

CONVERSION DES RESULTATS D'UNE PROSPECTION RADIOMETRIQUE AUTOPORTEE EN UNITES DE CONCENTRATION DE RADIOELEMENTS¹

par

J.M. CHARLET, B. DRUMEL, Y. QUINIF & D. YANS²

(2 figures et 8 tableaux)

RESUME.- Afin de pouvoir valoriser au mieux le grand nombre de données issues d'une prospection radiométrique autoportée, nous proposons de convertir les taux de comptage en concentration de radioéléments (pour les voies spectrométriques) et en unité standardisée (pour le "total count"). Une telle méthode permet de mieux dégager, dans un contexte lithologique donné, une tendance à la concentration en uranium et de produire des cartes de taux d'exposition pour les organismes qui pratiquent des activités de surveillance de l'irradiation de l'environnement. Les différentes étapes qui furent appliquées à la conversion des résultats de la prospection autoportée du Paléozoïque de la Belgique sont présentées dans cette note. La comparaison entre un "total count" mesuré et un "total count" calculé à partir des concentrations en radioéléments permet de contrôler les résultats et de discuter de la nature et de la géométrie des sources de rayonnement.

ABSTRACT.- In order to make the best use of the data obtained by a carborne radiometric survey we propose the conversion into concentration units (for the gamma-ray spectrometry) and into standard units (for the gross gamma-ray count). Such a method makes the uranium concentrations stand out for any given lithology and allows producing exposure rate maps which are useful for the organisations monitoring radiation in the environment. The various stages through which the data conversion has gone is explained for the carborne survey carried out in the Belgian Paleozoic. A comparison between the "total count" measured and the "total count" calculated from the concentrations of radioactive elements have allowed a check on the results as well as a discussion of the nature and the geometry of the radioactive sources.

I.- INTRODUCTION

L'interprétation d'une prospection radiométrique autoportée se limite bien souvent à la recherche d'une série d'indices sur lesquels une prospection tactique sera effectuée. Ainsi de nombreuses données issues de l'enregistrement continu de la radioactivité restent inexploitées alors que le récent perfectionnement des appareils (spectromètres, stockage des informations sous forme digitalisée, . . .) permettrait une meilleure valorisation des efforts consentis dans la réalisation des itinéraires. C'est la raison pour laquelle, à l'occasion de la prospection radiométrique autoportée du Paléozoïque de l'Ardenne (1), nous nous sommes penchés sur les problèmes posés par l'interprétation complète des résultats en vue de les convertir en concentration de radioéléments (pour les mesures sur les voies spectrométriques) ou en unités standardisées (pour les mesures en "total count").

Une telle méthodologie peut aboutir :

- à mieux définir le contexte radiogéochimique des différentes formations et à dégager ainsi, pour chacune d'entre elles, leur potentialité en matière de concentration de l'uranium,
- à exprimer le "total count" en des unités standardisées et reconnues par les organismes qui se préoccupent de l'impact de l'industrie nucléaire sur l'environnement.

Ces deux points revêtent une importance particulière dans un pays comme le nôtre où les véritables indices sont rares et où la mise en évidence d'éventuelles sources de pollution nécessite au départ une bonne connaissance de la radioactivité liée à l'environnement naturel.

1 Manuscrit reçu et communication présentée le 4 mai 1982.

2 Faculté Polytechnique de Mons, 9, rue de Houdain, 7000 Mons.

(1) Prospection financée par la Commission des Communautés Européennes et le Service Géologique de Belgique - Ministère des Affaires Economiques.

La prospection autoportée a été réalisée à l'aide d'un détecteur NaI (TI) modèle NAL 110 (diamètre 6", épaisseur 4", volume 1853 cc), d'un spectromètre Geometrics DRGS 1002 et d'un enregistreur à plumes Mars 6. L'ensemble a été monté sur un véhicule tout terrain Toyota Land Cruiser châssis long, le détecteur étant fixé à l'arrière du véhicule, à 1,30 m du sol et incliné à 45°.

Les conditions de travail suivantes ont été adoptées :

- seuil énergétique sur le "total count" : 1 MeV
- fenêtres énergétiques en spectrométrie (en MeV).

K 40	Bi 214	T1 208
1,40 - 1,62	1,69 - 1,95	2,58 - 2,84

L'appareillage utilisé possède en outre un dispositif qui corrige automatiquement les taux de comptage de la contribution des rayonnements secondaires liés aux raies de plus haute énergie. Le taux de correction est fixé par le réglage de trois potentiomètres lors du calibrage sur des stations adéquates.

Le dépouillement des données analogiques conduit à exprimer les résultats en coups par seconde. Les mesures ont été converties en teneurs dans le cas d'un taux de comptage sur les fenêtres énergétiques (équivalent uranium en ppm, thorium en ppm, K ou K₂O en ‰). Le total count a été exprimé en "unité de radioactivité, symbole Ur" suivant les recommandations de l'I.A.E.A. (1976, 1979) et de la récente réunion du groupe mixte d'experts AEN-AIEA (OCDE-AEN, 1981).

Les conversions coups par seconde-teneurs répondent aux formules suivantes :

$$K \text{ (en } \text{‰}) = (n_K - n'_K) \frac{1}{s_K} \times g_K \quad (1)$$

$$eU \text{ (en ppm)} = (n_U - n'_U) \frac{1}{s_U} \times g_U \quad (2)$$

$$Th \text{ (en ppm)} = (n_{Th} - n'_{Th}) \frac{1}{s_{Th}} \times g_{Th} \quad (3)$$

n_K, n_U, n_{Th} taux de comptage en c/sec dans les fenêtres énergétiques K40 - Bi214 - T1208.

n'_K, n'_U, n'_{Th} bruit de fond pour les mêmes fenêtres.

s_K, s_U, s_{Th} sensibilité du spectromètre pour les trois fenêtres choisies.

g_K, g_U, g_{Th} correction de l'effet géométrique (voir paragraphe 6-7).

Pour contrôler les résultats obtenus ou les discuter, nous avons calculé un taux de comptage global N_c et nous l'avons comparé au taux de comptage mesuré N_m .

Le taux de comptage N_c est donné par la formule

$$N_c = a_K K + a_U U + a_{Th} Th \quad (4)$$

$a_K - a_U - a_{Th}$ coefficients en "total count".

2.- LA STATION DE CALIBRAGE

Une station de calibrage constituée de 4 dalles de deux mètres de diamètre et de 0,65 m d'épaisseur (au minimum dans leur partie supérieure) a été construite à la Faculté Polytechnique de Mons pour les besoins de la prospection radiométrique autoportée (fig. 1).

Son but est triple :

- calculer les facteurs de sensibilité $s_K - s_U - s_{Th}$ et les coefficients en "total count" $a_K - a_U - a_{Th}$,
- vérifier le bon fonctionnement de l'appareillage par des mesures effectuées régulièrement sur la station,
- fixer la position des potentiomètres de réglage afin de corriger automatiquement en cours de prospection les taux de comptage dus aux rayonnements secondaires liés aux raies de plus haute énergie (influence du T1 208 sur les voies Bi 214 et K 40, influence du Bi 214 sur la voie K 40).
On suppose dans l'application de cette correction que l'intensité du rayonnement diffusé est le même pour la station et pour une formation géologique caractérisée par une répartition homogène des radioéléments (même type de matrice).

Les caractéristiques des dalles ont été déterminées en s'appuyant sur les données de la littérature (Matolin, 1973; IAEA, 1976) les récentes recommandations de la réunion des experts de l'AEN-OCDE (OCDE-AEN, 1981) et les rapports internes de l'Université de Prague (Matolin *et al.*, 1971).

D'une manière générale les dalles peuvent être construites en béton (2) ou en matériaux meubles (3). En outre, l'élément dopant peut être introduit sous forme d'un produit naturel (2) ou d'un sel (3). Enfin, il est généralement recommandé d'augmenter de

(2) Cas des dalles uranium et thorium de la F.P.Ms.

(3) Cas de la dalle potassium de la F.P.Ms.

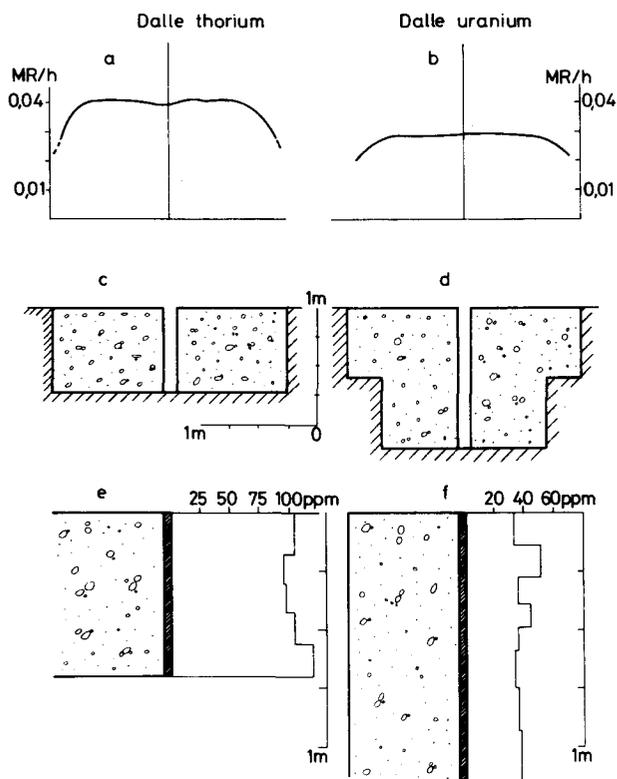


Figure 1.- Les stations de calibrage

En a et b : distribution de la radioactivité en surface des dalles.

Remarque : la chute de radioactivité en bordure est liée à l'influence de la zone vue par le détecteur (cercle de +/- 30 cm de rayon dans les conditions où les mesures ont été effectuées).

En c et d : coupe dans les stations.

En e et f : distribution verticale des teneurs en radioéléments.

5 à 10 fois les concentrations en éléments radioactifs par rapport au clarke des roches les plus communes.

Pour la dalle "uranium", le produit dopant utilisé est un minerai du Hoggar dont l'équilibre radioactif avait été vérifié en laboratoire par spectrométrie gamma. La dalle "thorium" a été dopée par une monazite thorifère (rapport U/Th = 0,08). La dalle "potassium" est constituée d'un cylindre contenant du sable non radioactif mélangé à du KCl.

L'homogénéité verticale de ces dalles (fig. 1, e-f) a été vérifiée par carottage, les carottes ont été coupées en passes de 11 à 29 centimètres et les échantillons ainsi obtenus ont été analysés sur l'installation de spectrométrie gamma du laboratoire.

L'homogénéité en surface des dalles (fig. 1, a-b) a été vérifiée à l'aide d'un scintillateur N 115B, équipé d'une sonde cylindrique dissociée du coffret "alimentation électrique-mesure" et qui peut donc être déposée à la surface des dalles dans des conditions géométriques parfaitement définies. Des mesures ont été effectuées tous les dix centimètres le long de quatre diagonales sur les dalles U-Th-K. Les résultats montrent que l'homogénéité des dalles est satisfaisante (tab. 1).

Tableau 1

Taux de comptage sur les dalles obtenus à l'aide d'un scintillomètre N 115 B.

Dalle	Moyenne (en milliroentgen/h.)	σ
Th	0,0395	0,0011
U	0,0286	0,0017
K	0,0123	0,006

En vue de tenir compte d'une certaine hétérogénéité verticale dans la dalle uranium, la teneur de la zone qui influence le détecteur a été recalculée en utilisant les relations :

$$n = a_{Th} Th + a_U U + a_K K \tag{5}$$

$$n = a_{Th} Th' + a_U U' + a_K K' \tag{6}$$

n et n' sont les taux de comptage globaux déterminés à l'aide du détecteur N 115 B sur les dalles Th et U, ceux-ci étant corrigés du bruit de fond mesuré sur la dalle de béton.

Th-U-K sont les teneurs en radioéléments de la dalle thorium corrigées des teneurs de la dalle béton.

Th'-U'-K' sont les teneurs en radioéléments de la dalle uranium corrigées des teneurs de la dalle béton.

Les valeurs Th'-K-K' étant nulles ou négligeables, les relations (5) et (6) peuvent également s'écrire :

$$n = a_{Th} (Th + \frac{a_U}{a_{Th}} U) \tag{7}$$

$$n' = a_{Th} \frac{a_U}{a_{Th}} U' \tag{8}$$

Le rapport $\frac{a_U}{a_{Th}}$ est une constante donnée dans la littérature (IAEA, 1976 et 1979).

A partir de l'équation (7), on peut donc calculer a_{Th} et à partir de l'équation (8), la valeur corrigée U'.

Le même raisonnement peut être appliqué à la dalle potassium.

Pour un détecteur placé en surface des dalles, les valeurs corrigées des teneurs en thorium, uranium et potassium sont données au tableau ci-dessous :

Tableau 2
Teneurs corrigées des dalles de calibration

Dalle thorium	Dalle uranium	Dalle potassium (4)
102 ppm	36 ppm	8,19 ‰

3.- DETERMINATION DES COEFFICIENTS DE CALIBRAGE

A partir des taux de comptage régulièrement déterminés sur les dalles de calibration et exprimés en coups/sec, nous avons établi les taux de comptage moyens pour une période allant du 25.06.79 au 07.11.80 (tab. 3), les mesures étant effectuées en déposant le détecteur NAL 110 sur les dalles.

Tableau 3
Taux de comptage moyen sur les dalles de la station de calibration (corrigés des valeurs sur la dalle béton).

	Dalle K	Dalle U	Dalle Th
Voie K	127,2	- 0,46	0,41
Voie U	0,26	47,90	1,05
Voie Th	0,04	1,23	77,30
Voie TC	258,10	275,76	388,72

Compte tenu des teneurs en uranium, thorium et potassium des dalles de calibration (tab. 2), on peut déterminer les sensibilités du spectromètre gamma pour les fenêtres énergétiques choisies (s_U , s_{Th} , s_K) ainsi que les coefficients en total count (a_U , a_{Th} , a_K).

En outre, afin de standardiser les résultats en comptage global nous avons adopté l'unité Ur (5) recommandée par l'IAEA (1976) et par la récente réunion du groupe mixte d'experts (OCDE-AEN, 1981).

L'Ur déterminé à partir du taux de comptage global sur la dalle uranium correspond dans nos conditions de travail à 7,66 c/sec.

Les valeurs de coefficients de calibration sont en outre données au tableau suivant :

Tableau 4.- coefficient de calibration

s_K (c/sec/‰ K)	s_U (c/sec/ppm U)	s_{Th} (c/sec/ppm Th)
15,33	1,33	0,758
a_K (c/sec/‰ K)	a_U (c/sec/ppm U)	a_{Th} (c/sec/ppm Th)
31,27	7,66	3,81

Il est intéressant de comparer ces valeurs à celles données dans la littérature (IAEA, 1979, p. 42, tab. 12) pour un cristal d'iodure de sodium de même volume (tab. 5).

Tableau 5

Comparaison des coefficients de calibration.

Les coefficients de sensibilité peuvent varier avec les largeurs des fenêtres spectrales et la résolution en énergie de l'unité de détection. En égard à ces remarques, on voit que nos valeurs sont très proches de celles données dans la littérature.

	s_K	s_U	s_{Th}
Mons	15,33	1,33	0,758
IAEA	12,97	1,20	0,611
Mons/IAEA	1,197	1,108	1,240

4.- DETERMINATION DU BRUIT DE FOND

Le bruit de fond représenté par le rayonnement cosmique et les descendants du radon fixé sur les poussières atmosphériques a été estimé de deux manières différentes :

- en comparant pour chaque voie le taux de comptage mesuré sur la dalle de béton au taux de comptage

(4) La valeur calculée à partir des coefficients de l'IAEA est donnée en ‰ K, les valeurs déterminées sur l'installation de spectrométrie gamma de la F.P.Ms. sont données en ‰ K_2O . La teneur déterminée par un nouveau carottage dans la dalle en janvier 1981 est de 9,83 ‰ en K_2O soit 8,192 ‰ en K.

(5) Une formation géologique avec une unité de concentration en radioélément (en Ur) produit la même réponse qu'une source identique contenant 1 partie par million d'uranium en équilibre radioactif.

Tableau 6.- Calcul de la contribution du bruit de fond

Teneurs de la dalle de béton	K (‰)	eU (ppm)	Th (ppm)	TC
	0,4	2,61	1,61	
n' en c/sec	n' K	n' U	n' Th	n' TC
	6,06	3,47	1,22	38,27
n'' en c/sec	n'' K	n'' U	n'' Th	n'' TC
	7,37	0,98	3,94	72,9

calculé à partir des teneurs réelles du béton en radioéléments (teneurs déterminées en laboratoire par spectrométrie gamma).

- en plaçant le détecteur au-dessus d'un plan d'eau.

Les taux de comptage n' liés au béton lui-même ont été calculés en appliquant les formules suivantes :

$$n'_K = s_K \times K \quad n'_U = s_U \times U \quad n'_{Th} = s_{Th} \times Th$$

$$n'_{TC} = a_K \times K + a_U \times U + a_{Th} \times Th.$$

U-K-Th : teneurs en radioéléments de la dalle béton.

En soustrayant ces taux de comptage des taux mesurés sur la dalle, on obtient la contribution du bruit de fond : n''_K , n''_U , n''_{Th} , n''_{TC} (tab. 6).

Le bruit de fond a également été mesuré en plaçant la sonde sur un bateau à 12 mètres du bord d'un plan d'eau situé près de Mons (plan d'eau du Grand Large), profondeur du bassin de 2,5 à 6-10 mètres. Les valeurs obtenues concordent bien avec les valeurs déterminées par le calcul sur la station béton ($n''_K = 7$; $n''_U = 0,75$; $n''_{Th} = 4$; $n''_{TC} = 73$).

5.- CONTROLE DES RESULTATS

Un moyen de contrôler les résultats obtenus ou de les discuter consiste à calculer un taux de comptage global en partant de la formule :

$$N_c = a_K K + a_U U + a_{Th} Th \quad (9)$$

Ce taux de comptage (N_c) peut être comparé au taux de comptage mesuré (N_m).

Le rapport entre le taux de comptage mesuré et calculé devrait tendre vers l'unité. Des fluctuations significatives de ce taux peuvent être liées à une hétérogénéité locale dans la distribution des radioéléments.

Il faut en effet se rappeler que les constantes de calibrage ont été déterminées en posant le détecteur sur une source homogène supposée infinie. Une distribution hétérogène des radioéléments aura une influence différente sur le "total count" (lié principalement au rayonnement diffusé) et sur les voies K-Th-U (liées principalement aux photopics).

Une instabilité expérimentale (p. ex. dérive du gain du PM) pourrait également entraîner de telles variations. En principe cependant le stabilisateur automatique du spectre monté sur le spectromètre DGRS 1002 évite les dérives.

Pour illustrer les considérations précédentes, nous donnerons quelques exemples pris soit sur des sources supposées homogène et infinie, (carrière de craie phosphatée, limons, ...) soit sur des sources très ponctuelles découvertes en zone urbanisée par le levé autoportée (aiguille de radium) ;

a) **craie phosphatée de Cibly**, formation riche en uranium (30 à 50 ppm) et pratiquement exempte de potassium et de thorium (petite carrière située à Cibly dans la zone des bassins de décantation de la firme phosphocalcaire Rustin).

	K	eU	Th	TC
teneurs	0,24 (‰)	33,7 (ppm)	2,04 (ppm)	33,41 (Ur)

$$TC \text{ calculé (en } U_r) = \frac{7,5 + 258,1 + 7,77}{7,66} = 35,7$$

b) sol sur limons, sommet des exploitations de Craie
Blanche d'Harmignies

	K	eU	Th	TC
teneurs	1,07 (‰)	2,73 (ppm)	5,55 (ppm)	11,02 (Ur)

$$\text{TC calculé (en } U_r) = \frac{33,46 + 20,84 + 21,15}{7,66} = 9,84 U_r$$

c) anomalie anthropique, aiguilles de radium en bordure
de route dans une zone urbanisée (région de Mons)

S'il s'agit d'un radioisotope artificiel, son comportement dans le domaine énergétique considéré (> 1 MeV) est toutefois analogue à celui de l'uranium naturel (la raie à 1,76 MeV est liée au Bi 214 descendant du radium).

	K	eU	Th	TC
teneurs	0,53 (‰)	257,7 (ppm)	5,4 (ppm)	1119,7 (Ur)

$$\text{TC calculé (en } U_r) = \frac{16,6 + 1974 + 20,6}{7,66} = 262,55$$

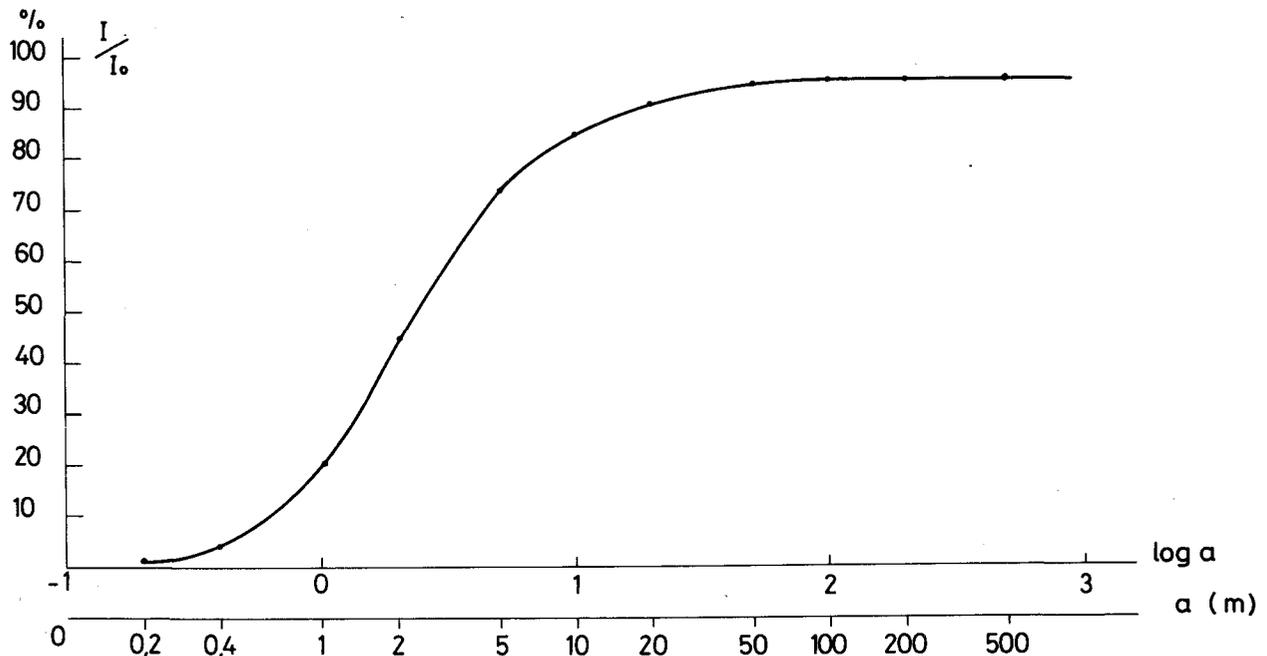


Figure 2

Courbe théorique donnant l'intensité I de rayonnement rapportée à l'intensité au sol I_0 pour une mesure effectuée dans la situation géométrique adoptée au cours de la prospection (détecteur dans l'air à 1 m 30 au-dessus du sol). a représente le rayon de la zone vue du sol par le détecteur.

En conséquence, on constate que pour des formations homogènes le "total count" calculé est très proche du "total count" mesuré. Par contre, dans le cas d'une source intense et très ponctuelle la différence entre les "total count" calculé et mesuré peut dépasser 100 ‰.

6.- ZONE D'INFLUENCE ET EFFETS GEOMETRIQUES

La zone d'influence du détecteur a été calculée pour une formation horizontale et homogène en introduisant en micro-ordinateur TRS 80 la fonction :

$$I = I_0 h/2 \pi \iint_s e^{-\mu r} r^{-3} ds \quad (\text{Matolin, 1973})$$

La courbe donnant I/I_0 en fonction du rayon a de la zone d'influence a été calculée dans les conditions suivantes :

- source horizontale infinie et homogène (géométrie 2π),
- hauteur du détecteur au-dessus du sol : 1 m 30 (condition de la prospection),
- densité ρ de l'air : 1,293 mg/cm³,
- coefficient d'atténuation μ/ρ pour la raie de l'uranium : 0,007.

La figure 2 montre que :

- l'effet de la densité de l'air est pratiquement négligeable ($\frac{1}{I_0} \times 0,95 - 0,96$ pour une source infinie),
- 50 % du rayonnement vient d'une source de 2,4 m de rayon autour du détecteur, 90 % d'une source de 18 m de rayon.

Il faut cependant noter que cette zone d'influence peut varier avec les effets géométriques (terrain accidenté, talus, . . .). Les concentrations peuvent par exemple être surestimées de 50 % à la base d'un escarpement (IAEA, 1979).

La courbe calculée (fig. 2) donne cependant un ordre de grandeur de la zone investiguée par la prospection autoportée compte tenu de la position du détecteur sur le véhicule.

En vue de vérifier l'influence de la position du détecteur sur les teneurs calculées, des mesures ont été effectuées dans différentes conditions sur une source homogène constituée par des formations limoneuses.

	K (‰)	eU (ppm)	Th (ppm)	TC (Ur)	TC calculé (Ur)
1	1,07	2,73	5,55	11,02	9,72
2	1,29	3,33	6,42	13,43	11,54

1. détecteur placé dans la situation géométrique adoptée lors de la prospection sur le terrain,
2. détecteur placé au sol dans la situation géométrique adoptée lors du calibrage.

On constate que les teneurs sont légèrement plus élevées lorsque le détecteur est déposé sur le sol. Aussi, les valeurs obtenues seront-elles corrigées pour tenir compte des effets géométriques (absorption du bruit de fond par le véhicule lui-même, absorption dans l'air, . . .).

7.- FORMULES DE CORRECTION

Compte tenu des considérations précédentes, nous avons adopté les formules suivantes appliquées au calcul des teneurs en potassium-équivalent uranium-thorium et à la conversion du comptage total en Ur :

$$K \text{ (en ‰)} = (n_K - 7,37) \times \frac{1}{15,33} \times 1,20 \quad (10)$$

$$eU \text{ (en ppm)} = (n_U - 0,98) \times \frac{1}{1,33} \times 1,22 \quad (11)$$

$$Th \text{ (en ppm)} = (n_{Th} - 3,94) \times \frac{1}{0,758} \times 1,16 \quad (12)$$

$$TC \text{ (en Ur)}(6) = (n_{TC} - 72,9) \times \frac{1}{7,66} \times 1,22 \quad (13)$$

TC calculé (en Ur) =

$$(K \times 31,27 + eU \times 7,66 + Th \times 3,81) \times \frac{1}{7,66} \quad (14)$$

Etant donné les faibles taux de comptage généralement mesurés en Ardenne (qui n'est pas réputée être une province uranifère), les valeurs standardisées obtenues en appliquant les formules précédentes sont susceptibles d'être influencées par de nombreux facteurs (géométrie de l'affleurement, variation du back-ground, teneur en eau des formations, dérive de l'appareillage, retombées radioactives, . . .).

8.- INFLUENCE DE LA GEOMETRIE DES AFFLEUREMENTS SUR LE CALCUL DES TENEURS ET DU TOTAL COUNT

En vue de vérifier l'incidence de l'extension des affleurements sur le calcul des teneurs et du total count, nous avons, à titre exemplatif, considéré les valeurs moyennes obtenues à partir des informations codées sur la géométrie de l'affleurement (distinction grands et petits affleurements) et ce pour le Dévonien inférieur de la Haute Ardenne.

Le tableau 7 montre que les teneurs obtenues à partir des formules 10 à 14 sont systématiquement plus élevées sur les grands affleurements. Toutefois, les rapports Th/U et U/K₂O sont assez proches quelque soit la géométrie de l'affleurement et apparaissent donc caractéristiques d'une formation donnée.

9.- COMPARAISON DES DONNEES DE LA PROSPECTION AUTOPORTEE ET DES ANALYSES EFFECTUEES EN LABORATOIRE

En vue de vérifier la valeur des formules proposées au paragraphe 7, nous avons comparé les données inter-

(6) Le seuil énergétique (paragraphe 2) étant placé à 1 MeV l'Ur peut être directement converti en microrentgen/h
1 Ur = 0,6 µ R/h.

Tableau 7.- Influence de la géométrie des affleurements. Dévonien inférieur, Haute Ardenne.

6 grands affleurements - 5 petits affleurements
 TC1 total count mesuré - TC 2 total count calculé

	K ₂ O ‰	eU (ppm)	Th (ppm)	Th/U	U/K ₂ O	TC1	TC2	Ecart TC1-2 (‰)
Emsien (6)	3,54	3,78	12,54	3,32	1,07	25,75	21,79	+ 16,6
Emsien (5)	2,45	3,01	9,96	3,31	1,23	19,21	16,08	+ 17,7
Siegenien (6)	3,20	3,26	11,10	3,40	1,02	23,48	19,41	+ 19
Siegenien (5)	2,36	2,42	8,80	3,64	1,02	18,42	14,62	+ 23
Gedinnien (6)	3,21	4,03	10,65	2,64	1,25	23,40	20,00	+ 15,7
Gedinnien (5)	2,28	3,24	9,21	2,84	1,42	17,51	15,39	+ 13

prêtées de la prospection autoportée aux teneurs obtenues à partir d'une analyse en spectrométrie gamma de laboratoire des échantillons prélevés sur le terrain le long de l'itinéraire parcouru.

Cette comparaison ne peut s'effectuer que si certaines conditions sont réalisées :

- une formation géologique largement affleurante (voir remarque du paragraphe précédent), et telle que la déflexion soit stabilisée à sa valeur maximum,
- une homogénéité de la distribution des radioéléments au sein de la formation..

Les essais ont été effectués sur les schistes et schistes gréseux du Siegenien inférieur (Schistes de St Hubert) dans la coupe de la Haute Lesse. L'homogénéité de la distribution des radioéléments a été vérifiée par levé au scintillateur portable. Le tableau 8 montre que les valeurs obtenues par l'analyse en laboratoire sont comparables aux teneurs déterminées par le calcul à partir des mesures effectuées en prospection autoportée.

Il faut toutefois faire remarquer que le mode d'enregistrement qui a été utilisé (enregistrement analogique) entraîne de nombreuses erreurs au niveau du dépouillement. Bien que des corrections ont été apportées à toutes les mesures (compensation des déviations des plumes, . . .), il n'en reste pas moins qu'en formation peu uranifère les déflexions sur la voie uranium sont de l'ordre de 1 à 4 mm et que des erreurs de lecture de 0,5 mm sont fréquentes ; celles-ci entraînent une variation de l'ordre de 0,5 à 1 ppm sur la teneur calculée.

Ce type d'erreur a cependant tendance à se compenser lorsqu'on travaille sur des moyennes. Or, le but

d'un dépouillement complet des données de l'autoprotée est de définir pour chaque formation géologique une signature radiogéochimique en vue de pouvoir ensuite déceler toute distribution anormale dans la répartition des radioéléments. En dehors des zones anormales, les études statistiques vont donc entraîner un lissage des erreurs de lecture.

Tableau 8

Comparaison entre les résultats en autoportée et les mesures en spectrométrie gamma de laboratoire sur une coupe prise dans les séries phylladeuses du Dévonien inférieur (Siegenien) de la Haute Lesse .

Point	K ₂ O (‰)	eU (ppm)	Th (ppm)	Th/K ₂ O
Autoportée 518B8	3,14	3,24	14,58	4,64
Laboratoire 24 DN	2,95	3,41	12,09	4,10

10.- CONCLUSIONS

Malgré les nombreuses difficultés que soulève la transposition, en terme de teneurs, des mesures effectuées par prospection autoportée auxquelles sont venues s'ajouter les difficultés liées à l'utilisation d'un matériel à sortie analogique, nous avons pu définir une méthodologie d'interprétation qui conduit à des résultats valables.

Un calibrage soigné sur des stations adéquates et l'application de toute une série de corrections nous ont permis de convertir en teneurs les déflexions en mm sur les voies K 40 - Bi 214 - Tl 208 de l'enregistreur analogique et de standardiser les mesures en total count

(unité Ur). Les résultats peuvent être en permanence contrôlés et discutés à la lumière d'une comparaison entre un "total count" mesuré et un "total count" calculé à partir des teneurs. Dans des zones fortement anormales, la comparaison des "total count" calculé et mesuré permet d'approcher la nature et la géométrie des sources de rayonnement (sources très ponctuelles,...).

L'effet de certains facteurs géométriques (développement et orientation des affleurements, . . .) et des erreurs de lecture peuvent être réduites en travaillant sur les rapports Th/U, U/K₂O, Th/K₂O. L'étude de ces paramètres permettront d'éliminer les fausses anomalies (revêtement des routes, . . .) et de dégager dans un contexte lithologique donné (quantifié par les rapports Th/K₂O) une tendance locale ou régionale à la concentration en uranium.

(7) Nous remercions notre collègue J. BRYCH, Professeur à la F.P.Ms. qui s'est chargé de la traduction.

BIBLIOGRAPHIE

- IAEA (International Atomic Energy Agency), 1976. Radiometric Reporting Methods and calibration in Uranium Exploration, Technical reports, series n° 174.
- IAEA (International Atomic Energy Agency), 1979. Gamma-ray surveys in Uranium Exploration, technical reports, series n° 186.
- MATOLIN, M., 1973. Artificial Standards for calibration of airborne, field portable and logging gamma spectrometers in, Uranium Exploration Methods, : 125-139 (Proceedings of a panel, Vienna, 10-14 April 1972).
- MATOLIN, M., & DEDACEK, K., 1971. Study for foundation of calibration base for field gamma-spectrometers in Czechoslovakia, Final Rep. of the Faculty of Science, Charles Univ., Prague (in Czech (7), 118 p.).
- OCDE-AEN (Agence Energie Nucléaire), 1981. Publication des résultats et étalonnage des mesures de comptage total du rayonnement gamma. Bulletin d'Information, R-D sur les techniques de prospection de l'uranium, 3 : 19-22.