

**Dossier “Radioactivité naturelle” - VIII**

**LA RADIOACTIVITE DES ROCHES (2)**

Robert Six

**V. RADIOACTIVITE DES ROCHES DE BELGIQUE**

Le tableau 1 ci-dessous donne les **concentrations moyennes en uranium** des grandes catégories de roches courantes en Belgique. On constate, à la lecture de celui-ci, que les **grès** (IDV) et les **sables** (SL2) sont très **peu radioactifs**. Les **schistes** (RA8, RA32) et les **argiles** (A7) le sont **un peu plus**, de par le contenu en thorium dont le thoron ( $^{220}\text{Rn}$ ) est moins dangereux du fait de sa très courte demi-vie que le radon. Les roches carbonatées, **calcaires** (AN127) ou **craies** (CP001) contiennent **peu d'éléments radioactifs**. On remarque également quelques **anomalies uranifères** comme l'échantillon de **schiste revinien de Stavelot** (RA9), l'échantillon de **grès schisteux siegénien de Daverdisse** (AB6), un **calcaire** (AN146) et un **schiste gréseux brun du Carbonifère**, marquant le passage entre le Dinantien et le Namurien dans les environs d'Anhée et de Bioul, et enfin, un **phosphate de Ciplly** (CIP003).

| Echant. | U (ppm) | Th (ppm) | K <sub>2</sub> O (%) | Nature de la roche               |
|---------|---------|----------|----------------------|----------------------------------|
| RA8     | 3,4     | 16,4     | 4,24                 | Schiste revinien                 |
| RA32    | 2,3     | 10,9     | 3,49                 | Schiste famennien                |
| A7      | 2,6     | 11,8     | 2,87                 | Argile yprésienne                |
| RA9     | 42,4    | 27,4     | 3,59                 | Schiste revinien                 |
| RA36    | 2,0     | 6        | 0,92                 | Grès couvinien                   |
| IDV     | 1,7     | 5        | 0,13                 | Grès d'Anor siegénien            |
| SL2     | 1,1     | 2        | 0,83                 | Sable landénien de Blaton        |
| AB6     | 25,0    | 5        | 2,11                 | Grès schisteux siegénien         |
| YV1/2   | 86,2    | 1        | 0                    | Schiste gréseux brun carbonifère |
| AN127   | 1,1     | 5        | 0,06                 | Calcaire carbonifère             |
| AN146   | 8,5     | 10,3     | 0                    | Calcaire carbonifère             |
| CIP001  | 2,6     | 1,5      | 0                    | Tuffeau de Ciplly crétacé        |
| CR001   | 0,6     | 0,4      | 0,01                 | Craie d'Obourg crétacée          |
| CIP003  | 40,7    | 0        | 0                    | Phosphate de Ciplly crétacé      |

**Tableau 1 – Concentrations moyennes en uranium, thorium et potassium de quelques roches courantes en Belgique**

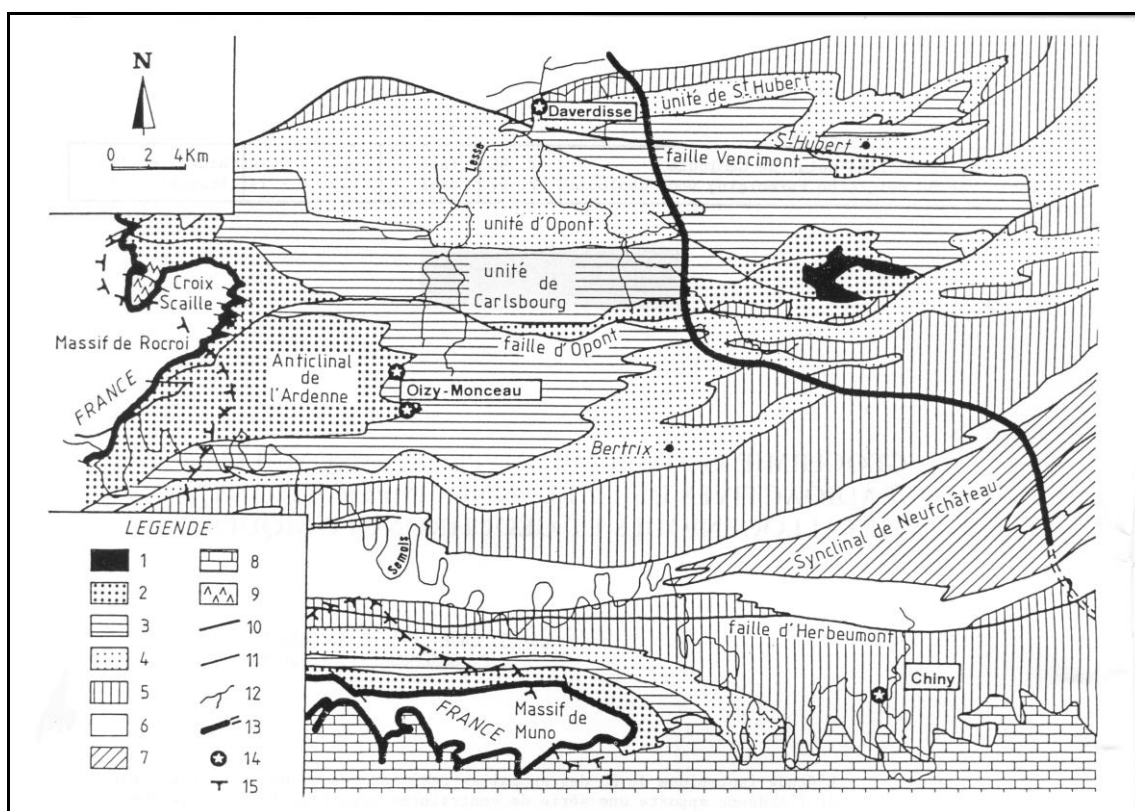
Notre pays ne comporte pas de véritables gisements, mais on y trouve de nombreuses concentrations anormales, comme le montre les échantillons RA9, AB6, YV1/2, AN146 et CIP003 du tableau 1.

Ces différentes **anomalies** ou **indices radioactifs** se concentrent spécialement dans le **Dévonien de l'Ardenne**, comme l'**indice radioactif de Daverdisse**, ou la zone radioactive constituées de plusieurs niveaux stratiformes ou lenticulaires située dans

le **Siegénien du Synclinal de Neuchâteau**, dans la région de Chiny – la vallée de la Vierre, ou encore à Oizy en bordure de l’anticlinal de l’Ardenne. D’autres zones ont été découvertes dans le **Viséen supérieur** dans le **Bassin de Dinant**, dans des couches de transition du Viséen au Namurien.

### A. Les anomalies radioactives de l’Ardenne belge

Une **prospection radiométrique autoportée** générale pour l’uranium en Ardenne a été entreprise dans les **années 1980** par plusieurs de nos scientifiques (J.- M CHARLET, L. DEJONGHE, J. JEDWAB, Y. QUINIF, et bien d’autres.). Il en est découlé, la découverte d’un certain nombre d’anomalies radioactives dans le **Dévonien inférieur** : dans la région de Chiny – **vallée de la Vierre**, à **Daverdisse** et à **Oizy**.



**Fig. 2 – Situation géologique des anomalies radioactives du Dévonien inférieur de l’Ardenne (carte géologique d’après ASSELBERGHS (1946) et BEUGNIES (1982-1984))**

- |  |  |
|--|--|
| 1. Massif cambrien                     | 9. Complexe volcanique de la Croix Scaille |
| 2. Gedinnien inférieur                 | 10. Failles longitudinales majeures        |
| 3. Gedinnien supérieur (formation G2a) | 11. Autres failles                         |
| 4. Gedinnien supérieur (formation G2b) | 12. Rivières                               |
| 5. Siegenien inférieur                 | 13. Autoroutes                             |
| 6. Siegenien moyen                     | 14. Anomalies uranifères principales       |
| 7. Siegenien supérieur                 | 15. Frontières                             |
| 8. Jurassique                          |  |

## 1. Anomalies de la région de Chiny – vallée de la Vierre

On les retrouve dans une série de niveaux radioactifs stratiformes ou lenticulaires, dans une **zone schistogréseuse du Siegenien inférieur du Synclinal de Neuchâteau**, de **près de 3 Km** s'étendant d'ouest en est dans les **vallées de la Semois et de la Vierre**. Ces niveaux d'anomalies s'insèrent dans des schistes gréseux de couleur sombre (faciès des "schistes noirs") et les **teneurs en uranium** peuvent atteindre **250 ppm**. Ils se seraient formés durant la sédimentation (syndimentation) suivie d'une mobilisation et d'une précipitation selon des processus d'oxydo-réduction. Minéralogiquement, il s'exprime sous forme de phosphoarseniates d'U et de Cu.

## 2. Anomalie de Daverdisse

Cette anomalie très localisée se situe dans la **vallée de la Lesse près de Daverdisse**. Nous sommes, dans cette zone de la Haute Lesse, dans les formations plissées et faillées du Dévonien inférieur. A l'endroit de l'anomalie on rencontre, en affleurement, des phyllades, des quartzophyllades, des grès argileux et des quartzites de la formation de St. Hubert.

L'indice coïncide avec une fracture transversale varisque de faible intensité. Elle est essentiellement liée à l'**uranium** avec des **teneurs** pouvant atteindre **0,3%**.

D'un point de vue minéralogique, plus d'une vingtaine de minéraux, dont plusieurs étaient nouveaux pour la Belgique, y ont été détectés par différentes méthodes : lames minces, microsonde électronique et spectromètre à dispersion. Les échantillons ainsi analysés ont permis d'établir la présence de minéraux appartenant à cinq familles principales (voir tableau 2) :

- Oxydes
- Séléniures, sulfures et métaux natifs
- Sulfates
- Phosphates
- Hydroxydes et oxysels

| OXYDES                        | SELENIURES, SZULFURES & METAUX NATIFS |
|-------------------------------|---------------------------------------|
| Uraninite                     | Clausthalite                          |
| Brannerite                    | Tiemannite                            |
| Rutile(s)                     | (Bravoite)                            |
| Anatase                       | Pyrite                                |
| Oxyde rouge à U-Ti-Fe         | Chalcopyrite                          |
| Quartz                        | (Bohdanowiczite)                      |
| (Oxyde de bismuth)            | (Naumannite)                          |
|                               | (Argentite ou acanthite)              |
| <b>SULFATES</b>               | (Amalgame Ag-Hg)                      |
| Jarosite                      | (Hg-Ag-Se)                            |
| (Plumbojarosite)              | (Pb-Bi-Hg-Se)                         |
| (Sulfate de Fe)               | (Fe-Sb-S)                             |
|                               | (Ag)                                  |
|                               | (Au-Pd)                               |
|                               | <b>PHOSPHATES</b>                     |
| <b>HYDROXYDES</b>             | Xénotime                              |
| (Hydroxyde de Fe à U, Bi, Zr) | Tobernite                             |
| (Hydroxychlorure de Fe)       | Autunite                              |

**Tableau 2 – Minéraux rencontrés dans les diverses paragenèses de Daverdisse (d’après J. JEDWAB & L. DEJONGHE)**

L'**origine** de cet indice, du fait de sa coïncidence avec une **fracture**, pourrait être **épigénique**, c'est-à-dire que ce faible gisement métallifère s'est formé secondairement, les apports des minéraux étant liés à des solutions hydrothermales. En d'autres mots, à Daverdisse, l'uranium a été concentré et séparé du thorium et du plomb par lessivage des sédiments hôtes, durant l'orogénèse varisque, pour ensuite se déposer au niveau d'une fracture.

### 3. Anomalie d'Oizy

Cette anomalie se situe dans des **fractures** qui se sont ouvertes au **sommet du Gedinnien inférieur**, et qui ont été colmatées par des oxy-hydroxydes de Fe (goethite, lépidocrocite) et des minéraux argileux illite-kaolinite. L'**origine** de cet indice est à chercher dans des **sols mis en place sous un climat subtropical durant la période Eocène-Miocène**. L'uranium que l'on y trouve a dû vraisemblablement migré depuis la surface pour se bloquer sur les oxy-hydroxydes de Fe et les argiles de remplissage. Il est possible que l'uranium et le plomb uranogénique associés proviennent d'anomalies antérieures antédévonniennes, vraisemblablement cambriennes, pour ensuite être piégés au niveau d'un remplissage limonitique de fracture au Tertiaire.



## B. Les anomalies radioactives du Viséen supérieur dans le Bassin de Dinant

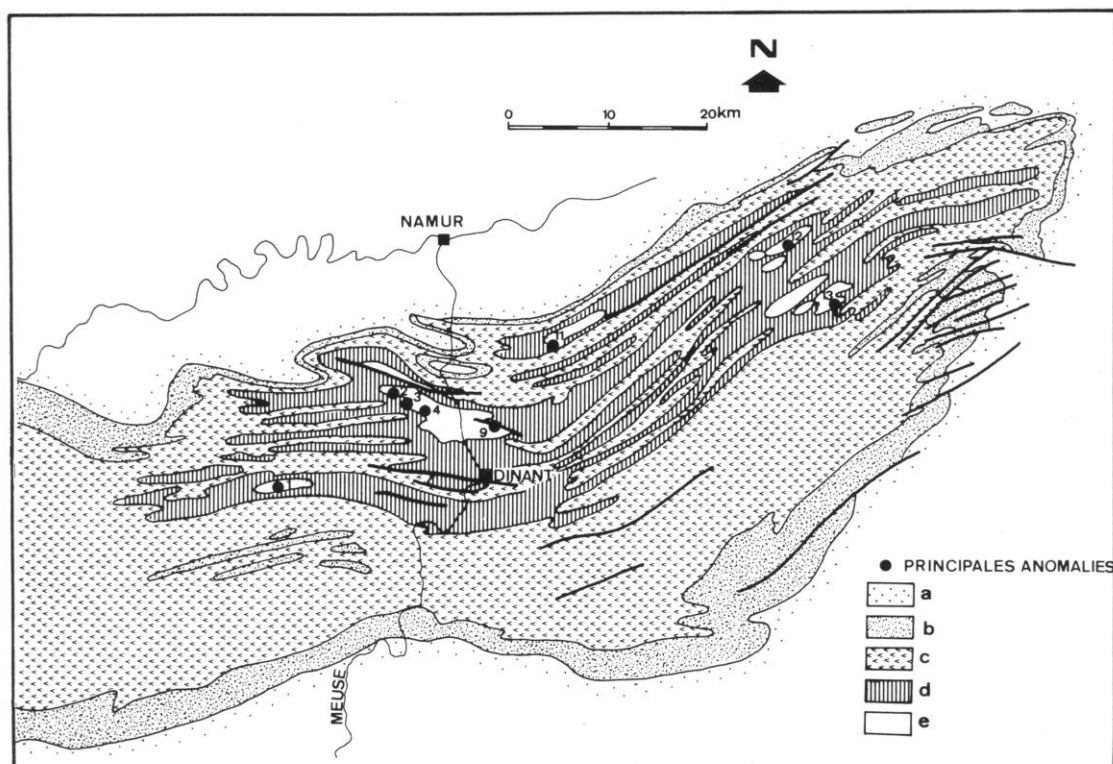


Fig. 3 – Localisation des principales anomalies radiométriques du Viséen supérieur du Bassin de Dinant (d'après CHARLET J.-M., NDZIBA M., QUINIF Y.)

a. Dévonien inférieur ; b. Dévonien moyen ; c. Dévonien supérieur ; d. Dinantien ; e. Namurien

1. Florennes ; 2. Bioul (centre) ; 3. carrière de la Noire Terre (Bioul) ; 4. carrière de Jaiffe (Warnant) ; 5. bois de Warnant ; 6. route de Haut-le-Wastia ; 7. bois du Curé (Haut-les-Wastia) ; 8. lieu-dit Plantisse (Haut-les-Wastia) ; 9. chemin forestier des ruines de Poilvache, à la vallée de la Meuse ; 10. mont d'Houx (route de Purnode) ; 11. tranchée du chemin de fer ; 12. au N-E de Modave (talus de route) ; 13. route Modave-Ocquier

L'existence locale d'anomalies radiométriques dans le Viséen supérieur/Namurien de Belgique avait été signalée très tôt dans le Bassin de Namur par **E. LEGRAND** et confirmée par les travaux de **J.-M. CHARLET** et *al.* (1977 et 1979) pour la **région de Blaton** et par ceux de **A. HERBOSCH** et *al.* (1979) pour la **région de Visé**. Le levé radiométrique autoporté, conduit par la Faculté Polytechnique de Mons, a permis de circonscrire un grand nombre de zones anomaliques nouvelles dans le bassin de Dinant. Ainsi plus d'une dizaine d'anomalies ont été localisées par voie aéroportée et par prospection scintillométrique pédestre. Elles apparaissent dans tous les synclinaux namuriens du Bassin de Dinant où les conditions d'affleurement permettent l'observation du contact Namurien-Viséen.

**Géologiquement**, ces anomalies se situent dans les **schistes** qui constituent les « couches de passage » **du Viséen supérieur** (V3c) et qui se sont formés lors du confinement d'un bassin à la fin du Viséen.

De l'étude géologique, radiométrique et géochimique du V3c du Bassin de Dinant, se sont dégagés les résultats suivants :

- le **V3c** de cette entité présente une **zone d'anomalies radiométriques**, stratiforme et d'extension régionale, repérable aux affleurements. La spectrométrie

y montre que l'uranium est responsable de ces anomalies, les autres éléments radioactifs naturels (Th, K<sub>4</sub>O) étant en concentrations très faibles.

- La comparaison entre les différents **horizons du V3c supérieur** (schistes, calcaires, nodules phosphates) ne montre **pas de différences essentielles** entre les constituants des faciès uranifères et les autres faciès. Toutefois, l'enrichissement en uranium correspond à un enrichissement en phosphate de toute la série.
- Les **processus de concentration** de l'uranium diffèrent selon que l'on considère la base ou le sommet de V3c supérieur. A la base, l'uranium est fixé préférentiellement par les matières réductrices tandis qu'au sommet ce sont les phosphates qui jouent le rôle de fixateur.
- Le **passage du Namurien au Viséen** se marque par :
  - o une absence d'anomalies radiométriques véritables ainsi que celle d'une phosphatogenèse au niveau des calcaires namurien, avec présence de quartz détritique ;
  - o une teneur déjà élevée en uranium des calcaires à Conodontes de la base du V3c supérieur
  - o des anomalies radiométriques bien marquées dans les schistes du V3c supérieur, avec phosphatogenèse progressive de la base au sommet.
- **L'anomalie radioactive du passage Viséen-Namurien** peut constituer un excellent **marqueur stratigraphique**

## **VI. METHODES DE MESURE DES TENEURS EN ELEMENTS RADIOACTIFS DES ROCHES**

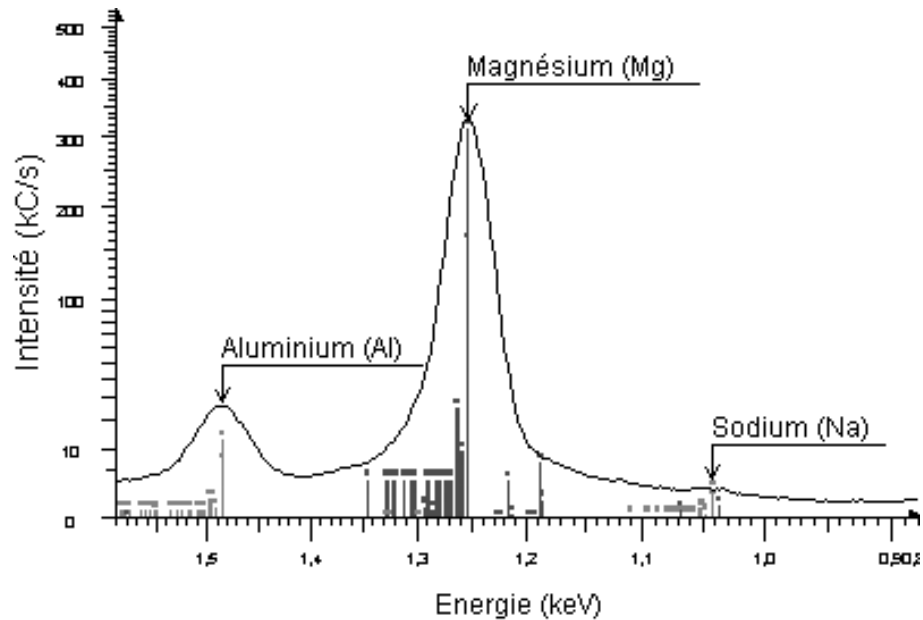
Différentes méthodes permettent de déterminer les teneurs en éléments radioactifs des roches. Ainsi, l'étude de la radioactivité des roches magmatiques a été au début faite par des méthodes radiochimiques qui déterminaient la quantité de radon qu'elles contenaient. Nous aborderons l'histoire du radon dans un article ultérieur. Des mesures plus récentes sont couramment utilisées : mesure par fluorimétrie ou par plaques nucléaires.

### **A. La fluorimétrie ou spectroscopie de fluorescence**

C'est une technique de dosage qui utilise la propriété de certaines substances d'être **fluorescente**. Elle consiste à mesurer la fluorescence qui est proportionnelle à la concentration de l'élément. Ce type de spectroscopie implique l'utilisation d'une source lumineuse (habituellement dans l'ultraviolet) dont les rayons vont exciter les électrons des atomes de l'élément étudié et leur faire émettre une lumière de plus basse énergie. Pour les dosages de l'ordre du µg/L, on utilise des lasers qui permettent de réaliser une fluorescence atomique. Les instruments utilisés à cet effet sont des fluorimètres.

Cette méthode est utilisée pour effectuer le dosage d'uranium dans un échantillon. On réalise une perle par fusion d'un sel d'uranium et de fluorure de sodium. Celle-ci a la propriété de devenir fluorescente jaune sous l'action d'un rayonnement ultraviolet. La mesure de la fluorescence se fait au moyen d'une cellule photoélectrique suivie d'un amplificateur et d'un galvanomètre.

Une technique plus sophistiquée est la spectrométrie de fluorescence X (SFX ou FX, ou en anglais XRF pour *X-ray fluorescence*). Cette méthode d'analyse chimique utilise une propriété physique de la matière, la fluorescence de rayons X. Dans ce cas, la source de rayonnement est une source de rayons X qui provoque une émission secondaire de rayons X au niveau de l'échantillon. C'est la fluorescence de rayons X. Le spectre des rayons X émis par la matière est caractéristique de la composition de celle-ci. On peut en déduire la composition élémentaire, c'est-à-dire les concentrations massiques en éléments (fig. 4).

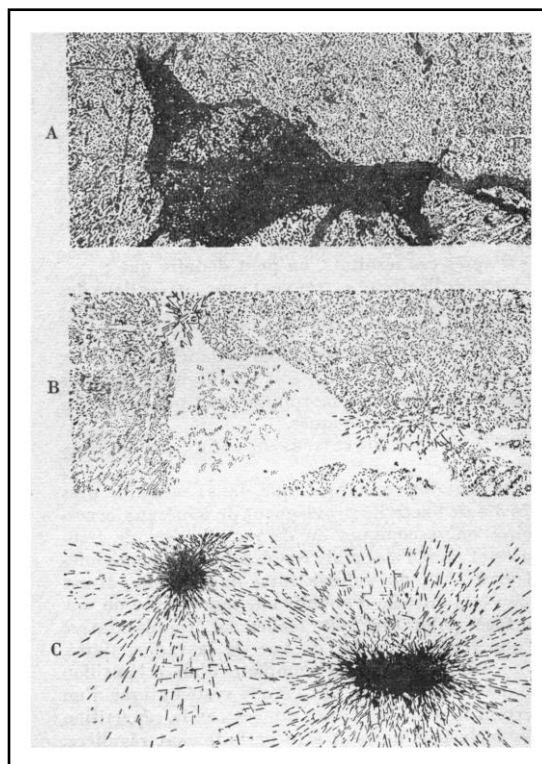


**Fig. 4 - Exemple d'un spectre en énergie du rayonnement fluorescent d'un échantillon**

## B. Plaques nucléaires

Cette méthode utilise le pouvoir de réaction des grains d'argent d'une plaque photographique à une émission radioactive. Quand une particule chargée traverse une émulsion photographique, elle ionise des grains d'argent le long de sa trajectoire et perd ainsi une partie de son énergie cinétique. L'analyse des trajectoires observées permet de déterminer le spectre d'énergie des particules émises par l'échantillon analysé.

Dans la pratique, on dépose une lame mince de l'échantillon à analyser sur une plaque nucléaire pendant un certain temps. On éclaire légèrement l'émulsion à travers la lame mince. Après développement, les éléments sombres se dessinent en clair et permettent un repérage très précis. On remarque également les traces des rayons  $\alpha$  qui indiquent la position des éléments radioactifs (fig. 5)



**Fig. 5 – Répartition de la radioactivité dans une roche (d'après R. COPPENS)**  
A : lame mince – B : résultat de la plaque photographique développée après une pose de 6 h, traces des rayons  $\alpha$  – C : id après une pose de 3 jours.

Suite : Dossier « Radioactivité naturelle » - IX