

EUR 2998.f

COMMUNAUTE EUROPEENNE DE L'ENERGIE ATOMIQUE - EURATOM

**VALEUR DE LA SPECTROMETRIE GAMMA
APPLIQUÉE AUX ECHANTILLONS BIOLOGIQUES**

par

H. TANGUY et V. CAMERA

1966



**Centre Commun de Recherche Nucléaire
Etablissement d'Ispra - Italie
Service Médical**

AVERTISSEMENT

Le présent document a été élaboré sous les auspices de la Commission de la Communauté Européenne de l'Energie Atomique (EURATOM).

Il est précisé que la Commission d'EURATOM, ses contractants, ou toute personne agissant en leur nom :

ne garantissent pas l'exactitude ou le caractère complet des informations contenues dans ce document, ni que l'utilisation d'une information, d'un équipement, d'une méthode ou d'un procédé quelconque décrits dans le présent document ne porte pas atteinte à des droits privatifs;

n'assument aucune responsabilité pour les dommages qui pourraient résulter de l'utilisation d'informations, d'équipements, de méthodes ou procédés divulgués dans le présent document.

Ce rapport est vendu dans les bureaux de vente indiqués en 4e page de couverture

au prix de FF 4,—

FB 40

DM 3,20

Lit. 500

Fl. 5,—

Prière de mentionner, lors de toute commande, le numéro EUR et le titre qui figurent sur la couverture de chaque rapport.

Imprimé par Smeets
Bruxelles, juillet 1966

Le présent document a été reproduit à partir de la meilleure copie disponible.

EUR 2998.f

COMMUNAUTE EUROPEENNE DE L'ENERGIE ATOMIQUE - EURATOM

**VALEUR DE LA SPECTROMETRIE GAMMA
APPLIQUÉE AUX ECHANTILLONS BIOLOGIQUES**

par

H. TANGUY et V. CAMERA

1966



**Centre Commun de Recherche Nucléaire
Etablissement d'Ispra - Italie
Service Médical**

RESUME

Après avoir montré que, sans être un procédé aussi général que l'anthropogammamétrie, la spectrométrie gamma appliquée aux échantillons biologiques présente quelque utilité, les auteurs établissent les spectres normaux des urines et des fèces, mettant en évidence une nette augmentation de Cs^{137} dans l'urine à partir de la moitié de l'année 1963, les charges corporelles en cet élément déduites à partir des concentrations urinaires étant d'ailleurs plus élevées à Ispra que dans les pays où de telles mesures ont été faites. Ils donnent ensuite les spectres obtenus dans quelques cas de contaminations - très légères d'ailleurs - étudiés par eux à Ispra (contaminations par Hg^{203} , Cs^{134} , Eu^{152} et 154 et par des produits de fission de l'uranium).

En attendant qu'un anthroporadiamètre pour mesure in vivo de la radioactivité gamma soit installé au Centre d'Ispra, l'un des procédés les plus efficaces de surveillance du personnel le plus exposé aux contaminations a été la spectrométrie gamma, appliquée à l'urine en examens de routine, et au mucus nasal ou aux fèces dans le cas où une contamination par un radioélément émetteur gamma était soupçonnée. L'intérêt de ces examens est indéniable pour qui ne dispose pas d'un anthroporadiamètre, mais en est-il de même lorsqu'un comptage des éléments émetteurs gamma peut être fait sur le corps entier? Faut-il alors s'en tenir à cette dernière méthode, et abandonner sans scrupules des examens devenus inutiles?

Tel est l'avis de certains auteurs. Ainsi, Sill, Anderson et Percival affirment que l'exécution pendant trois ans d'un programme de comptage in vivo sur le corps humain leur a clairement démontré que l'analyse des urines est tout à fait inadéquate, comme technique générale, pour le contrôle des contaminations internes, puisque, sur 31 radionuclides qu'ils ont eu l'occasion de trouver dans des examens in vivo pratiqués sur 2000 personnes, seuls l'Iode 131 et 133, le Caesium 134 et 137, le Mercure 197 et 203, et le Molybdène-Technetium 99 sont éliminés par l'urine d'une façon appréciable, les autres éléments n'étant pas dosables, à part quelques traces occasionnelles, même dans un échantillon d'urine de 1500 ml, mais se retrouvant cependant dans les fèces.

Quoiqu'il en soit, la méthode est si simple (la principale difficulté étant d'obtenir des urines qui soient vraiment celles de 24 heures) qu'elle mérite encore d'être utilisée concurremment avec le comptage in vivo. Il est certain d'ailleurs, ainsi que l'indiquent Eakins et Morgan, que dans le cas d'exposition à des composés solubles de radionuclides dont les taux d'excrétion rénale sont bien établis, l'analyse d'urine peut donner une bonne indication de la contamination interne; de même, si le rapport entre la rétention et l'excrétion a été établi par des études expérimentales sur l'homme, la quantité présente dans le corps peut être déterminée d'après les résultats des analyses d'urines, avec une sûreté limitée seulement par les variations biologiques d'un individu à l'autre.

Manuscrit reçu le 11 mai 1966.

(Nous ne perdons pas de vue, bien entendu, que l'absence de détection d'un radionuclide dans l'urine ne prouve pas l'absence de ce radionuclide dans le corps, et il est alors évident que, bien que donnant un indice valable d'exposition à certains radionuclides dans des conditions bien définies, l'analyse d'urines ne peut dans certaines circonstances donner des informations concernant la sévérité de la contamination interne). D'autre part, comme nous le verrons, l'analyse des fèces garde encore son utilité malgré l'emploi de l'anthropogammamétrie, car elle se révèle souvent plus sensible que cette dernière méthode.

Il faut pouvoir détecter des radionuclides à des concentrations pouvant se trouver dans les excréta de personnes ayant des niveaux de contamination atteignant une fraction significative de la concentration corporelle maximale permmissible recommandée par l'I.C.R.P. Il est habituel, dans le champ des dosages biologiques, de se référer au "niveau d'action" pour un radionuclide particulier; Holmes le définit comme le niveau d'excrétion que l'on peut attendre (sur la base de l'expérimentation humaine, par exemple) chez une personne qui a incorporé une dose maximale permmissible d'un radionuclide quelque temps avant le prélèvement d'échantillon. Mais le niveau d'excrétion et la façon dont il diminue avec le temps diffèrent beaucoup d'un radionuclide à l'autre et sont affectés par de nombreux facteurs (période physique et biologique, mode d'incorporation, propriétés physiques et chimiques de l'agent contaminant, variations individuelles, etc.) et les données d'expérimentation humaine requises pour faire des mesures réalistes de "niveau d'action" sont actuellement utilisables seulement pour quelques éléments; c'est pourquoi on adopte pour le calcul de ces niveaux une méthode générale: pour la plupart des radionuclides, l'excrétion en 24 heures immédiatement après l'absorption (corrigée éventuellement de la décroissance physique) dépasse 1 % de la dose absorbée, et il semble raisonnable, par conséquent, de prendre une valeur de 0,1 % comme niveau d'excrétion à un temps arbitraire après l'absorption. En appliquant ce niveau d'excrétion aux Q.M.A. recommandées par l'I.C.E.P., les "niveaux d'action" pour un certain nombre de nuclides émetteurs gamma communément rencontrés ont été calculés (ils vont de 2 nc/24h pour Mn 56 à 800 nc/24h pour Cr 51), et Holmes donne pour ces radionuclides les limites de détection, dans les excréta, exprimées en fraction du "niveau d'action":

1) Entre $\frac{1}{10.000}$ et $\frac{1}{1.000}$: Cs 134 et 137

- 2) Entre $\frac{1}{1000}$ et $\frac{1}{100}$: Na 22, Cr 51, Mn 54, Zn 65, Se 75, Sr 85, Ru 103, Sb 122, Ce 141, Au 198 et 199, Pa 233.
- 3) Entre $\frac{1}{100}$ et $\frac{1}{10}$: Na 24, Sc 46, Mn 56, Fe 59, Co 60, Cu 64, As 76, Br 82, Ag 110, Sb 124, Ce 144, W 187, Hg 203
- 4) Entre $\frac{1}{10}$ et 1 : Ru 106, Pd 109

Equipement et procédure

L'appareillage utilisé pour la spectrométrie gamma comprend:

- un cristal cylindrique 3" x 3" d'iodure de sodium activé au thallium; monté sur un photomultiplicateur et protégé par un château de plomb de 10 cm d'épaisseur,

- un sélecteur d'amplitudes à 400 canaux (modèle Intertechnique SA 40 B) couplé à un enregistreur automatique de spectres et à une machine calculatrice du nombre d'impulsions par canal.

Les échantillons biologiques à analyser sont placés dans des récipients de diverses capacités. Pour l'urine, nous utilisons des cylindres annulaires en plastique, soit de 500 cc, soit de 1000 cc, qui entourent le cristal détecteur d'une couche uniforme de liquide, assurant ainsi la meilleure géométrie pour le comptage. Les échantillons de fèces sont comptés directement dans le récipient cylindrique de polyvinyle où ils sont collectés, ou bien calcinés, et, dans ce cas, les cendres sont dissoutes dans un mélange d'acides chlorhydrique et azotique, la solution est diluée à 200 ml et comptée dans un récipient cylindrique annulaire en polyvinyle de 500 cc. Quant au mucus nasal, il est compté directement sur le cristal (signalons aussi que des contaminations externes ont pu être identifiées sur les mains en mettant celles-ci dans le château de plomb au dessus du cristal).

Le temps de comptage utilisé a été généralement de 15 heures pour les différents échantillons biologiques.

Généralement le spectre obtenu dans l'analyseur, après déduction du bruit de fond, permet pour chaque échantillon d'identifier immédiatement les radionuclides présents et de les doser en mesurant la surface du pic principal qui leur correspond, après étalonnage de l'efficacité de l'appareil dans les mêmes conditions pour des émetteurs gamma d'activité connue.

Spectres gamma des échantillons normaux d'urines et de fèces

Avant tout essai de détermination qualitative et quantitative de radionuclides émetteurs gamma dans les échantillons biologiques, il convient évidemment de faire un spectre "bruit de fond" (fig. 1) que l'on pourra ultérieurement déduire des spectres réels obtenus, et aussi un spectre normal d'urine ou de fèces, résultant de la moyenne de nombreux examens pratiqués chez des sujets présumés non contaminés.

On constate dans le spectre moyen des urines normales (fig. 2), et surtout après déduction du bruit de fond (fig. 3) 2 pics, l'un correspondant au K 40, radionuclide existant constamment dans l'organisme (étant donné que le potassium naturel contient toujours du K 40), l'autre correspondant au Cs 137, actuellement présent chez tous les êtres vivants, par l'intermédiaire de la chaîne alimentaire, à cause des retombées radio-actives provenant des essais nucléaires.

Nous donnons dans le tableau suivant les moyennes obtenues pendant les années 1963 et 1964, sur 50 sujets, au point de vue de la teneur de l'urine en Cs 137 (les déterminations étant faites en picocuries par litre d'urine à cause de la difficulté de se procurer les urines de 24 heures), et nous y ajoutons les moyennes du rapport Cs 137 en picocuries/K en grammes dans l'urine et les écarts quadratiques moyens.

	137 Cs en pc/l d'urine	K total en g/l d'urine	$\frac{137 \text{ Cs (pc)}}{\text{K (g)}}$
1er semestre 1963	144 ± 60	2.64 ± 0,25	57 ± 24
2ème semestre 1963	214 ± 72	2.75 ± 1,1	84 ± 28
1er semestre 1964	200 ± 78	2.68 ± 1,0	82 ± 35
2ème semestre 1964	213 ± 75	2.55 ± 0,88	86 ± 27

On constate donc, après le 1er semestre 1963, une assez nette augmentation de l'élimination urinaire du Cs 137, et donc, le potassium restant sensiblement constant, une élévation du rapport $\frac{\text{Cs 137}}{\text{K}}$.

Pendant les deux années, les quantités maxima et minima de Cs 137 trouvées dans les urines sont respectivement de 350 et de 40 picocuries par litre. Cette différence importante tient probablement au régime alimentaire.

Cette augmentation de l'élimination urinaire de Cs 137 en 1963 a été également constatée dans divers pays. Ainsi, Pellerin, Moroni et

Rémy, sur des mesures effectuées à 250 km environ de Paris, trouvent après 1963 une augmentation de plus de 100 % de la charge corporelle en ^{137}Cs (26.000 pc en 1962), tandis que le rapport $\frac{\text{Cs (pc)}}{\text{K (g)}}$ dans le corps passe de 89 en moyenne pendant le 1er semestre 1963 à 152 pendant le 2ème semestre et à 188 pendant les deux premiers mois de 1964; les chiffres trouvés par ces auteurs pour l'élimination urinaire du ^{137}Cs sont cependant inférieurs aux nôtres, ainsi que le montre leur tableau basé sur les analyses d'urines faites de septembre 1963 à février 1964.

	Moyennes	Chiffres extrêmes
^{137}Cs (pc/l)	114	41 - 200
K (g/l)	2,4	1,2 - 4,4
$\frac{^{137}\text{Cs (pc)}}{\text{K (g)}}$	47	23 - 88

Mais il est vrai, si l'on s'en rapporte au moyen donné par Rundo et Taylor pour calculer la charge corporelle en ^{137}Cs à partir du rapport $\frac{\text{Cs } 137}{\text{K}}$ dans l'urine (multiplier ce rapport par 450), que les charges corporelles trouvées à Ispra doivent aussi être plus élevées que celles trouvées par Pellerin et ses collaborateurs. Nous arrivons en effet aux charges corporelles moyennes suivantes:

1er semestre 1963 :	25650 pc.
2ème semestre 1963:	37800
1er semestre 1964 :	36900
2ème semestre 1964:	38700

(Ces charges corporelles sont très inférieures au maximum permis-sible, qui est de 30 microcuries pour les travailleurs des centres nucléaires, de 10 μc pour les populations).

On retrouve la même augmentation de la concentration corporelle en ^{137}Cs dans les chiffres donnés par R. Jordan et collaborateurs qui, effectuant aux Etats-Unis des examens mensuels sur 191 sujets, arrivent pour la quantité de ^{137}Cs par kg de poids aux moyennes suivantes:

Septembre 1962 :	79	pc
Octobre - :	85,3	
Novembre - :	104,3	
Janvier 1963 :	102,3	
Février - :	102,7	
Mars - :	103,7	
Avril - :	129,5	

Mai	1963	:	143,1
Juin	-	:	142,8
Juillet	-	:	168,8
Août	-	:	158,5
Septembre	-	:	146,4

soit une nette augmentation à partir d'avril 1963.

La même constatation a été faite en Allemagne fédérale par Huycke et Oberhausen; ils ont trouvé que la charge corporelle en Cs 137 a augmenté constamment depuis juin 1962, et que cette augmentation s'est accélérée au cours de la période allant de juin à octobre 1963 (43 pc. de Cs 137 par g de K en moyenne de juin à août 1962, 93 pc d'avril à juin 1963, chez des adultes).

Comme pour la France, les données apportées par les auteurs précédents, américains et allemands, amènent à des concentrations corporelles en Cs 137 plus faibles aux Etats Unis et en Allemagne fédérale qu'au Centre d'Ispra. En est-il de même dans le reste de l'Italie? Si l'on s'en réfère aux moyennes avancées par Melandri et Rimondi, de Bologne, à la suite de mesures effectuées trimestriellement sur 13 sujets de sexe masculin âgés de 16 à 43 ans, c'est aussi le cas, puisque leurs rapports 137 Cs en picocuries/K en g dans le corps sont les suivants:

Décembre 1962	:	56
Mars 1963	:	74
Juin -	:	81
Septembre -	:	124
Décembre -	:	150

Ce qui donne des concentrations corporelles approximatives en 137 Cs de 11.600 picocuries pendant le 1er semestre 1963 et de 20.500 picocuries pendant le 2ème semestre 1963, soit des concentrations sensiblement inférieures à celles trouvées à Ispra.

Or, d'après J.K. Miettinen, la concentration corporelle en Cs 137 d'un groupe de population dépend de 3 facteurs:

1) La quantité de retombées dans la région, qui retentit sur le pourcentage de Cs dans la chaîne alimentaire.

2) Le type d'alimentation, un régime lacté étant plus riche en Cs 137.

3) La période biologique moyenne du Cs 137 dans le groupe en question, qui dépend de l'âge des sujets, mais aussi probablement de l'origine ethnique.

Ces deux derniers facteurs n'expliquant pas la différence entre les concentrations corporelles trouvées par Melandri et Rimondi et les nôtres, il faut admettre que les retombées radio-actives sont plus importantes dans la région de Varèse, ce qui n'a rien de surprenant puisque ces retombées dépendent de la quantité de pluie annuelle.

Quant au spectre de fèces normales (fig. 4), on y retrouve les pics du Cs 137 et du K 40, et aussi, mais nettement moins marqués, ceux de Zr 95 + Nb 95 et de Mn 54, radionuclides présents dans le "fall-out" à des concentrations variant selon l'époque de l'année entre 2 et 310 mc par km² pour Mn 54 (De Bortoli, Gaglione, Malvicini et Van der Stricht).

Etude de quelques cas de légère contamination interne

1) Cas 1 (fig.5)

Il s'agit de l'un de nous qui, en mesurant à la pipette une solution étalonnée de Hg 203 (sous forme de chlorure), en juin 1963, en a reçu une faible quantité dans la bouche. Les urines de 24 heures ont été aussitôt recueillies et analysées au point de vue spectrométrie gamma: un pic dû à Hg 203 y est très net, bien que la concentration en ce radionuclide soit extrêmement faible. (environ 80 pc. par litre) On peut aussi remarquer dans ce spectre des pics dus à Sb 125, radionuclide présent dans le "fall-out" de cette époque à la concentration du 2,2 mc par km².

2) Cas 2 (fig. 6)

Il s'agit d'un biologiste qui, s'étant contaminé un doigt en manipulant une solution de Cs 134 sous forme de chlorure, a tenté de se décontaminer lui-même en employant du papier-émeri, mais il l'a fait si vigoureusement que la peau du doigt a saigné et qu'une partie du radionuclide est passée dans la circulation. Cs 134 fut détecté à l'anthroporadiamètre sans qu'il soit précisé s'il s'agissait d'une contamination interne ou d'un reste de contamination externe; s'est pourquoi une analyse d'urine fut aussi effectuée, et celle-ci mit en évidence les pics de Cs 134, bien que cet élément ne soit présent qu'à une concentration extrêmement faible.

3) Cas 3 (fig. 7 et 8)

Il s'agit ici d'une contamination à bas niveau par inhalation d'Europium métallique volatilisé dans un arc voltaïque. Le radionuclide ne fut pas décelé à l'anthroporadiamètre, ni, ce qui n'a rien d'étonnant, dans les urines. Par contre, dans le spectre des fèces

recueillies 2 jours après l'incident, l'on aperçoit très nettement les principaux pics de l'Europium, surtout dans le spectre reproduit après déduction du bruit de fond, où se remarquent particulièrement bien les pics d'Eu 152, situés aux énergies 0,12 MeV, 0,245 MeV et 0,345 MeV et où se devinent les pics de cet élément situés à 0,78, 0,96, 1,11 MeV.

4) Cas 4 (fig. 9 et 10)

Ces deux spectres concernent un sujet entré dans une cellule chaude sans avoir pris les précautions d'usage et ayant inhalé des poussières radioactives contenant des produits de fission de l'uranium. Aucun radionuclide (sauf bien entendu Cs 137 et K 40) ne fut décelé à l'anthropogammamètre. Par contre, dans les spectres du mucus nasal et des fèces, on distingue particulièrement bien les pics de Ce 144 (0,134 MeV), de Ru 106 + Rh 106 (0,51 MeV), de Zr 95 + Nb 95 (0,722, 0,754 et 0,764 MeV), bien que ces radionuclides ne soient présents qu'à des concentrations relativement faibles: 1360 picocuries de Ce 144 (dans les fèces), 230 picocuries de Ru 106 + Rh 106, et 110 picocuries de Zr 95 + Nb 95, alors que les quantités maximales admissibles dans l'organisme entier pour ces éléments sont de 20 microcuries pour Ce 144, 10 microcuries pour Ru 106 et 20 microcuries pour Zr 95).

Conclusions

S'il est certain que la spectrométrie gamma des urines ne peut être recommandée comme technique générale de dépistage des contaminations internes, il n'en demeure pas moins qu'elle présente un certain nombre d'avantages:

1) L'anthroporadiamètre constitue un appareillage coûteux, tant pour son acquisition que pour sa mise en oeuvre, et, pour les établissements qui ne peuvent en disposer, la spectrométrie gamma des urines constitue un moyen de détection non négligeable. Celle-ci est même le meilleur procédé lorsqu'il s'agit de chercher certains radionuclides comme Hg 197 et 203, Cs 134 et 137, Eu 152, Ce 144, Ru 106 + Rh 106, Zr 95 + Nb 95, et même, bien que nous n'en ayons pas parlé, I 131 et Mo 99 + Tc 99.

2) L'analyse d'urines est utile pour la détermination des quantités de radionuclides déposés dans l'organisme, tandis que par l'anthropogammamétrie il est difficile de savoir avec certitude si la contamination est interne ou externe.

3) On reproche à l'analyse d'urines de ne pas mettre en évidence les contaminations par des composés insolubles. Or, il peut arriver, ainsi que l'ont montré Sedlet, Fairman et Robinson, qu'une excrétion urinaire importante d'un radionucléide puisse avoir lieu aussitôt après l'inhalation de composés présumés insolubles: ils citent deux cas d'inhalation accidentelle, au Laboratoire National d'Argonne, de petites quantités de poussière de métal irradié; dans le premier cas, l'élimination de Co 60 était 50 fois plus importante dans l'urine que dans les fèces le premier jour suivant la contamination (le maximum d'excrétion fécale eut lieu 2 et 3 jours après l'accident), tandis que dans le second cas, où il s'agissait d'éléments irradiés au cyclotron, les excrétions urinaire et fécale de Co 57 + et 58 et de Zn 65 étaient du même ordre de grandeur. Ceci montre que l'analyse d'urines peut avoir une certaine utilité aussitôt l'inhalation de radionuclides même très faiblement solubles, étant donné qu'un certain temps est nécessaire pour que ceux-ci passent des poumons au tractus gastro-intestinal et circulent ensuite dans celui-ci pour se retrouver dans les fèces.

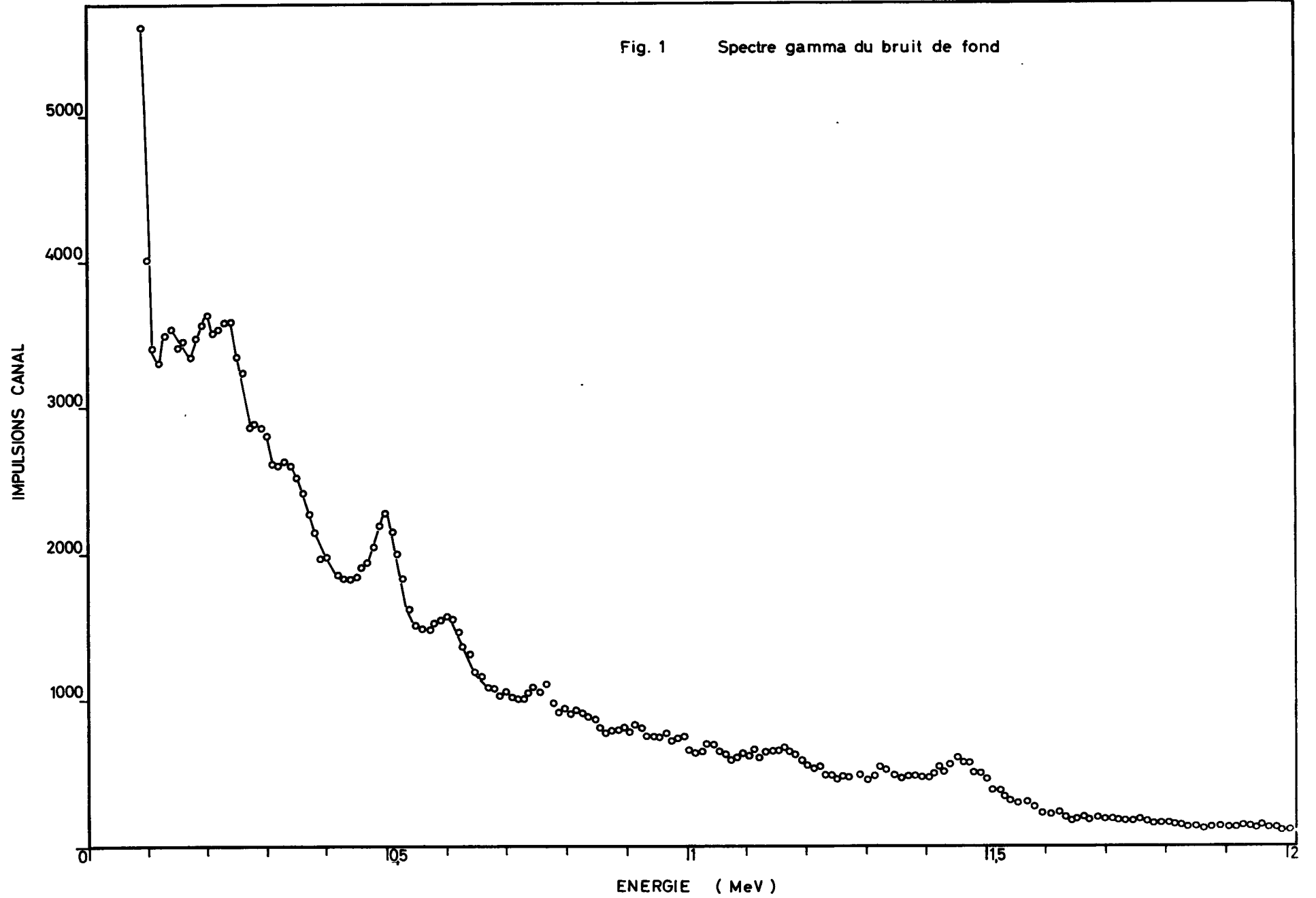
Références

- 1) C.W. Sill, J.I. Anderson et D.R. Percival "Comparison of excretion analysis with whole-body counting for assessment of internal radioactive contaminants", dans "Assessment of radioactivity in man" I.A.E.A. 1964
- 2) J.D. Eakins et A. Morgan: "The role of faecal analysis in a bioassay programme" dans "Assessment of radioactivity in man".
- 3) A. Holmes: "The use of gamma-ray scintillation spectrometry in bioassay", dans "Assessment of radioactivity in man".

- 4) P. Pellerin, J.P. Moroni et M.L. Rémy: "Premiers résultats d'une étude systématique des contaminations internes consécutives aux retombées radioactives", dans "Assessment of radioactivity in man".
- 5) J. Rundo et B.T. Taylor: "The assessment of radioactive caesium in man", dans "Assessment of radioactivity in man".
- 6) R.D. Jordan et coll.: "¹³⁷ Cs chloride retention following accidental ingestion", dans "Assessment of radioactivity in man".
- 7) E.J. Huycke et E. Oberhausen: "Measurement of Cs 137 in the normal person", dans "Assessment of radioactivity in man".
- 8) C. Melandri et O. Rimondi: "In vivo measurements of Cs 137 with a human body counter", dans "Assessment of radioactivity in man".
- 9) J.K. Miettinen: "Cs 137 in groupes of populations", dans "Assessment of radioactivity in man".
- 10) M. de Bortoli, P. Gaglione, A. Malvicini et E. Van der Stricht: "Environmental radioactivity Ispra 1963". Rapport Euratom 2213 e.
- 11) J. Sedlet, W.D. Fairman et J.J. Robinson: "Rapid methods of determining internal radio-active contamination".

Symposium sur le contrôle dosimétrique du personnel en cas d'exposition à des doses élevées de rayonnements externes et internes. A.I.E.A. 8.12. Mars 1965.

Fig. 1 Spectre gamma du bruit de fond



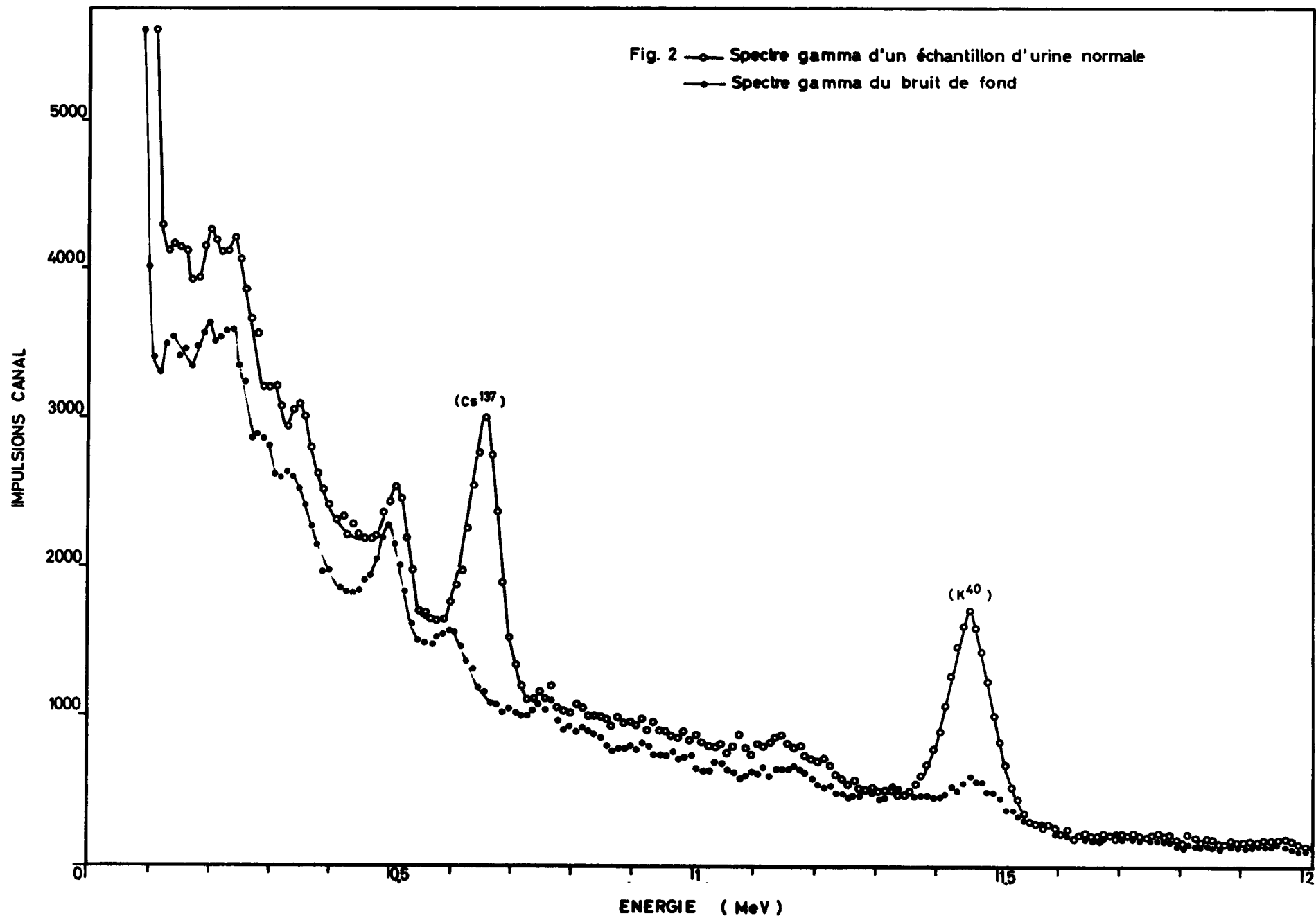


Fig. 3 Spectre gamma d'un échantillon d'urine normale
(fond soustrait)

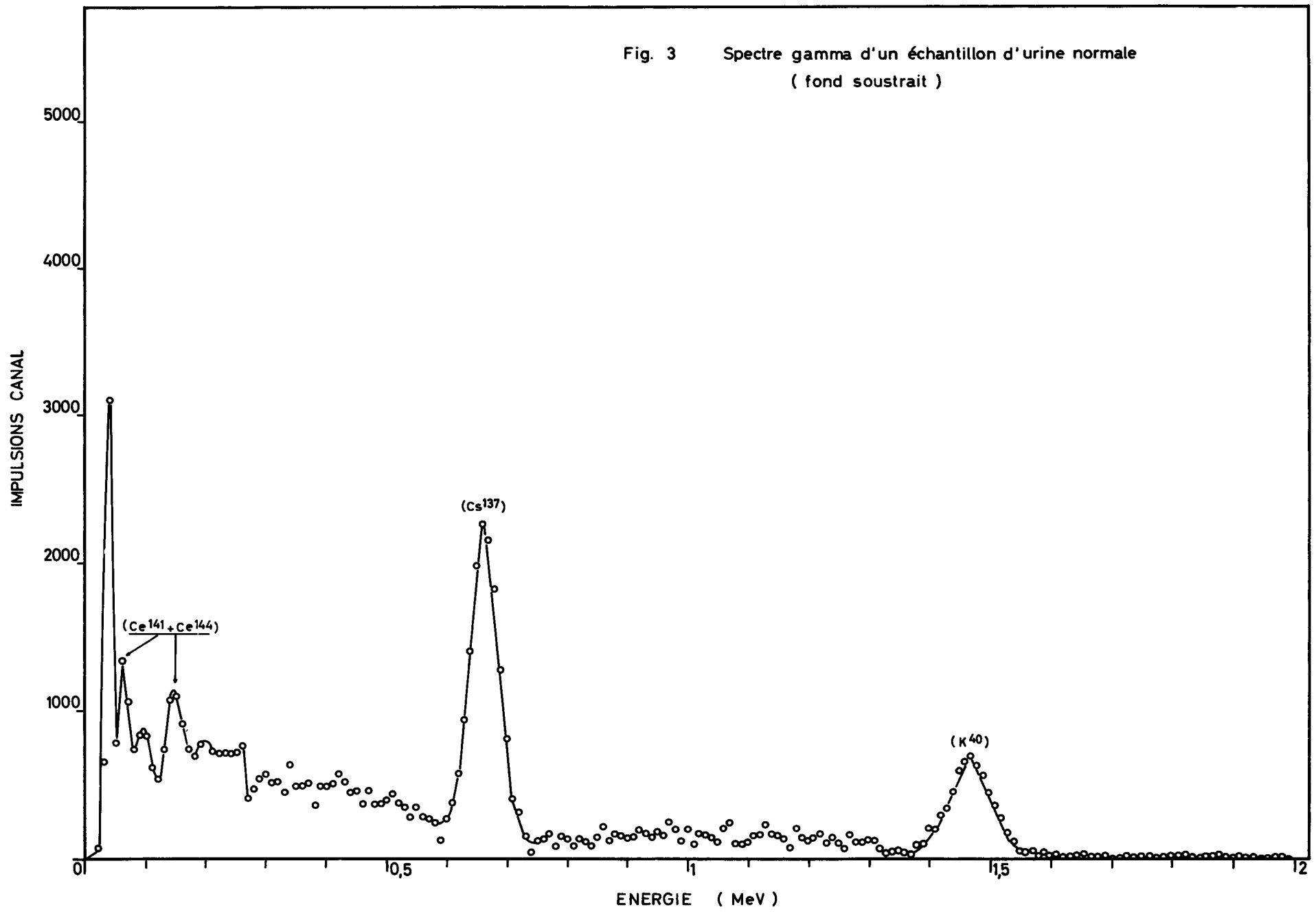


Fig. 4 Spectre gamma d'un échantillon de fèces normales

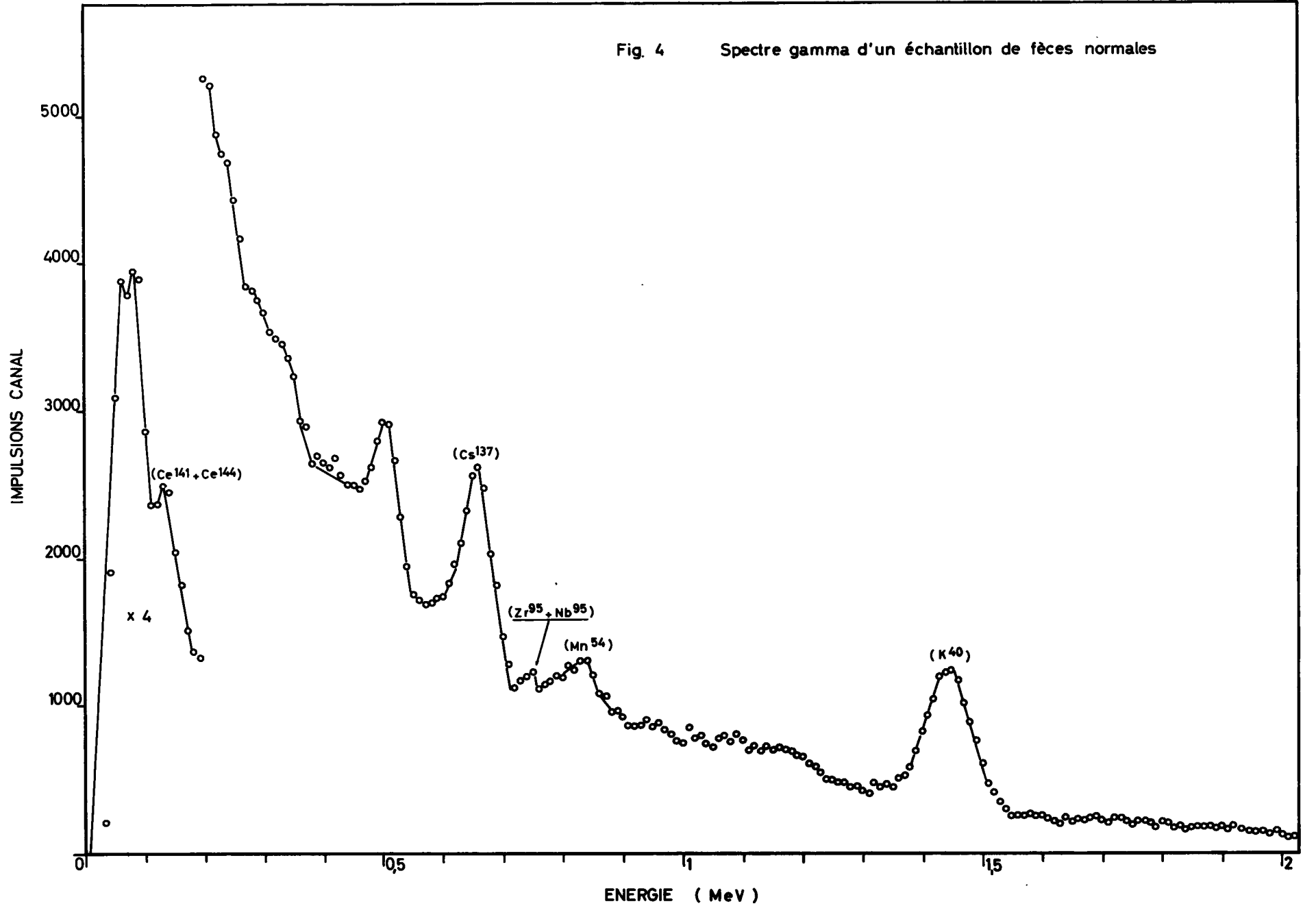


Fig. 5 Spectre gamma d'un échantillon d'urine contaminée

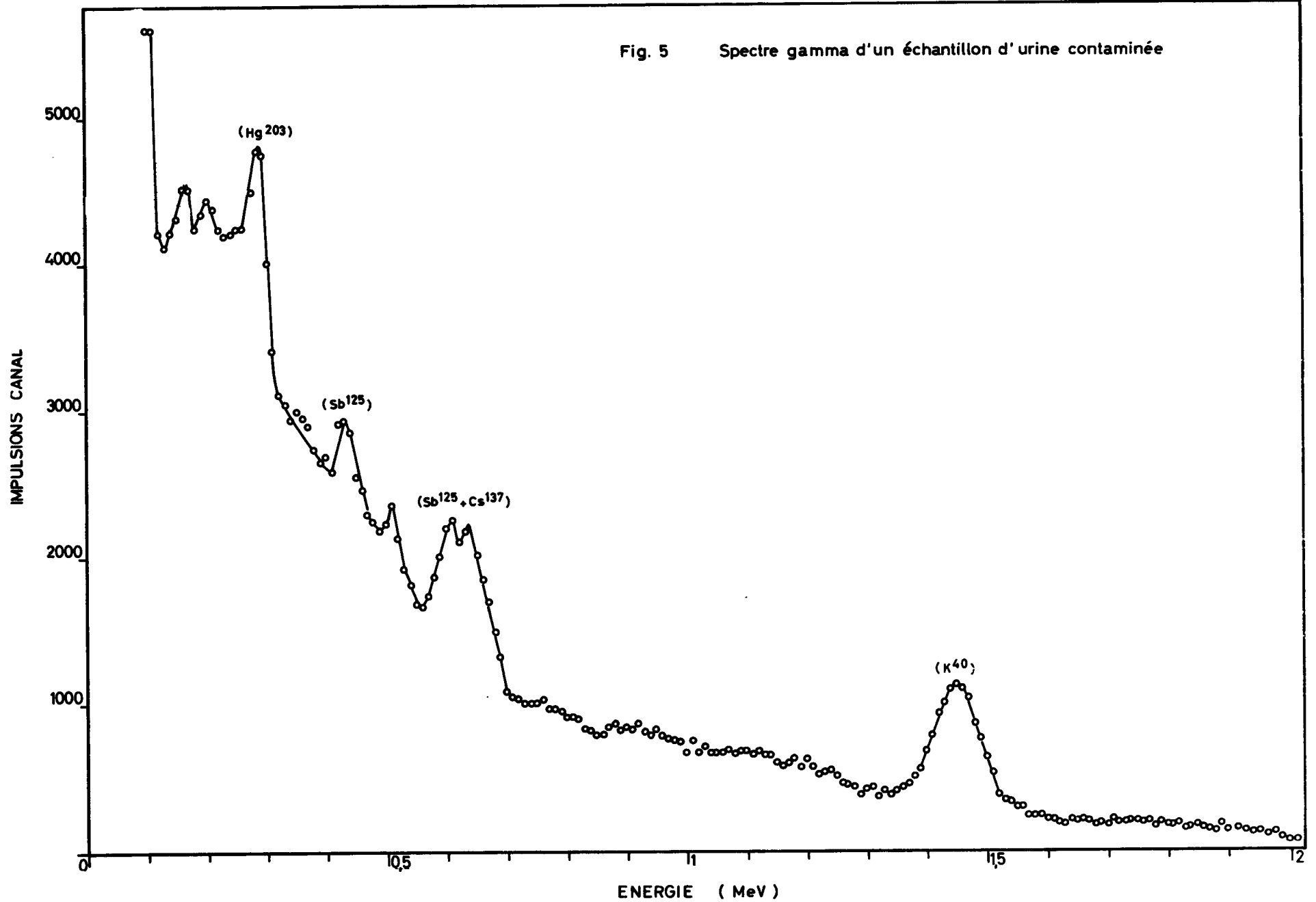


Fig. 6 Spectre gamma d'un échantillon d'urine contaminée

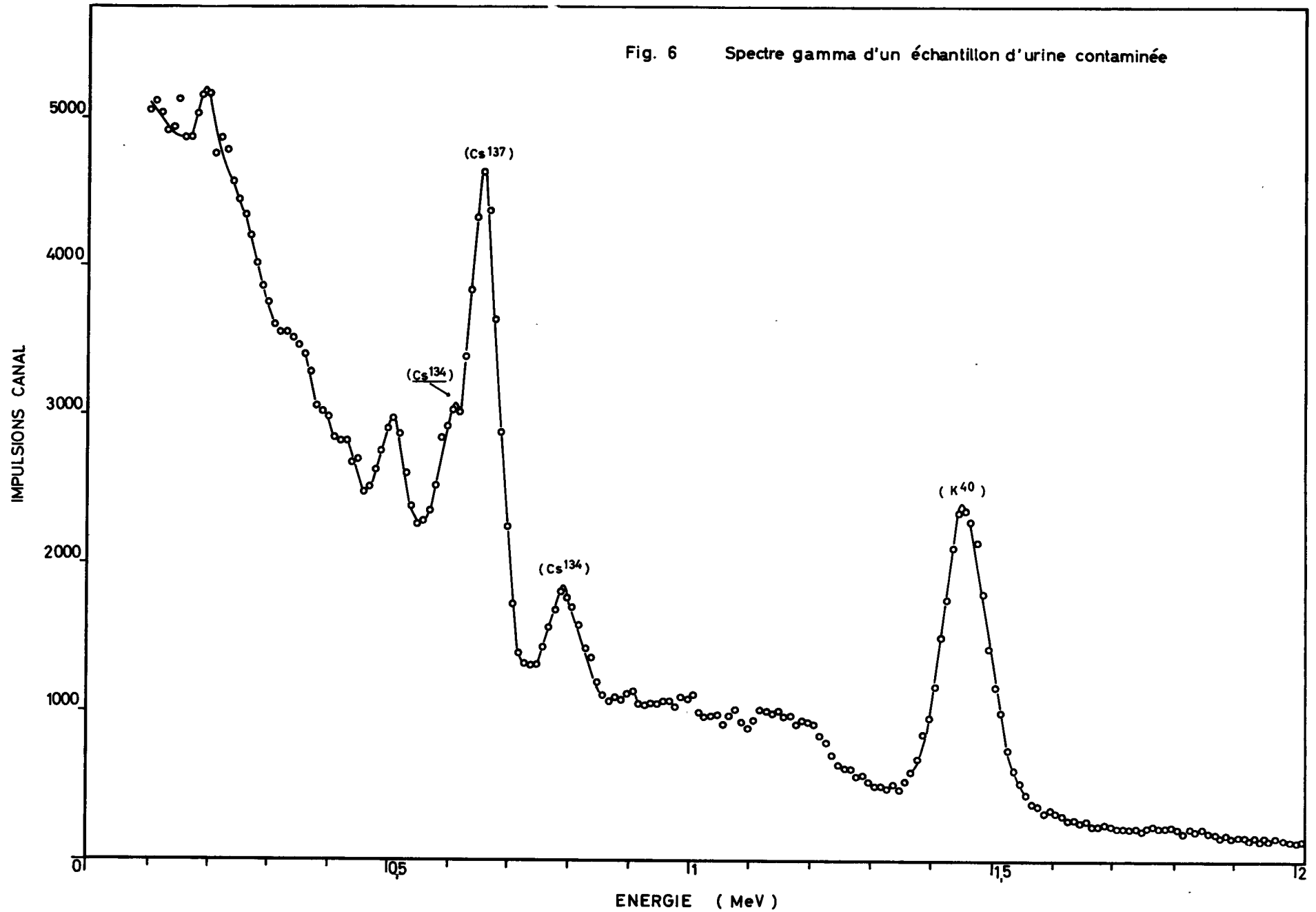
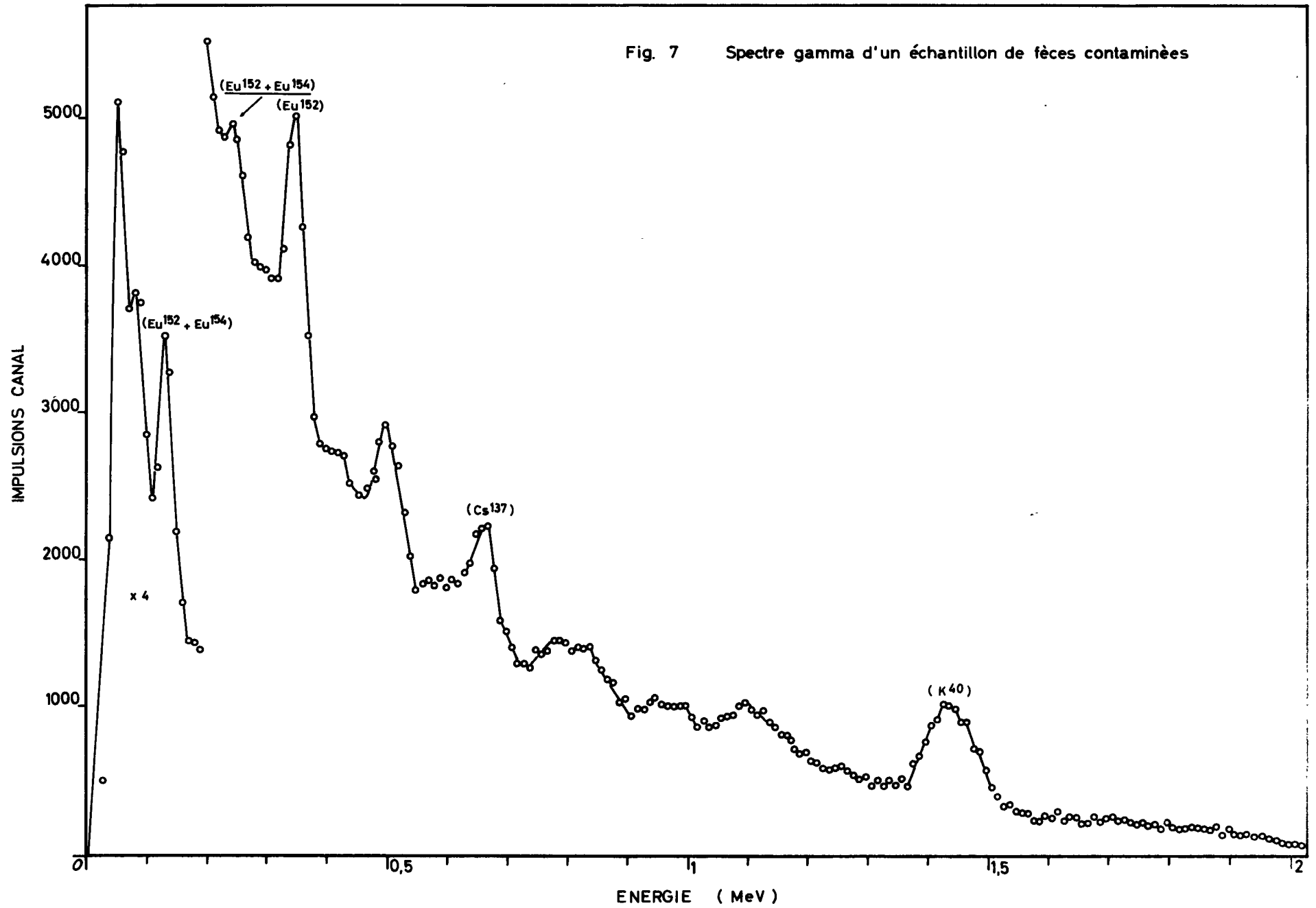


Fig. 7 Spectre gamma d'un échantillon de fèces contaminées



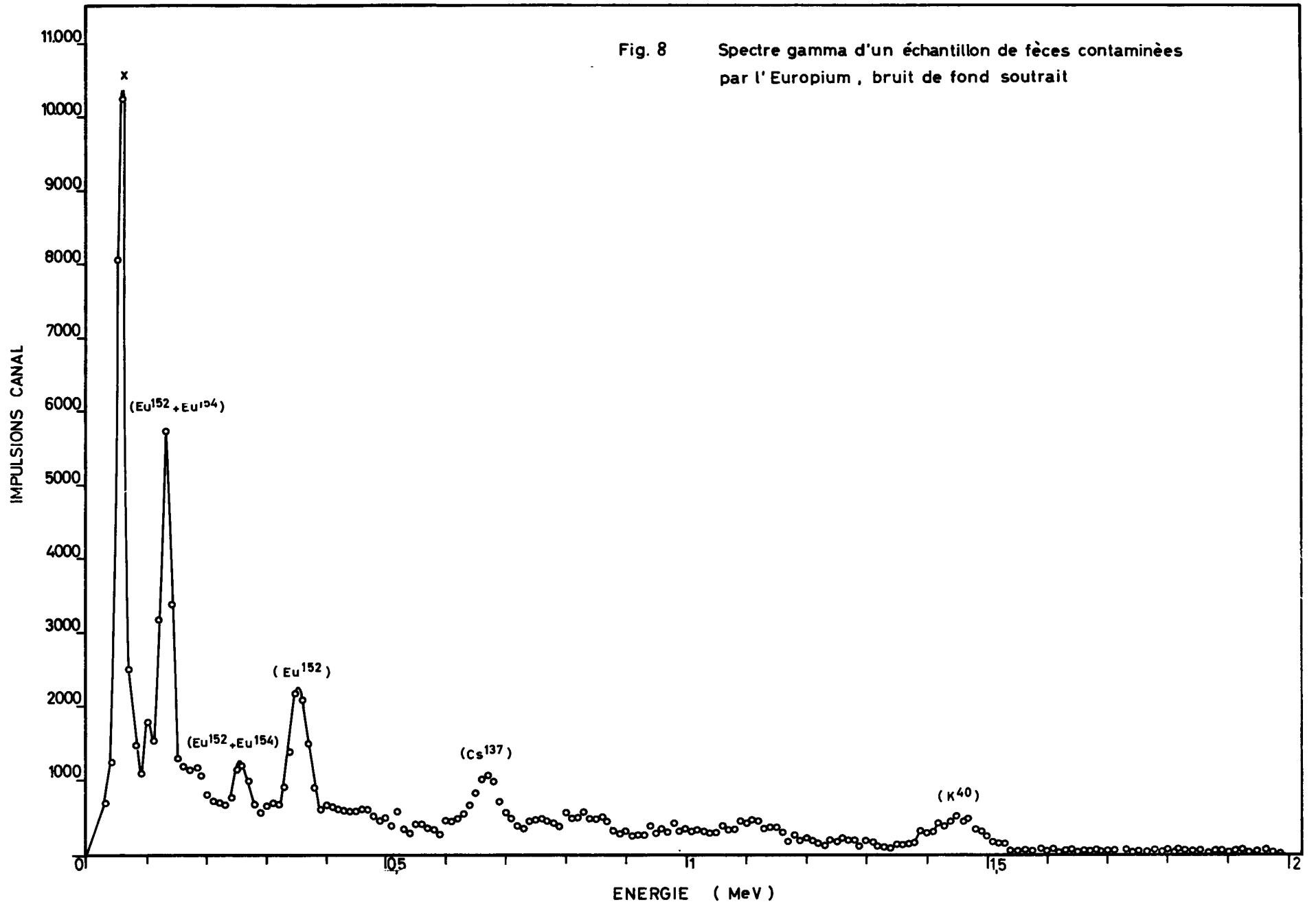


Fig. 9 Spectre gamma d'un échantillon de mucus nasal contaminé

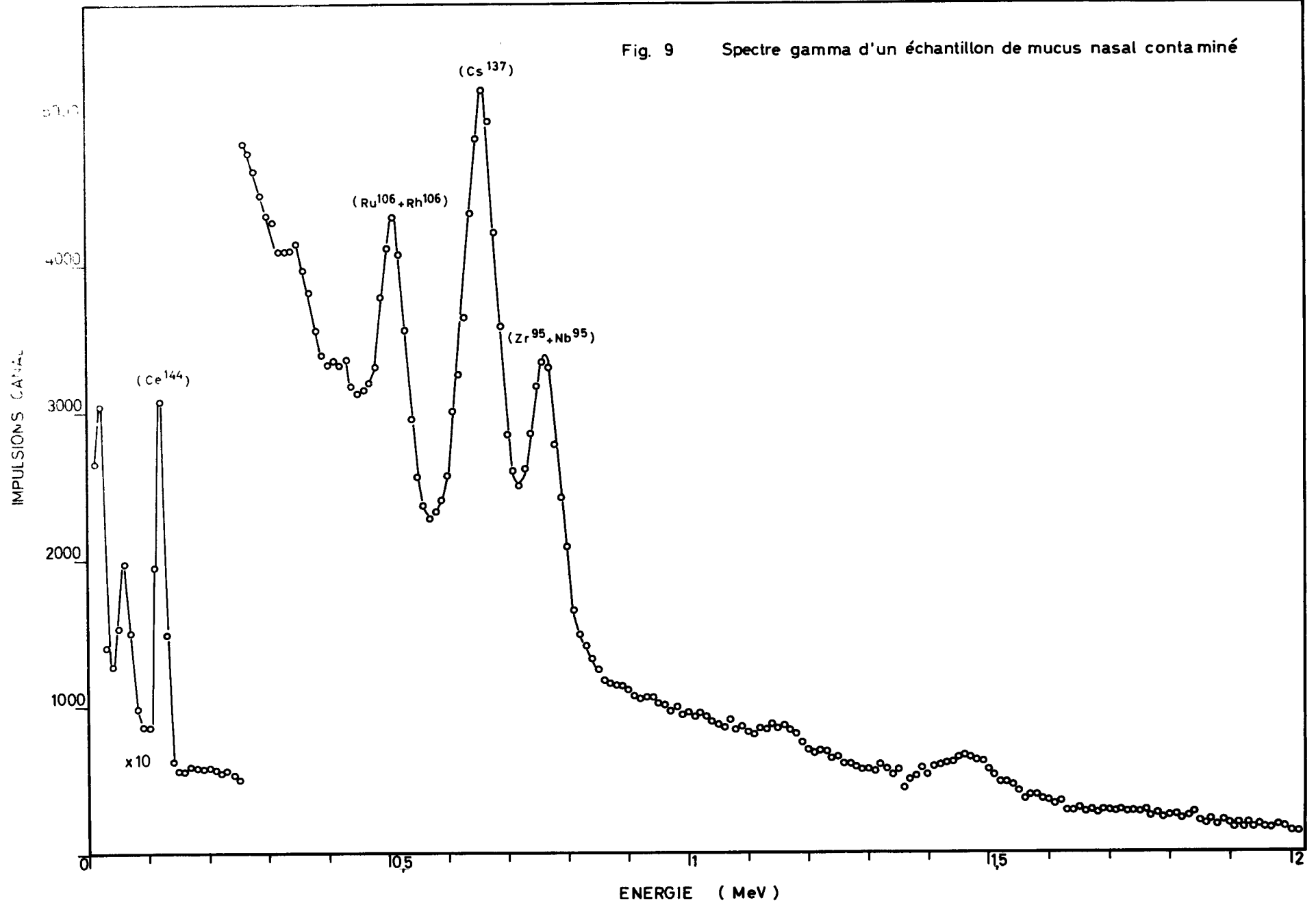
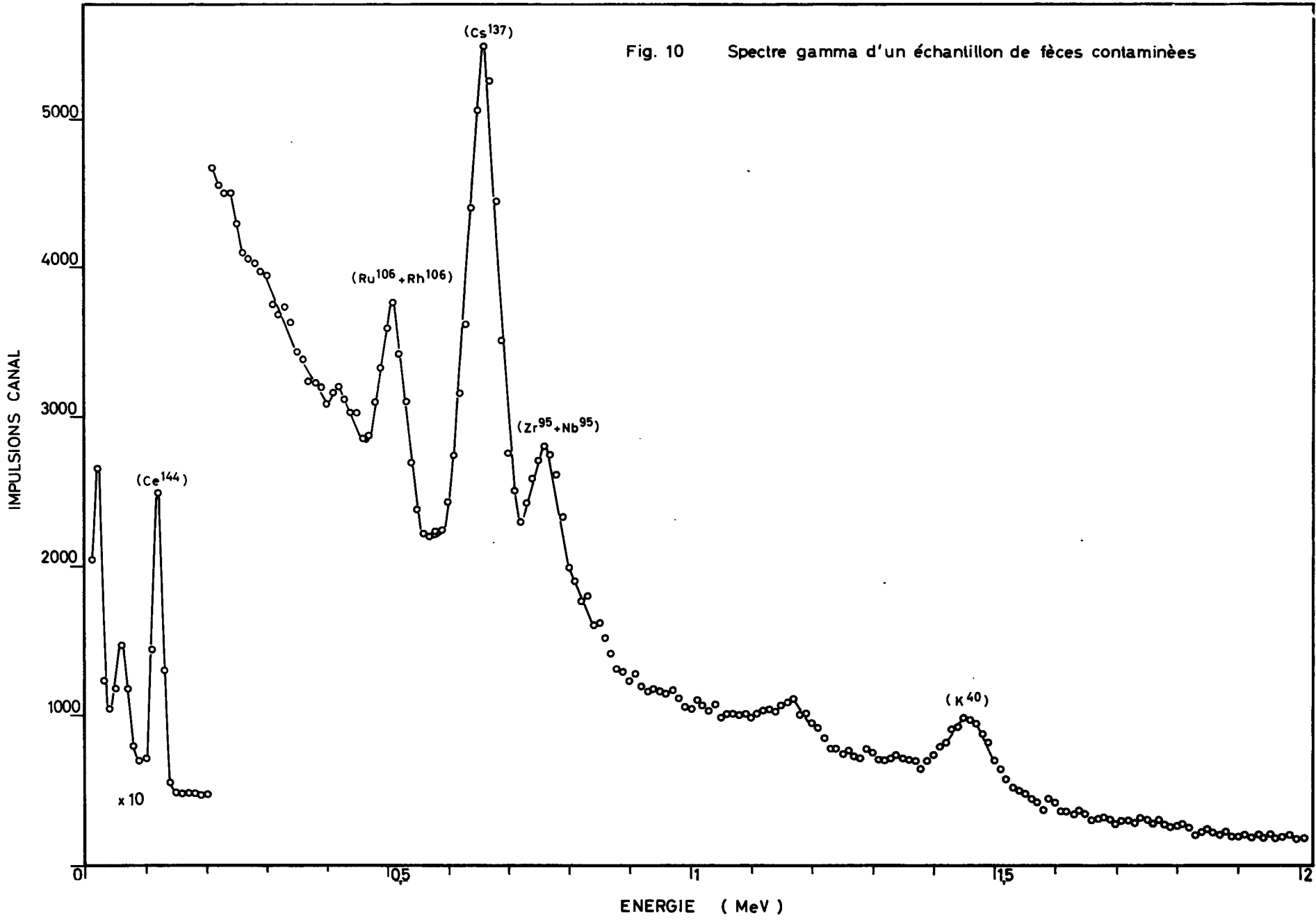


Fig. 10 Spectre gamma d'un échantillon de fèces contaminées



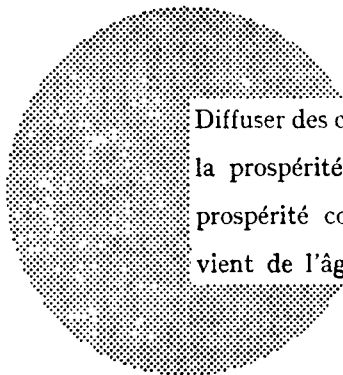
AVIS AU LECTEUR

Tous les rapports Euratom sont signalés, au fur et à mesure de leur publication, dans le périodique mensuel **EURATOM INFORMATION**, édité par le Centre d'information et de documentation (CID). Pour souscrire un abonnement (1 an : FF 75, FB 750) ou recevoir un numéro spécimen, prière d'écrire à :

Handelsblatt GmbH
"Euratom Information"
Postfach 1102
D-4 Düsseldorf (Allemagne)

ou à

Office de vente des publications
des Communautés européennes
2, Place de Metz
Luxembourg



Diffuser des connaissances c'est distribuer de la prospérité — j'entends la prospérité collective et non la richesse individuelle — et cette prospérité contribue largement à la disparition du mal qui nous vient de l'âge des ténèbres.

Alfred Nobel

BUREAUX DE VENTE

Tous les rapports Euratom sont vendus dans les bureaux suivants, aux prix indiqués au verso de la première page de couverture (lors de la commande, bien indiquer le numéro EUR et le titre du rapport, qui figurent sur la première page de couverture).

PRESSES ACADEMIQUES EUROPEENNES

98, Chaussée de Charleroi, Bruxelles 6

Banque de la Société Générale - Bruxelles
compte N° 964.558,

Banque Belgo Congolaise - Bruxelles
compte N° 2444.141,

Compte chèque postal - Bruxelles - N° 167.37,

Belgian American Bank and Trust Company - New York
compte No. 22.186,

Lloyds Bank (Europe) Ltd. - 10 Moorgate, London E.C.2,
Postcheckkonto - Köln - Nr. 160.861.

OFFICE CENTRAL DE VENTE DES PUBLICATIONS DES COMMUNAUTES EUROPEENNES

2, place de Metz, Luxembourg (Compte chèque postal N° 191-90)

BELGIQUE — BELGIË

MONITEUR BELGE
40-42, rue de Louvain - Bruxelles
BELGISCH STAATSBLAD
Leuvenseweg 40-42 - Brussel

LUXEMBOURG

OFFICE CENTRAL DE VENTE
DES PUBLICATIONS DES
COMMUNAUTES EUROPEENNES
9, rue Goethe - Luxembourg

DEUTSCHLAND

BUNDESANZEIGER
Postfach - Köln 1

NEDERLAND

STAATSDRUKKERIJ
Christoffel Plantijnstraat - Den Haag

FRANCE

SERVICE DE VENTE EN FRANCE
DES PUBLICATIONS DES
COMMUNAUTES EUROPEENNES
26, rue Desaix - Paris 15^e

ITALIA

LIBRERIA DELLO STATO
Piazza G. Verdi, 10 - Roma

UNITED KINGDOM

H. M. STATIONARY OFFICE
P. O. Box 569 - London S.E.1

EURATOM — C.I.D.
51-53, rue Belliard
Bruxelles (Belgique)