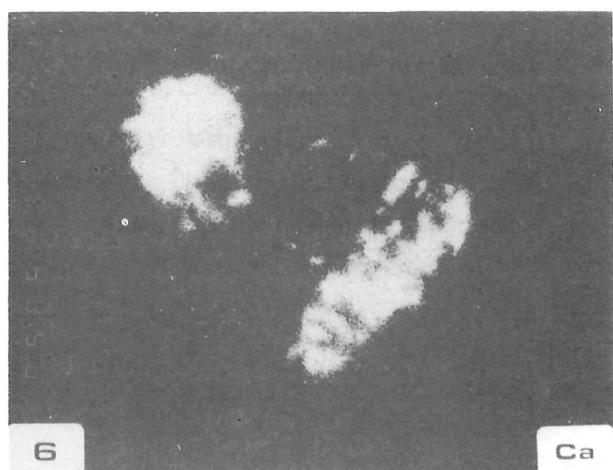
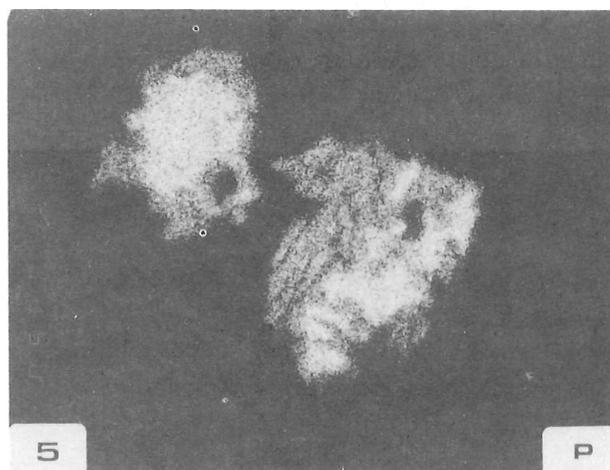
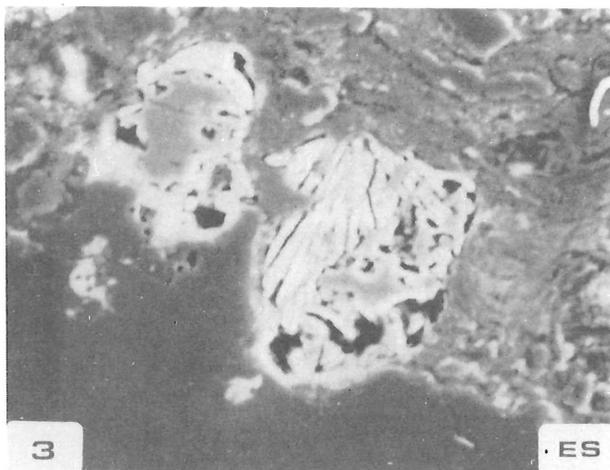
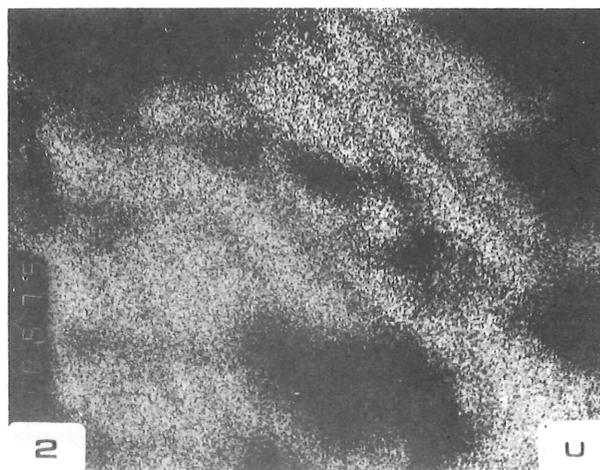
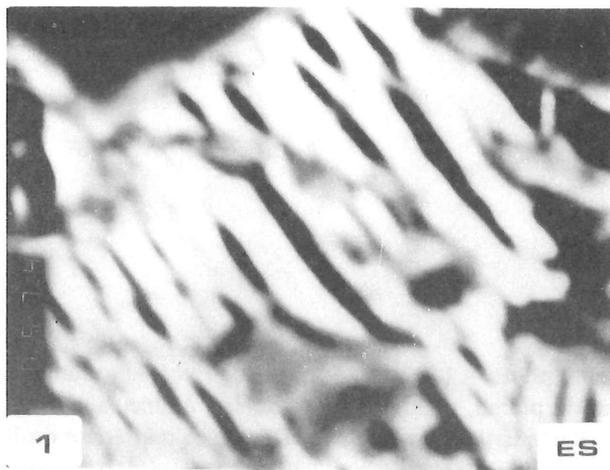
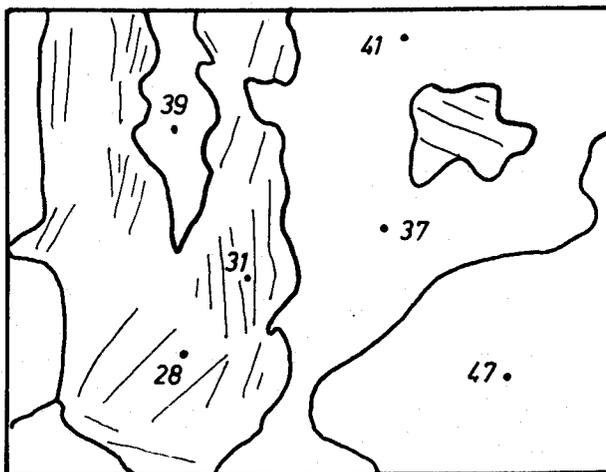


PLANCHE III

7. électrons secondaires (ES) - concentrés n° 5 - grand côté photo = 143 μm . Agrégats de minéraux uranifères lamellaires (blanc) passant à des agrégats de phosphates de plomb, d'aluminium et de fer, à teneurs variables en uranium (gris moyen). Ces agrégats présentent souvent une structure vacuolaire. Dans le coin inférieur droit, goethite (noir). Position des analyses à la microsonde sur croquis ci-dessous.



8. même plage que photo 7, image du fer.

Pour des raisons techniques (coupure au-delà d'un certain seuil), le temps d'exposition a été réduit. Il en résulte que les zones contenant des minéraux du groupe 2 ne sont pas ponctuées, bien que ces minéraux renferment 10 à 15 % de FeO. L'image du fer a cependant le mérite de montrer la présence d'une zone très riche en fer (coin inférieur droit). La photo 9 précise qu'elle n'est pas uranifère, la photo 10, qu'elle n'est pas phosphatée. Il s'agit donc de goethite.

9. même plage que photo 7, image de l'uranium.
 10. même plage que photo 7, image du phosphore.
 11. même plage que photo 7, image du plomb.
 12. même plage que photo 7, image de l'aluminium.

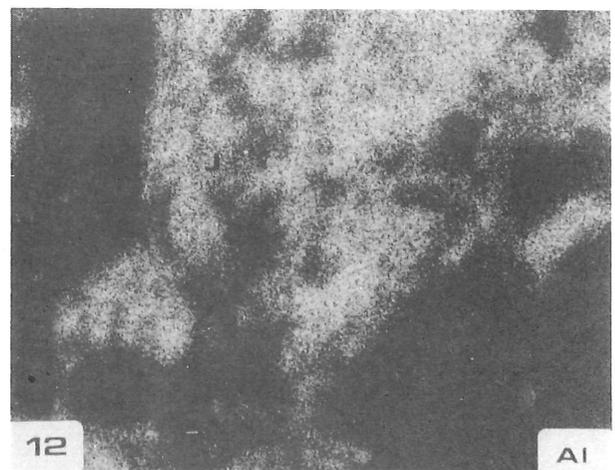
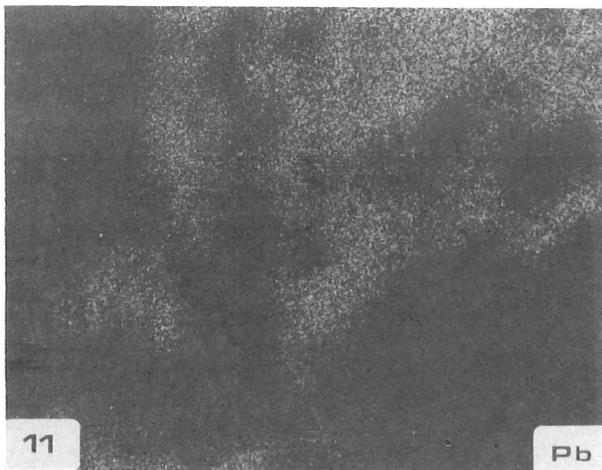
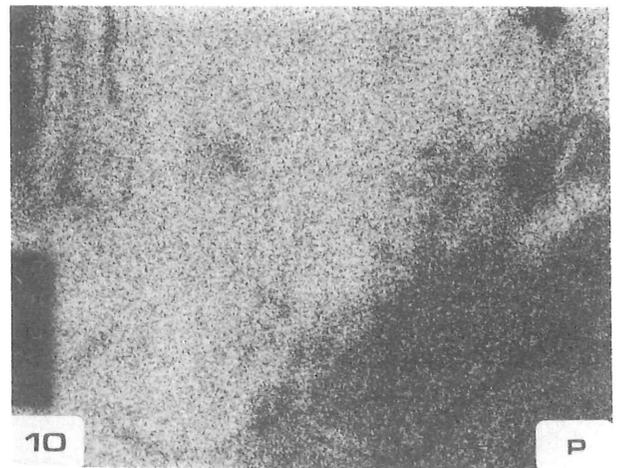
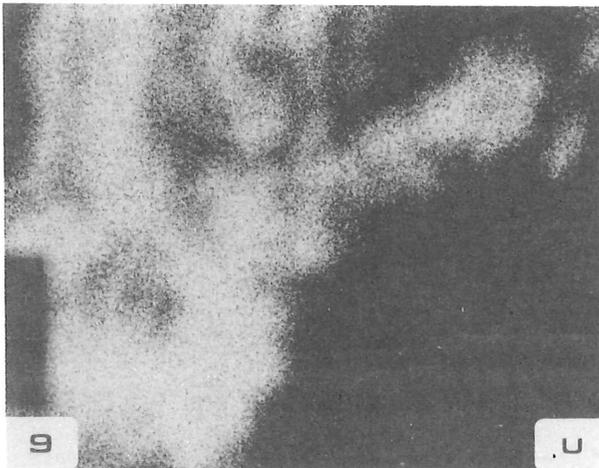
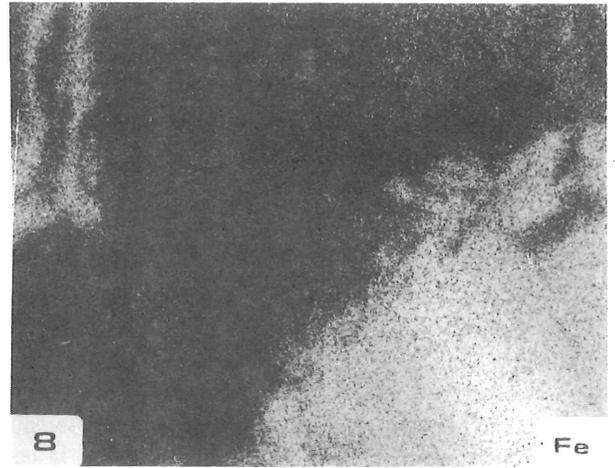
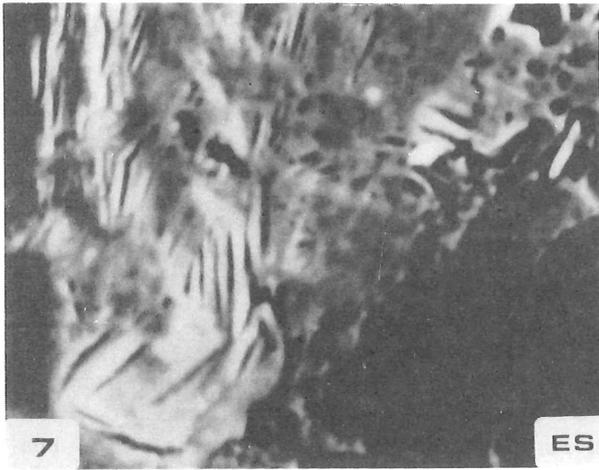
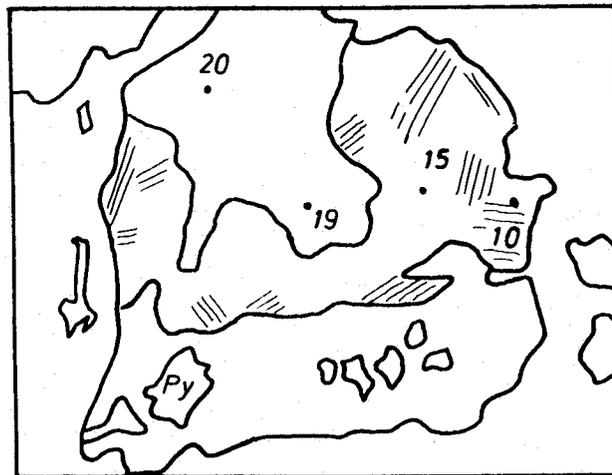


PLANCHE IV

13. électrons secondaires (ES) - concentré n° 5 - grand côté photo = 180 μm . Minéraux lamellaires uranifères (blanc) dans un agrégat de phosphates de plomb, fer, alumine et uranium (gris clair), le tout, entouré de goethite (gris foncé). Dans la partie supérieure, la goethite est à structure cellulaire (boxwork), dans la partie inférieure, elle renferme de la pyrite (gris moyen). L'absence de cuivre dans le sulfure a été vérifiée à la microsonde. La structure des minéraux lamellaires ressort mal avec le temps d'exposition aussi élevé que celui de la photo. Mais avec un temps d'exposition moindre, c'est la pyrite qui n'apparaît plus dans l'agrégat de goethite. Position des analyses à la microsonde sur croquis ci-dessous.



14. même plage que photo 13, image du fer.
 15. même plage que photo 13, image de l'uranium.
 16. même plage que photo 13, image du phosphore.
 17. concentré 5 - grand côté photo = 475 μm - image de l'uranium.
 18. même plage que photo 17, image du titane.

