



CALCUL DE DOSES GENEREES PAR LES RAYONNEMENTS IONISANTS

**DOSIMEX-B 2.0
CALCUL DOSE BETA**

✓ **DOSSIER DE VALIDATION**

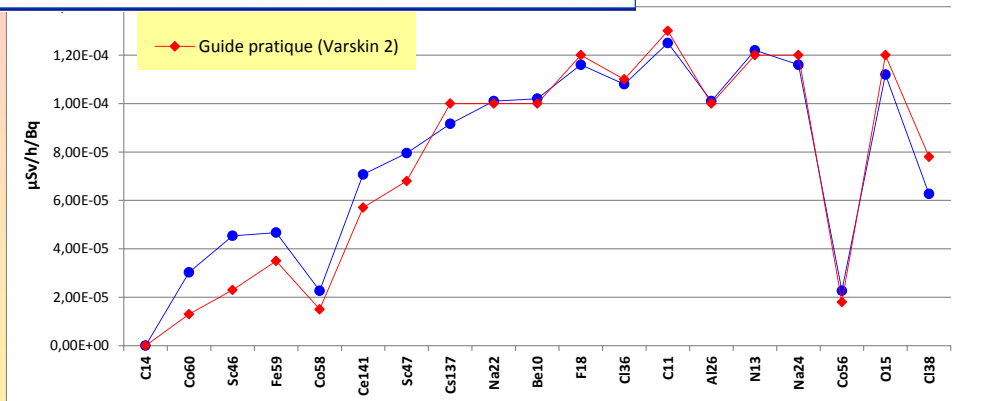
Source cylindrique

H'(007) **4.39E-04 μ Sv/h** Lancer calcul

Calcul de la dose à 3.5cm du col d'un becher de liquide ($1g/cm^3$) de 1.6cm de haut et 4 cm de diamètre.

Matrice source avec activité volumique constante dans tout le cylindre

Commentaires
Calcul réalisé avec l'application DOSIMEX

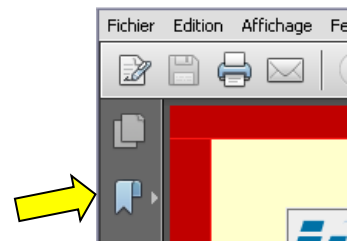


Alain VIVIER, Gérald LOPEZ

SOMMAIRE

PARTIE I.	ELEMENT DE VALIDATION	3
I.1	CONTEXTE GENERAL DE LA VALIDATION	3
I.2	SOURCES PONCTUELLES	5
I.3	SOURCE PONCTUELLE +ECRAN.....	13
I.4	SOURCE DISQUE A 5 CM, RAYON VARIABLE.....	18
I.5	CONTAMINATION EXTERNE : DÉPOT UNIFORME.....	20
I.6	EXPOSITION PEAU : GOUTTE	22
I.7	BECHER COL (SURFACE LIBRE).....	24
I.8	BECHER CONTACT	29
I.9	SERINGUE AU CONTACT	31
PARTIE II.	SYNTHESE DES ECARTS.....	33

Vous pouvez afficher dans la colonne de gauche de ce document le sommaire interactif en cliquant sur l'icône « signet » :



Partie I. ELEMENT DE VALIDATION

I.1 CONTEXTE GENERAL DE LA VALIDATION

L'objectif essentiel de la validation porte sur une comparaison entre les résultats de Dosimex-B 2.0 et les valeurs données dans le Guide Pratique « Radionucléides & Radioprotection » (*Delacroix et al., EDP Sciences 2006*).

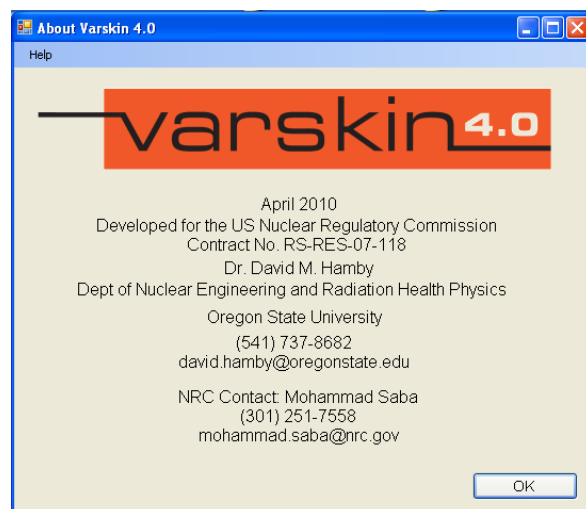
Or les valeurs données dans le Guide Pratique ont été calculées avec une version obsolète de Varskin, la version Varskin 2 de 2006 (cf. référence [33] du Guide Pratique p 34).

Ainsi, alors que le Guide Pratique donne entre autres de valeurs de dose à 30 cm, la version Varskin 4 (2010), ne donne aucune valeur pour des distances à plus de 5 cm.

De plus, les valeurs données dans le guide pratique sont souvent la somme de la composante Bêta et gamma. Ainsi nous avons été amenés lors de cette validation à utiliser Varskin 4 pour établir les rapports entre composante gamma et Bêta (seringue et bécher).

De même, pour caler nos modèles, nous avons utilisé le code RayXpert®, code de Monte-Carlo permettant de mettre en œuvre des sources électrons monoénergétiques, ce que ne permet pas Varskin 4.

Nota : Varskin est un code gratuit disponible sur Internet :



En conclusion, les comparaisons mettent en œuvre les valeurs de Varskin 2, sous la dénomination de « guide pratique », les valeurs obtenues avec Varskin 4 et quelques valeurs obtenues en monoénergétique avec RayXpert®.

Pour la plupart des scénarii, sauf RayXpert, nous avons choisi 19 radionucléides émetteurs Bêta⁻ ou Bêta⁺ avec des énergies maximales (Q_{max}) allant de 157 keV pour le Carbone 14 à 4534 keV pour le Chlore 38. Ces valeurs de Q_{max} reproduites dans les tableaux de résultats à titre indicatif, sont des valeurs moyennes de toutes les composantes, Bêta et électron de conversion, pondérées par les intensités. Les calculs effectués par Dosimex-B 2.0 se fait composante par composante, et pas sur la bases de ces valeurs moyennes.

7 scénarii ont été étudiés :

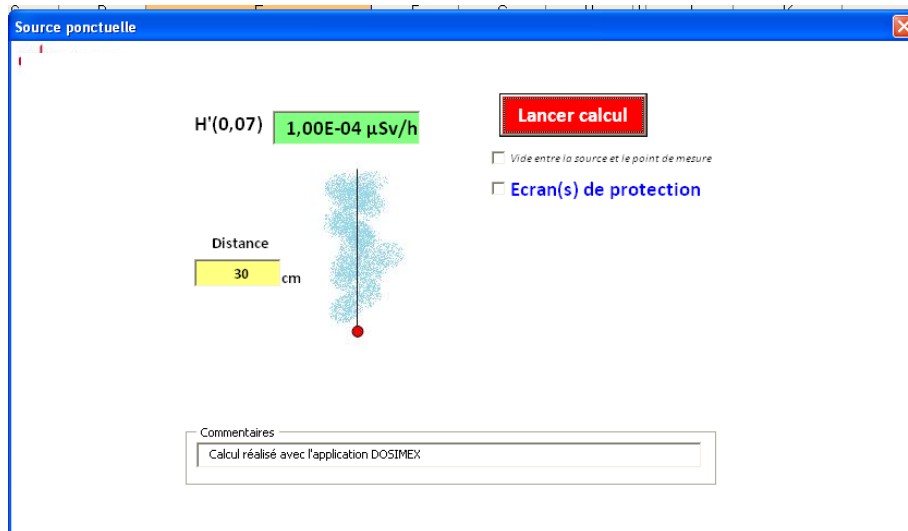
- ❖ Source ponctuelle avec 3 cas distincts :
 - Radionucléides à 30 cm (Guide pratique)
 - Radionucléides à 5 cm (Varskin 4)
 - Source monoénergétique à diverses distances dans l'air (RayXpert©)
- ❖ Source ponctuelle avec écran (Varskin 4)
- ❖ Source disque à 5 cm avec rayon variable pour le Be 10 (Varskin 4)
- ❖ Contamination externe dépôt uniforme (Guide pratique et Varskin 4)
- ❖ Contamination externe goutte (Guide pratique et Varskin 4)
- ❖ Bécher au col et au contact (Guide pratique et Varskin 4)
- ❖ Seringue au contact (Guide pratique et Varskin 4)

Cette étude a nécessité 313 calculs sur Dosimex-B 2.0, Varskin 4 et RayXpert©, et s'appuie sur 95 valeurs relevées dans le guide pratique. Ces valeurs ont permis de calculer 232 rapports entre les valeurs de Dosimex-B 2.0 et les autres codes.

Les écarts sont analysés pour chaque scénario et synthétisés dans le dernier chapitre.

1.2 SOURCES PONCTUELLES.

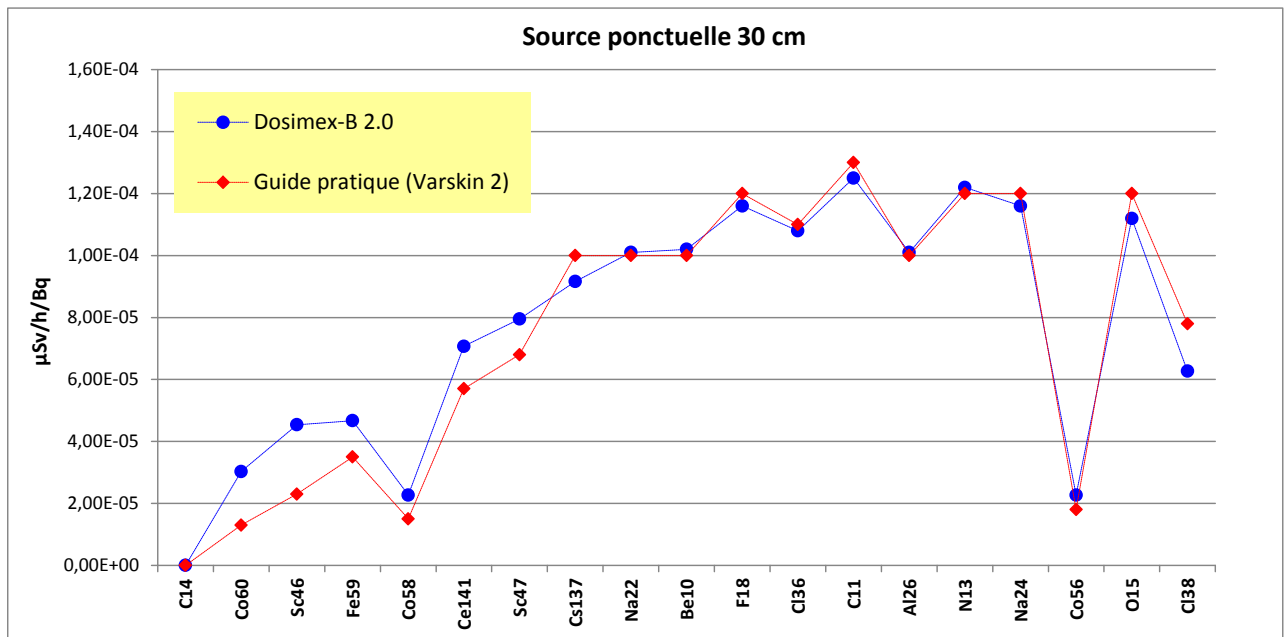
SOURCE PONCTUELLE A 30 CM



Boite de dialogue pour 1 Bq de Cs 137

Source ponctuelle 1 Bq à 30 cm dans l'air ; H'(0,07) en μSv/h						
Source	Type	Qmax (keV)	Intensité	Dosimex-B 2.0	Guide pratique	Rapport Dosimex/Delacroix
C14	β^-	157	100%	0,00E+00	0	
Co60	β^-	318	100%	3,03E-05	1,30E-05	2,33
Sc46	β^-	357	100%	4,54E-05	2,30E-05	1,97
Fe59	β^-	376	100%	4,67E-05	3,50E-05	1,33
Co58	β^+ ; CE	475	15%	2,27E-05	1,50E-05	1,51
Ce141	β^-	478	100%	7,07E-05	5,70E-05	1,24
Sc47	β^-	492	100%	7,95E-05	6,80E-05	1,17
Cs137	β^-	545	100%	9,16E-05	1,00E-04	0,92
Na22	β^+ ; CE	546	90%	1,01E-04	1,00E-04	1,01
Be10	β^-	556	100%	1,02E-04	1,00E-04	1,02
F18	β^+ ; CE	634	97%	1,16E-04	1,20E-04	0,97
Cl36	β^-	710	98%	1,08E-04	1,10E-04	0,98
C11	β^+ ; CE	960	100%	1,25E-04	1,30E-04	0,96
Al26	β^+ ; CE	1174	82%	1,01E-04	1,00E-04	1,01
N13	β^+ ; CE	1199	100%	1,22E-04	1,20E-04	1,02
Na24	β^-	1390	100%	1,16E-04	1,20E-04	0,97
Co56	β^+ ; CE	1460	19%	2,27E-05	1,80E-05	1,26
O15	β^+ ; CE	1732	100%	1,12E-04	1,20E-04	0,93
Cl38	β^-	4534	68%	6,27E-05	7,80E-05	0,80

moyenne	1,19
Ecart-type	0,40



Les résultats montrent une bonne adéquation entre Dosimex-B-2.0 et les résultats donnés par le Guide Pratique. On note toutefois que pour les émissions à basse énergie, les valeurs données par Dosimex sont nettement plus élevées.

Cette tendance pour ces émissions de faibles énergies se retrouve dans la plupart des cas. L'analyse de ces écarts est réalisée dans le chapitre III.4 (*sources ponctuelles avec écran*) et montre clairement que Varskin sous-estime les doses générées par les composantes de faibles énergies.

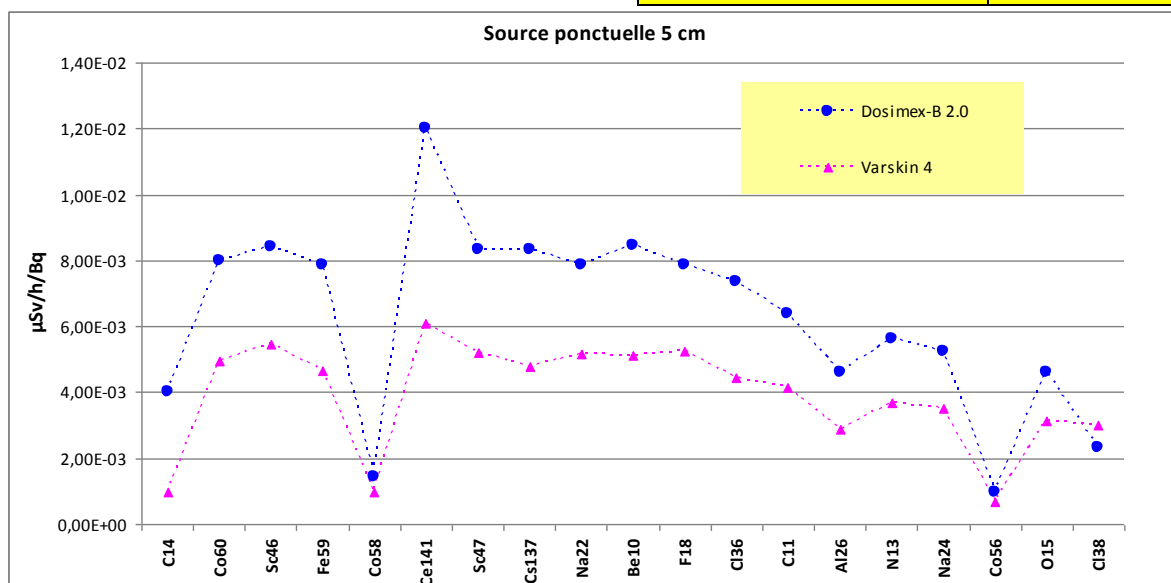
Ainsi, si l'on ne tient légitimement pas compte du Cobalt 60 et du Scandium 46, émetteurs de faible énergie présentant un rapport de l'ordre de 2, les paramètres statistiques passent à :

moyenne	1,07
Ecart-type	0,18

SOURCE PONCTUELLE À 5 CM

Dosimex B 2.0 vs VARSKIN 4 : source ponctuelle 1 Bq à 5 cm dans l'air ; H'(0,07) en $\mu\text{Sv/h}$						
Source	Type	Q_{max} (keV)	Intensité	Dosimex-B 2.0	Varskin 4	Rapport Dosimex/ Varskin
C14	β^-	157	100%	4,00E-03	9,56E-04	4,18E+00
Co60	β^-	318	100%	8,00E-03	4,96E-03	1,61
Sc46	β^-	357	100%	8,43E-03	5,45E-03	1,55
Fe59	β^-	376	100%	7,86E-03	4,67E-03	1,68
Co58	β^+ ; CE	475	15%	1,42E-03	9,64E-04	1,47
Ce141	β^-	478	100%	1,20E-02	6,11E-03	1,96
Sc47	β^-	492	100%	8,34E-03	5,20E-03	1,60
Cs137	β^-	545	100%	8,32E-03	4,76E-03	1,75
Na22	β^+ ; CE	546	90%	7,88E-03	5,16E-03	1,53
Be10	β^-	556	100%	8,46E-03	5,13E-03	1,65
F18	β^+ ; CE	634	97%	7,86E-03	5,25E-03	1,50
Cl36	β^-	710	98%	7,35E-03	4,42E-03	1,66
C11	β^+ ; CE	960	100%	6,36E-03	4,14E-03	1,54
Al26	β^+ ; CE	1174	82%	4,55E-03	2,86E-03	1,59
N13	β^+ ; CE	1199	100%	5,55E-03	3,66E-03	1,52
Na24	β^-	1390	100%	5,19E-03	3,50E-03	1,48
Co56	β^+ ; CE	1460	19%	9,76E-04	6,70E-04	1,46
O15	β^+ ; CE	1732	100%	4,48E-03	3,11E-03	1,44
Cl38	β^-	4534	68%	2,20E-03	3,02E-03	0,73

Moyenne	1,68
Ecart-type	0,24



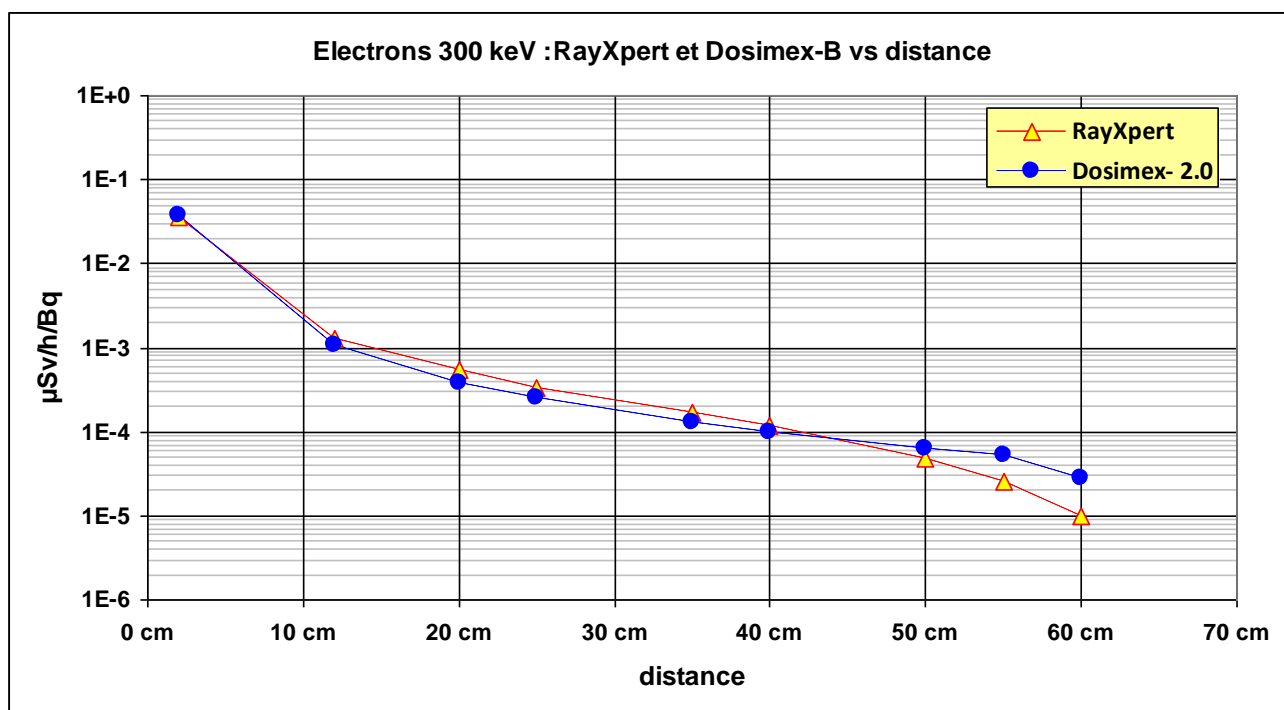
On constate un rapport moyen de l'ordre de 1,5 entre les 2 codes, qui peut provenir là encore des composantes de faibles énergies des spectres.

SOURCE PONCTUELLE MONOENERGETIQUE VS DISTANCE

Nous présentons ici quelques résultats obtenus dans des comparaisons avec le code RayXpert®, code de Monte-Carlo photons et électrons. Par contre pour l'instant RayXpert ne prend en compte que des émissions monoénergétiques pour les électrons :

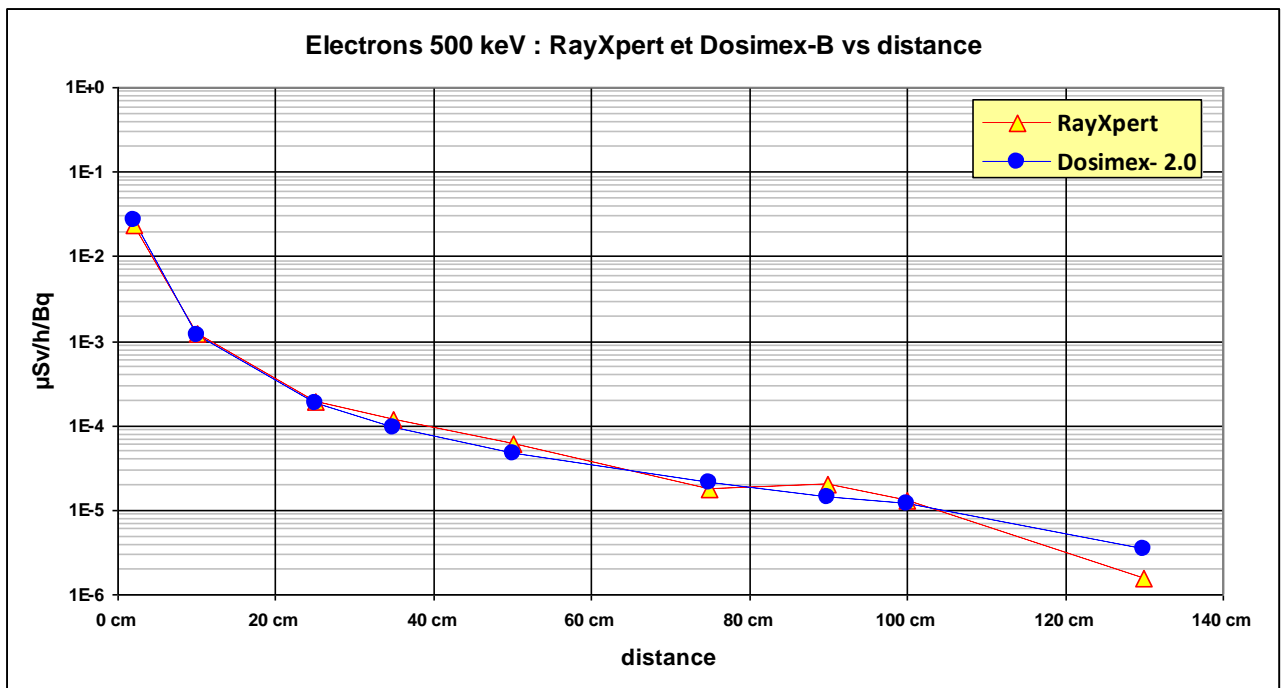
EMISSION A 300 KEV

		2 cm	12 cm	20	25 cm	35 cm	40	50 cm	55	60 cm
300 keV	RayXpert®	3,60E-2	1,30E-3	5,33E-4	3,33E-4	1,68E-4	1,19E-4	4,80E-5	2,54E-5	9,90E-6
	Dosimex	3,67E-2	1,08E-3	3,88E-4	2,49E-4	1,27E-4	9,71E-5	6,21E-5	5,14E-5	2,83E-5
	<i>Dosimex /RayXpert</i>	1,02	0,83	0,73	0,75	0,76	0,82	1,29	2,02	2,86



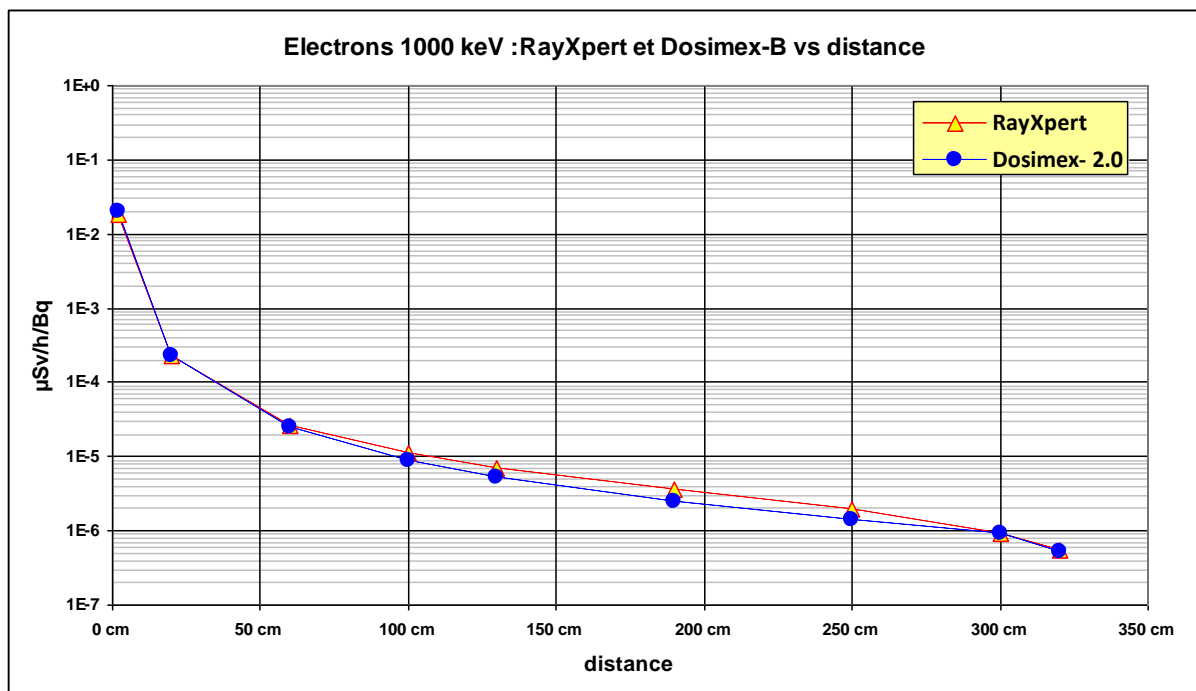
EMISSION A 500 KEV

		2 cm	10	25 cm	35	50 cm	75 cm	90	100 cm	130
500 keV	RayXpert©	2,34E-2	1,22E-3	1,90E-4	1,19E-4	6,10E-5	1,78E-5	1,99E-5	1,28E-5	1,56E-6
	Dosimex	2,65E-2	1,16E-3	1,85E-4	9,44E-5	4,63E-5	2,06E-5	1,43E-5	1,16E-5	3,40E-6
	<i>Dosimex /RayXpert</i>	1,13	0,95	0,97	0,79	0,76	1,16	0,72	0,91	2,18



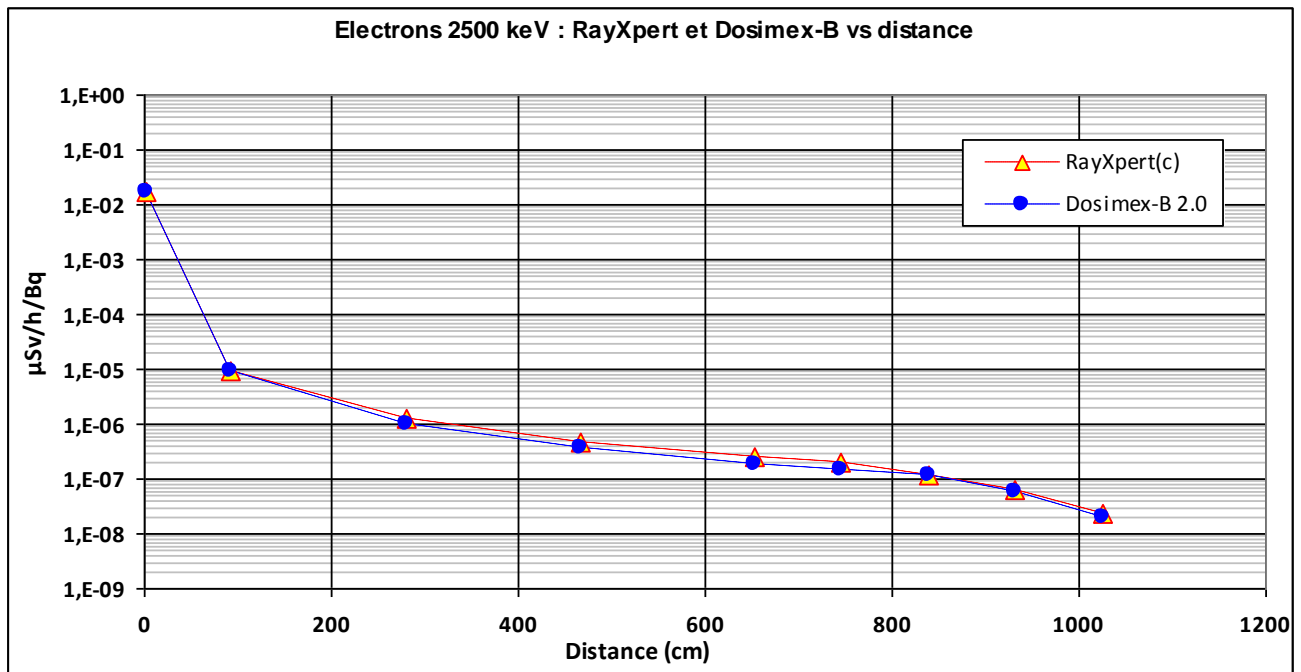
EMISSION A 1000 KEV

		2 cm	20	60 cm	100	130	190	250	300	320
1000 keV	RayXpert©	1,85E-2	2,23E-4	2,60E-5	1,12E-5	6,90E-6	3,66E-6	1,97E-6	9,10E-7	5,41E-7
	Dosimex	2,00E-2	2,23E-4	2,48E-5	8,94E-6	5,29E-6	2,48E-6	1,43E-6	9,07E-7	5,23E-7
	<i>Dosimex /RayXpert</i>	1,08	1,00	0,95	0,80	0,77	0,68	0,73	1,00	0,97



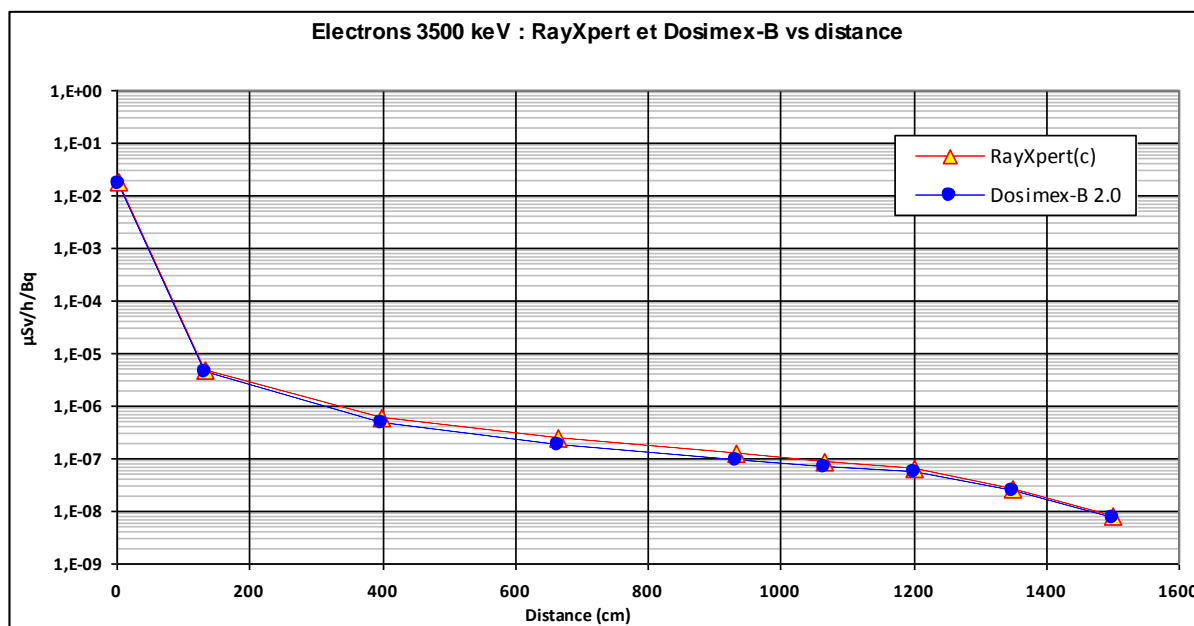
EMISSION A 2500 KEV

	Distance (cm)	2	93	280	466	653	746	839	932	1026
2500 keV	RayXpert©	1,70E-2	9,50E-6	1,25E-6	4,73E-7	2,45E-7	2,06E-7	1,14E-7	6,35E-8	2,40E-8
	Dosimex-B 2.0	1,76E-2	9,18E-6	1,01E-6	3,66E-7	1,86E-7	1,43E-7	1,13E-7	5,94E-8	2,06E-8
	Dosimex /RayXpert	1,04	0,97	0,81	0,77	0,76	0,69	0,99	0,94	0,86



EMISSION A 3500 keV

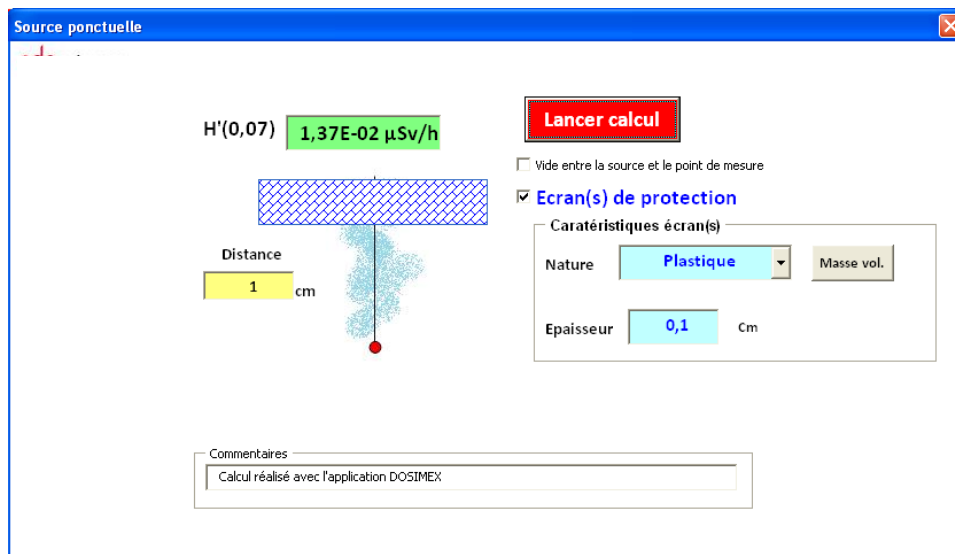
	Distance (cm)	2	133	399	665	932	1065	1200	1350	1500
3500 keV	RayXpert©	1,81E-2	4,72E-6	5,75E-7	2,37E-7	1,29E-7	8,47E-8	6,23E-8	2,69E-8	7,85E-9
	Dosimex-B 2.0	1,73E-2	4,44E-6	4,93E-7	1,77E-7	9,04E-8	6,92E-8	5,45E-8	2,51E-8	7,50E-9
	<i>Dosimex /RayXpert</i>	0,96	0,94	0,86	0,75	0,70	0,82	0,87	0,93	0,96



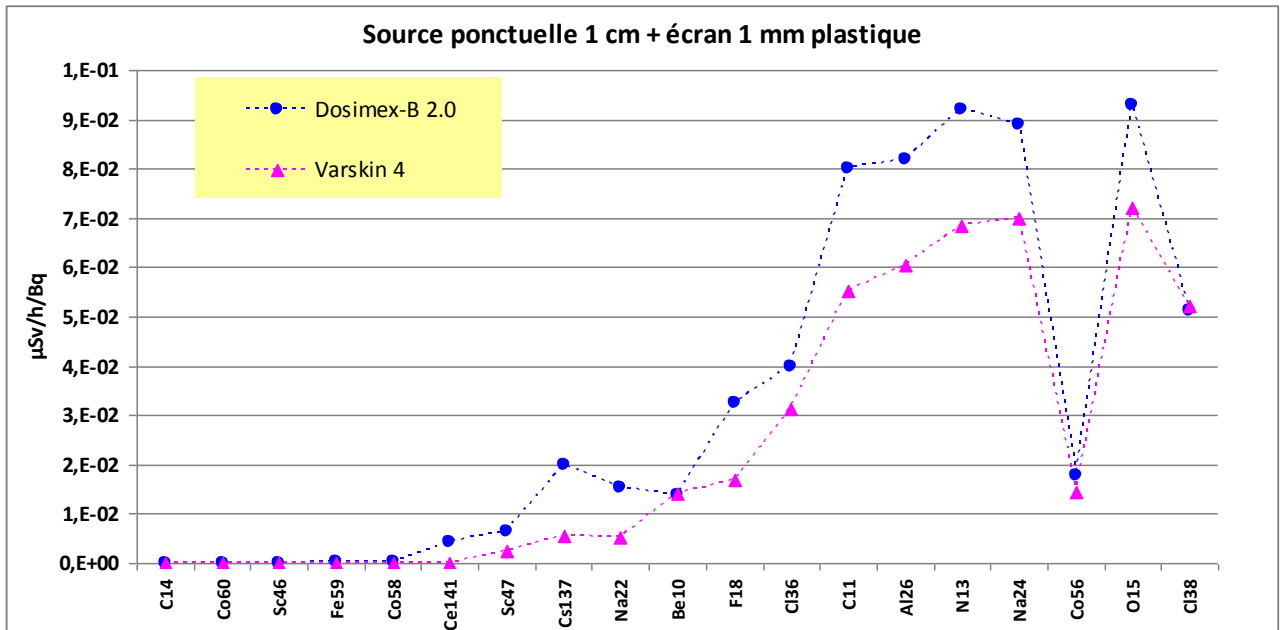
Pour 45 valeurs, les paramètres statistiques sur les rapports Dosimex-B 2.0/RayXpert© en monoénergétiques sont :

moyenne	0,98
Ecart-type	0,41

1.3 SOURCE PONCTUELLE +ÉCRAN



Dosimex B 2.0 vs VARSKIN 4 source ponctuelle 1 Bq à 1 cm + écran plastique 1 mm H'(0,07) en µSv/h						
Source	Type	Qmax (keV)	Intensité	Dosimex-B 2.0	Varskin 4	Rapport Dosimex/ Varskin
C14	β^-	157	100%	0	0	/
Co60	β^-	318	100%	0	0	/
Sc46	β^-	357	100%	0	0	/
Fe59	β^-	376	100%	4,50E-04	0	/
Co58	β^+ ; CE	475	15%	3,70E-04	1,23E-04	3,01
Ce141	β^-	478	100%	4,42E-03	0	/
Sc47	β^-	492	100%	6,42E-03	2,40E-03	2,68
Cs137	β^-	545	100%	2,00E-02	5,50E-03	3,64
Na22	β^+ ; CE	546	90%	1,52E-02	5,20E-03	2,92
Be10	β^-	556	100%	1,37E-02	1,41E-02	0,97
F18	β^+ ; CE	634	97%	3,24E-02	1,68E-02	1,93
Cl36	β^-	710	98%	4,00E-02	3,13E-02	1,28
C11	β^+ ; CE	960	100%	8,00E-02	5,52E-02	1,45
Al26	β^+ ; CE	1174	82%	8,20E-02	6,03E-02	1,36
N13	β^+ ; CE	1199	100%	9,20E-02	6,85E-02	1,34
Na24	β^-	1390	100%	8,90E-02	7,00E-02	1,27
Co56	β^+ ; CE	1460	19%	1,78E-02	1,45E-02	1,23
O15	β^+ ; CE	1732	100%	9,30E-02	7,20E-02	1,29
Cl38	β^-	4534	68%	5,12E-02	5,21E-02	0,98



Pour les 10 derniers radionucléides ayant les énergies d'émission les plus élevées, l'accord est excellent entre Dosimex-B et Varskin 4. Par contre pour les énergies les plus faibles, les rapports des valeurs Dosimex aux valeurs Varskin 4 sont très élevés. Voire infini, puisque dans 2 cas, Fe 59 et Ce 141, les valeurs données par Varskin 4 sont nulles et celles données par Dosimex-B 2.0 ne le sont pas. On obtient alors un rapport effectivement un rapport infini !

Or si l'on considère par exemple le cas du Ce 141, l'analyse montre que la dose ne peut être strictement nulle. En effet le Césium a deux composantes Bêta, dont entre autre une composante avec un Qmax de 580 keV avec une intensité de 30 %.

Sans écran l'accord entre les résultats présente un écart de 30 % seulement.

Ce 141, 1Bq à 1 cm (μSv/h)			
Ce 141	Dosimex-B 2.0	Varskin 4	Rapport
Sans écran	2,60E-01	1,97E-01	1,32
Avec écran (1 mm plastique)	1,15E-02	0,00E+00	Infini

Résultats pour Varskin 4 : sans écran

Non Volume Averaged Results

Help

Radionuclide: Activity
Ce-141: 1.00E+00 Bq

All Radionuclides

Unit Selection
 English Units
 SI Units

	Initial Dose Rate	Dose (No Decay)	Decay-Corrected Dose		Initial Dose Rate	Dose (No Decay)	Decay-Corrected Dose
Beta	0.00E+00 mGy/h	0.00E+00 mGy	0.00E+00 mGy	Beta	0.00E+00 mGy/h	0.00E+00 mGy	0.00E+00 mGy
Photon				Photon			
Total	0.00E+00 mGy/h	0.00E+00 mGy	0.00E+00 mGy	Total	0.00E+00 mGy/h	0.00E+00 mGy	0.00E+00 mGy

Date/Time: 8/23/2015 9:21:36 AM Source Geometry: Point Source

Cover Thickness: 1.00E+00 mm Cover Density: 1.00E+00 g/cm³

Air Gap Thickness: 1.00E+00 cm Irradiation Time: 6.00E+01 min

Skin density thickness: 7.00E+00 mg/cm² Irradiation Area: 1.00E+00 cm²

Avec écran :

Non Volume Averaged Results

Help

Radionuclide: Activity
Ce-141: 1.00E+00 Bq

All Radionuclides

Unit Selection
 English Units
 SI Units

	Initial Dose Rate	Dose (No Decay)	Decay-Corrected Dose		Initial Dose Rate	Dose (No Decay)	Decay-Corrected Dose
Beta	1.97E-04 mGy/h	1.97E-04 mGy	1.97E-04 mGy	Beta	1.97E-04 mGy/h	1.97E-04 mGy	1.97E-04 mGy
Photon				Photon			
Total	1.97E-04 mGy/h	1.97E-04 mGy	1.97E-04 mGy	Total	1.97E-04 mGy/h	1.97E-04 mGy	1.97E-04 mGy

Date/Time: 8/23/2015 9:27:03 AM Source Geometry: Point Source

Cover Density: 1.00E+00 g/cm³

Air Gap Thickness: 1.00E+00 cm Irradiation Time: 6.00E+01 min

Skin density thickness: 7.00E+00 mg/cm² Irradiation Area: 1.00E+00 cm²

Or les électrons d'énergies supérieures à 300 keV sont capables de générer une dose derrière un écran de 1 mm de plastique ou d'eau.

Démonstration avec des électrons de 500 keV :

Dans l'hypothèse du parcours de Bethe : le parcours d'électrons de 500 keV dans 1 mm de plastique (1 g/cm³) est égal à 1,8 mm. L'énergie résiduelle des électrons émergents est encore de l'ordre de 280 keV, soit largement supérieure à la valeur seuil de 70 keV (voir « Coeff. ICRU 57 »).

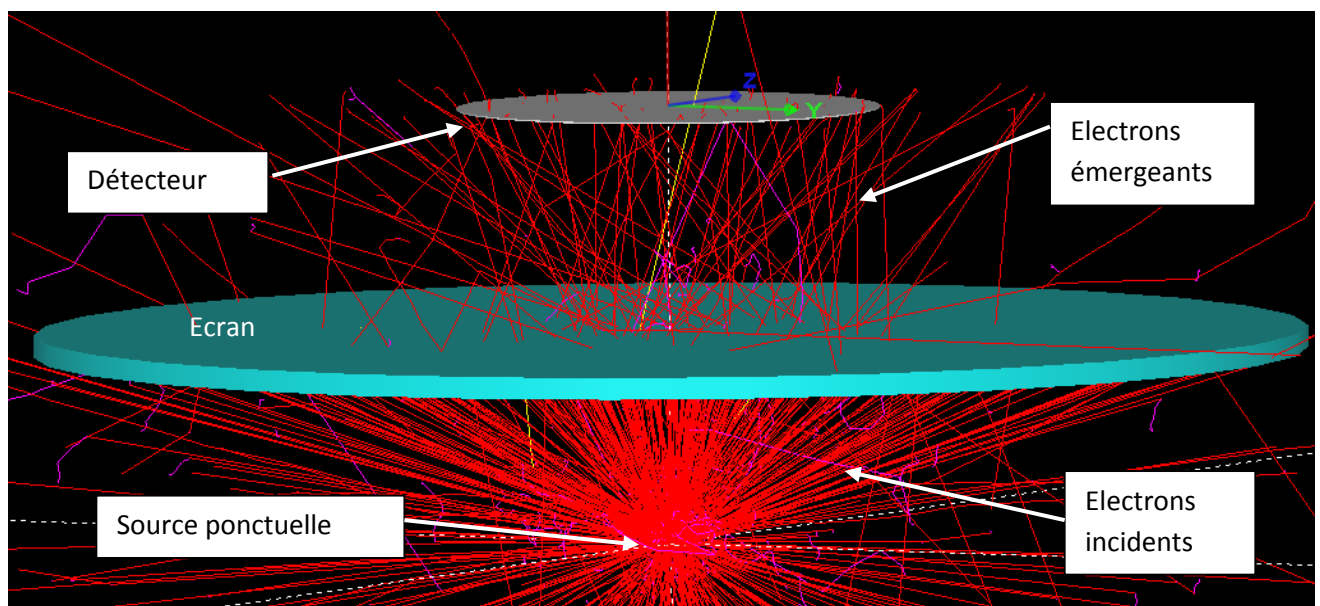
Avec un code de type Monte-Carlo : Le code RayXpert© permet de prendre en compte la diminution en fluence générée par les trajectoires diffuses des électrons dans la matière. Là encore, on constate qu'avec des électrons de 500 keV, l'énergie est largement suffisante pour générer une dose derrière un écran de 1 mm de plastique :

Electron monoénergétique 500 keV 1 Bq à 1 cm (μSv/h)			
500 KeV	Dosimex-B 2.0	RayXpert©	Rapport
Sans écran	1,00E-01	9,90E-02	1,01
Avec écran (1 mm plastique)	1,50E-01	9,70E-02	1,55

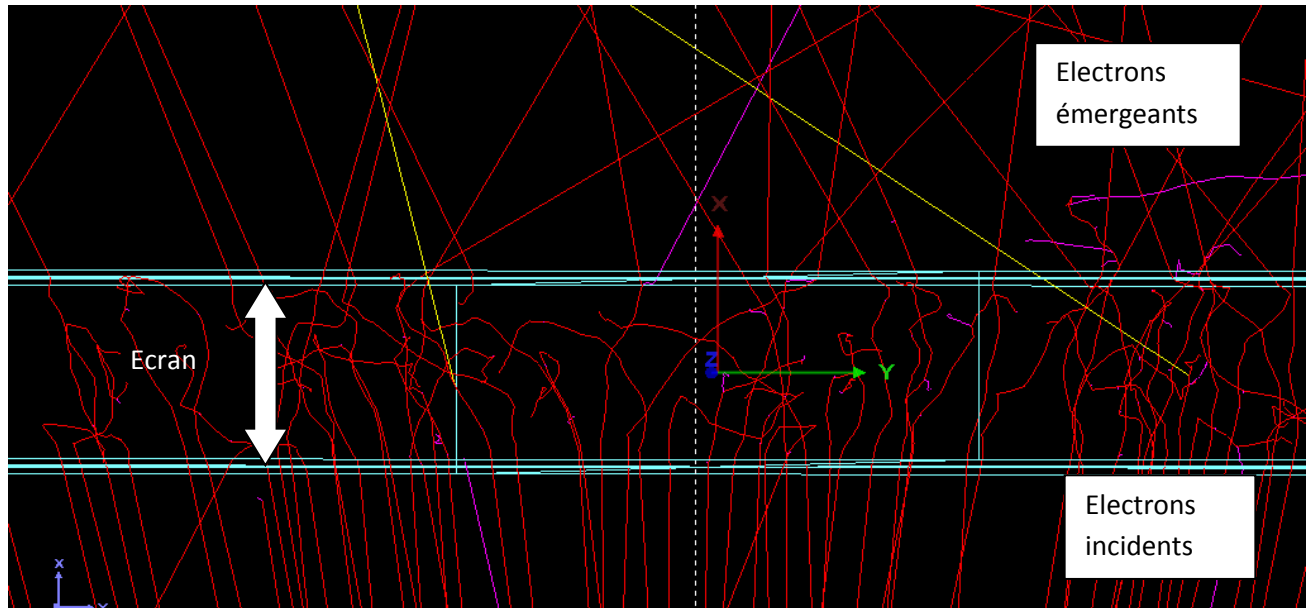
Nota 1 : pour des électrons de 300 keV, RayXpert© donne encore une dose non nulle ; même si elle est négligeable : $3,1.110^{-6}$ μSv/h

Nota 2 : l'augmentation du débit de dose en présence d'écran avec Dosimex-B a deux raisons : dans l'approche déterministe de type « parcours de Bethe » (CSDA), la diminution de fluence est négligeable. Par contre la diminution en énergie de chaque électron leur confère un pouvoir d'arrêt plus important, et à terme un coefficient fluence –dose plus élevé.

Tracking RayXpert pour des électrons de 500 keV :



Zoom sur l'interaction des électrons dans l'écran :



On voit que les trajectoires deviennent chaotiques et participent à la diminution de la fluence. Mais un nombre non négligeable d'électrons traversent l'écran.

Conclusion : Varskin est susceptible de sous-estimer fortement, voire dramatiquement en considérant une dose nulle alors qu'elle ne l'est pas, la contribution des électrons de faibles énergies en présence d'écran ou de matrices sources. Cet effet de sous-estimation se retrouvera souvent dans les scénarii qui suivent.

I.4 SOURCE DISQUE A 5 CM, RAYON VARIABLE

Source disque

H'(007) **7,78E-05 µSv/h**

Lancer calcul

Vide entre la source et le point

Ecran de protection

Distance **5** cm

Rayon **100** cm

Activité surfacique constante sur tout le disque

Commentaires
Calcul réalisé avec l'application DOSIMEX

Source

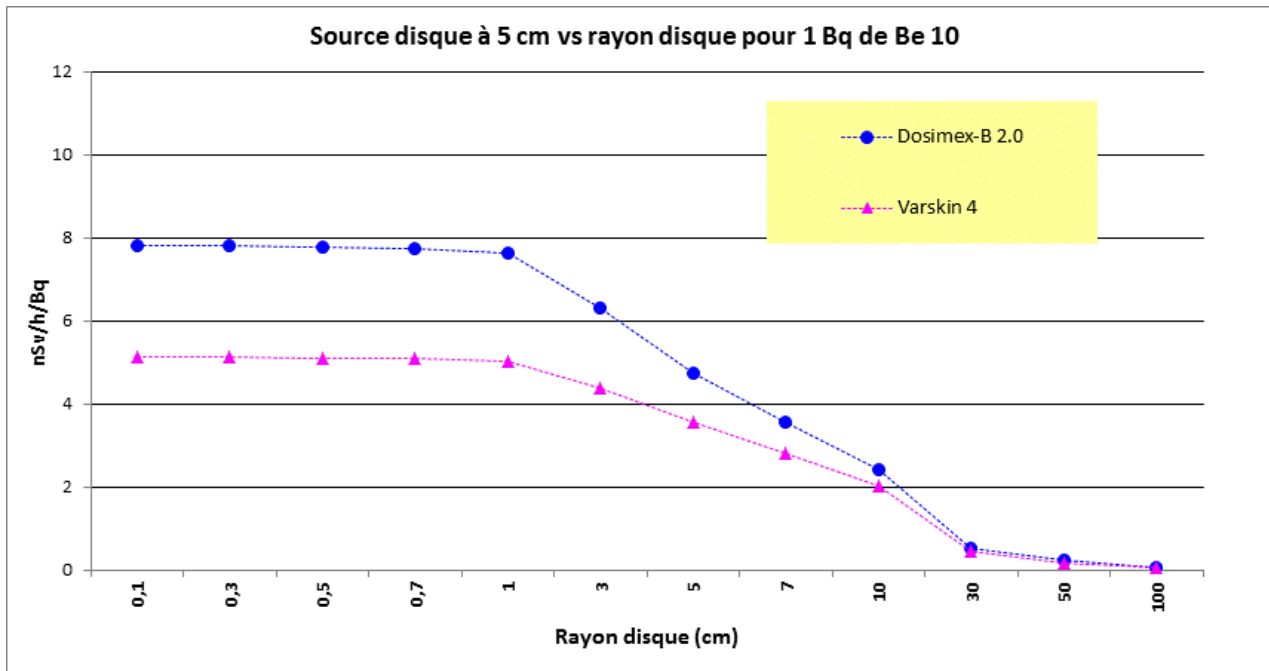
Emetteur bêta

Radionucléide
10Be

Activité (Bq)
1

Valider

Rayon disque (cm)	Dosimex B 2.0	Varskin 4	Rapport Dosimex/Varskin
0,1	7,8	5,13	1,52
0,3	7,8	5,12	1,52
0,5	7,77	5,10	1,52
0,7	7,72	5,08	1,52
1	7,61	5,03	1,51
3	6,3	4,38	1,44
5	4,75	3,55	1,34
7	3,56	2,82	1,26
10	2,42	2,02	1,20
30	0,53	0,43	1,23
50	0,243	0,17	1,43
100	0,07	0,04	1,75
	Moyenne		1,33
	Ecar-type		0,43



On retrouve ici un rapport moyen de l'ordre de 1,3 montrant un écart systématique que l'on avait déjà dans les calculs en sources ponctuelles à 5 cm (et pas 30 !!) dans les calculs à 5 cm entre Dosimex-B 2.0 et Varskin 4. Dans une approche radioprotection, cet écart n'est guère significatif. Dans l'état actuel de cette étude, il n'est pas possible de savoir quel est, de ces 2 codes, celui qui a raison ou tort. Dans tous les cas de figure, Dosimex-B 2.0 étant en légère surestimation par rapport à Varskin 4, ce qui est toujours préférable, cet écart n'est pas problématique.

I.5 CONTAMINATION EXTERNE : DÉPÔT UNIFORME

Source disque

H'(007) 1,66E+00 μ Sv/h Lancer calcul

Activité surfacique constante sur tout le disque

Commentaires
Calcul réalisé avec l'application DOSIMEX

Source

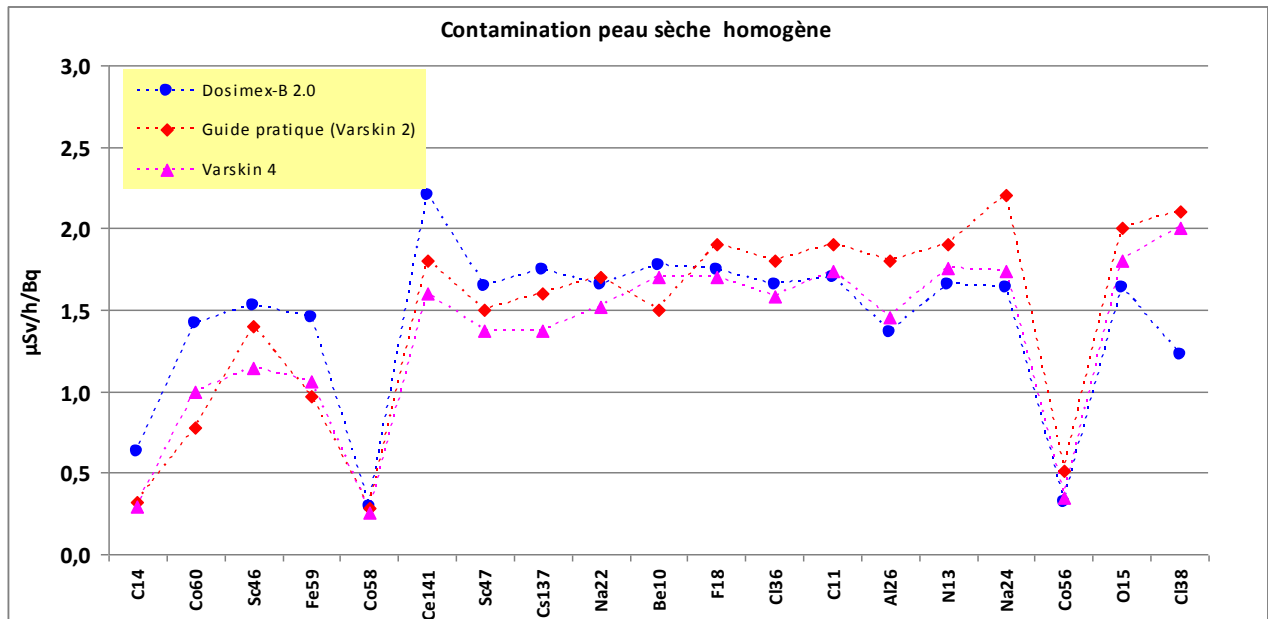
Emetteur bêta

Radionucléide
13N

Activité (Bq/cm²)
1

Valider

Dépôt uniforme 1 Bq/cm ²								
Source	Type	Q _{max} (keV)	Dosimex- B 2.0	Guide pratique (Varskin 2)	Varskin 4	Dosimex/ Delacroix	Dosimex/ Varskin 4	Varskin2/Varskin4
C14	β^-	157	0,63	0,32	0,29	1,97	2,17	1,10
Co60	β^-	318	1,42	0,78	1	1,82	1,42	0,78
Sc46	β^-	357	1,53	1,4	1,14	1,09	1,34	1,23
Fe59	β^-	376	1,45	0,97	1,06	1,49	1,37	0,92
Co58	β^+ ; CE	475	0,29	0,28	0,26	1,04	1,12	1,08
Ce141	β^-	478	2,2	1,8	1,6	1,22	1,38	1,13
Sc47	β^-	492	1,65	1,5	1,37	1,10	1,20	1,09
Cs137	β^-	545	1,75	1,6	1,37	1,09	1,28	1,17
Na22	β^+ ; CE	546	1,66	1,7	1,52	0,98	1,09	1,12
Be10	β^-	556	1,77	1,5	1,7	1,18	1,04	0,88
F18	β^+ ; CE	634	1,75	1,9	1,7	0,92	1,03	1,12
Cl36	β^-	710	1,66	1,8	1,58	0,92	1,05	1,14
C11	β^+ ; CE	960	1,7	1,9	1,74	0,89	0,98	1,09
Al26	β^+ ; CE	1174	1,36	1,8	1,45	0,76	0,94	1,24
N13	β^+ ; CE	1199	1,66	1,9	1,76	0,87	0,94	1,08
Na24	β^-	1390	1,64	2,2	1,74	0,75	0,94	1,26
Co56	β^+ ; CE	1460	0,32	0,51	0,35	0,63	0,91	1,46
O15	β^+ ; CE	1732	1,64	2	1,8	0,82	0,91	1,11
Cl38	β^-	4534	1,23	2,1	2	0,59	0,62	1,05
Moyenne						1,06	1,14	1,11
Ecart-type						0,37	0,32	0,15




On constate un excellent accord dans ce scénario. Les écarts entre Dosimex-B 2.0 et Varskin ne sont guère différents que les écarts entre les 2 versions mêmes, 2 et 4, de Varskin.

I.6 EXPOSITION PEAU : GOUTTE

Source cylindrique

H'(007) 8,42E-01 μ Sv/h

Lancer calcul



Matrice source avec activité volumique constante dans tout le cylindre

Commentaires: Calcul réalisé avec l'application DOSIMEX

Source

Emetteur bêta


Radionucléide

10Be

Activité (Bq)

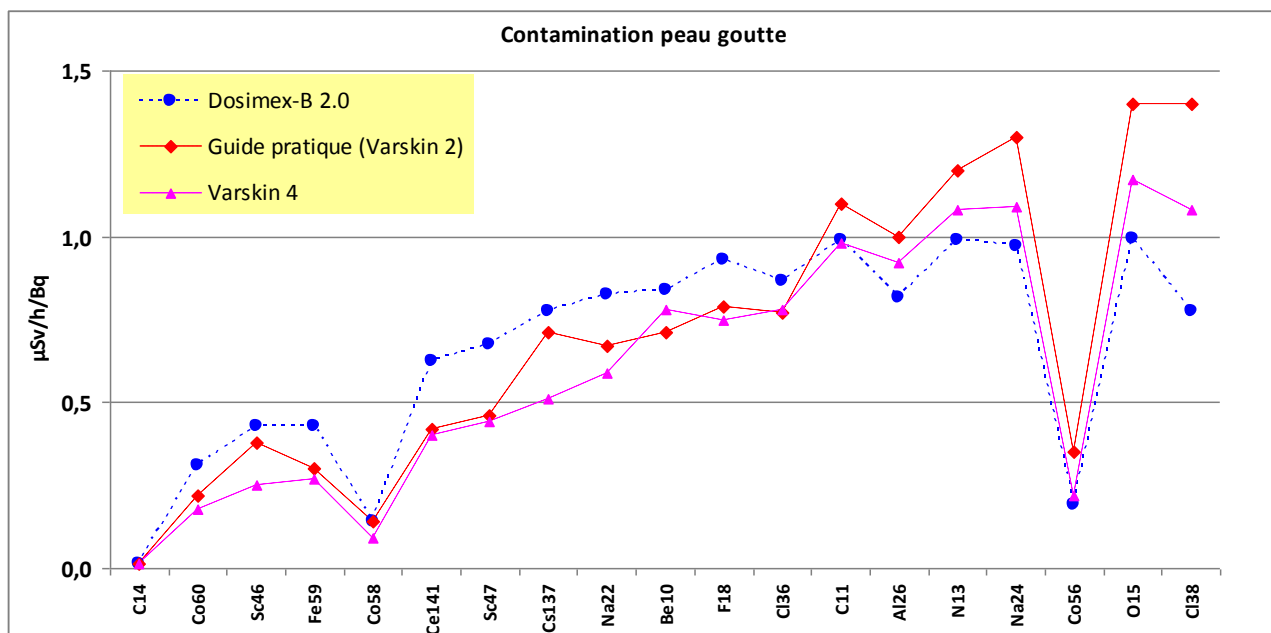
1

Valider



"Projection d'une goutte de 0,05 cm³ de substance radioactive d'activité égale à 1 Bq,[...] modélisée par un cylindre de densité 1, de 1 cm² de section et de 0,5 mm de hauteur »

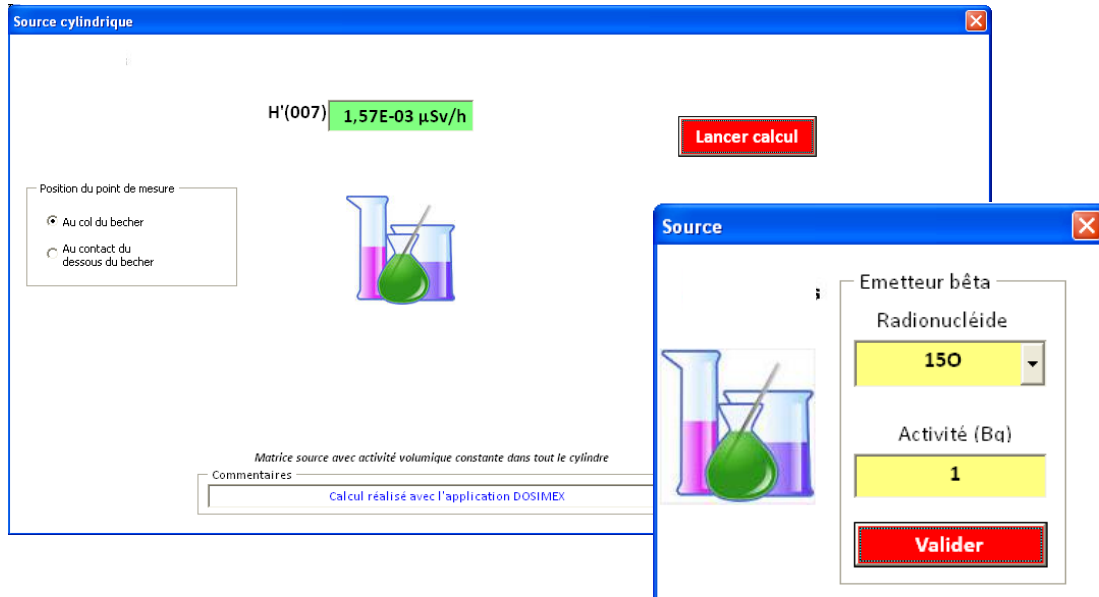
Source	Type	Q _{max} (keV)	Dosimex- B 2.0	Guide pratique (Varskin 2)	Varskin 4	Dosimex/ Delacroix	Dosimex/ Varskin 4	Varskin 2 / Varskin 4
C14	β^-	157	0,015	0,015	0,015	0,97	0,97	1,00
Co60	β^-	318	0,31	0,22	0,18	1,40	1,72	1,22
Sc46	β^-	357	0,43	0,38	0,25	1,13	1,71	1,52
Fe59	β^-	376	0,43	0,3	0,27	1,43	1,59	1,11
Co58	β^+ ; CE	475	0,14	0,14	0,09	1,01	1,57	1,56
Ce141	β^-	478	0,63	0,42	0,4	1,49	1,56	1,05
Sc47	β^-	492	0,68	0,46	0,44	1,47	1,54	1,05
Cs137	β^-	545	0,77	0,71	0,51	1,09	1,52	1,39
Na22	β^+ ; CE	546	0,82	0,67	0,59	1,23	1,39	1,14
Be10	β^-	556	0,84	0,71	0,78	1,18	1,08	0,91
F18	β^+ ; CE	634	0,93	0,79	0,75	1,17	1,24	1,05
Cl36	β^-	710	0,87	0,77	0,78	1,13	1,11	0,99
C11	β^+ ; CE	960	0,99	1,1	0,98	0,90	1,01	1,12
Al26	β^+ ; CE	1174	0,82	1	0,92	0,82	0,89	1,09
N13	β^+ ; CE	1199	0,99	1,2	1,08	0,83	0,92	1,11
Na24	β^-	1390	0,97	1,3	1,09	0,75	0,89	1,19
Co56	β^+ ; CE	1460	0,19	0,35	0,22	0,55	0,88	1,59
O15	β^+ ; CE	1732	0,99	1,4	1,17	0,71	0,85	1,20
Cl38	β^-	4534	0,78	1,4	1,08	0,56	0,72	1,30
Moyenne						1,04	1,22	1,19
Ecart-type						0,29	0,34	0,20



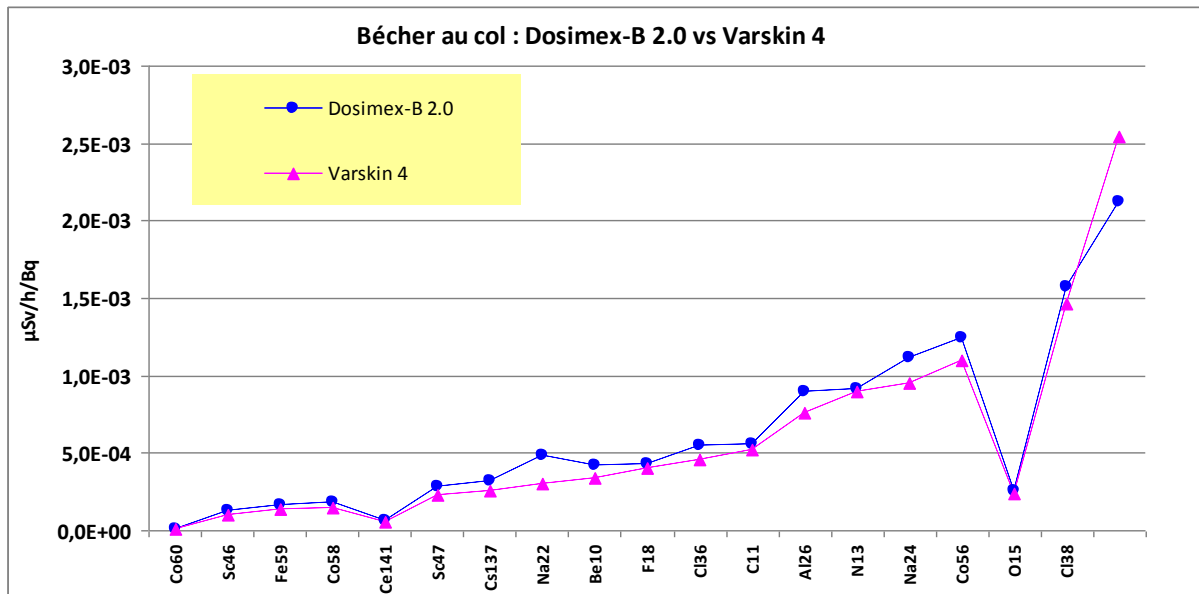
L'accord entre les résultats de Dosimex-B 2.0 et les résultats des deux versions de Varskin est là encore excellent, du même ordre de grandeur que les écarts entre les deux versions de Varskin.

I.7 BECHER COL (SURFACE LIBRE)

I.7.1 DOSIMEX-B 2.0 VS VARSKIN 4



Surface libre becher, cylindre R=2 cm; H=1,6 cm ;d=3,5 cm						
Source	Type	Qmax (keV)	Intensité	Dosimex-B 2.0 (bêta)	Varskin 4 (bêta)	Dosimex/ Varskin 4
C14	β^-	157	100%	8,88E-06	5,54E-06	1,60
Co60	β^-	318	100%	1,28E-04	9,98E-05	1,28
Sc46	β^-	357	100%	1,64E-04	1,36E-04	1,21
Fe59	β^-	376	100%	1,83E-04	1,50E-04	1,22
Co58	β^+ ; CE	475	15%	6,43E-05	5,19E-05	1,24
Ce141	β^-	478	100%	2,81E-04	2,26E-04	1,24
Sc47	β^-	492	100%	3,16E-04	2,55E-04	1,24
Cs137	β^-	545	100%	4,87E-04	3,04E-04	1,60
Na22	β^+ ; CE	546	90%	4,20E-04	3,42E-04	1,23
Be10	β^-	556	100%	4,31E-04	4,07E-04	1,06
F18	β^+ ; CE	634	97%	5,45E-04	4,61E-04	1,18
Cl36	β^-	710	98%	5,56E-04	5,19E-04	1,07
C11	β^+ ; CE	960	100%	8,92E-04	7,61E-04	1,17
Al26	β^+ ; CE	1174	82%	9,11E-04	8,95E-04	1,02
N13	β^+ ; CE	1199	100%	1,12E-03	9,48E-04	1,18
Na24	β^-	1390	100%	1,24E-03	1,10E-03	1,13
Co56	β^+ ; CE	1460	19%	2,54E-04	2,42E-04	1,05
O15	β^+ ; CE	1732	100%	1,57E-03	1,46E-03	1,08
Cl38	β^-	4534	68%	2,12E-03	2,54E-03	0,83
Moyenne						1,19
Ecart-type						0,18



L'accord est excellent entre Dosimex-B 2.0 et Varskin 4, avec toujours un biais positif (20 % seulement) pour Dosimex-B 2.0.

I.7.2 DOSIMEX-B 2.0 VS VARSKIN 4

Pour le Bécher, le guide pratique donne la somme des composantes en dose gamma et bêta. Il est donc nécessaire d'estimer la seule composante bêta. Pour cela nous nous appuyons sur les rapports Beta/gamma accessibles avec Varskin 4, en considérant que ces rapports sont similaires pour Varskin 2.

DETERMINATION DE LA COMPOSANTE BETA DANS LE GUIDE PRATIQUE (*DELACROIX ET AL.*)

Détermination composante DED Bêta pour le guide pratique					
Source	Varskin 4 (bêta)	Varskin 4 (bêta +gamma)	Rapport Beta/ (beta+gamma)	Guide pratique (beta +gamma)	Guide pratique Bêta seul
C14	5,54E-06	5,54E-06	1,00	3,50E-06	3,50E-06
Co60	9,98E-05	2,13E-04	0,47	2,90E-04	1,36E-04
Sc46	1,36E-04	2,36E-04	0,58	2,90E-04	1,67E-04
Fe59	1,50E-04	2,06E-04	0,73	2,30E-04	1,67E-04
Co58	5,19E-05	1,99E-04	0,26	9,60E-05	2,50E-05
Ce141	2,26E-04	2,35E-04	0,96	3,00E-04	2,89E-04
Sc47	2,55E-04	2,67E-04	0,96	2,20E-04	2,10E-04
Cs137	3,04E-04	3,33E-04	0,91	9,30E-04	8,50E-04
Na22	3,42E-04	4,51E-04	0,76	4,40E-04	3,34E-04
Be10	4,07E-04	4,07E-04	1,00	3,30E-04	3,30E-04
F18	4,61E-04	5,18E-04	0,89	4,50E-04	4,00E-04
Cl36	5,19E-04	5,19E-04	1,00	4,30E-04	4,30E-04
C11	7,61E-04	8,18E-04	0,93	7,30E-04	6,79E-04
Al26	8,95E-04	1,01E-03	0,89	9,80E-04	8,68E-04
N13	9,48E-04	1,04E-03	0,91	9,20E-04	8,39E-04
Na24	1,10E-03	1,23E-03	0,89	1,20E-03	1,07E-03
Co56	2,42E-04	4,72E-04	0,51	3,20E-04	1,64E-04
O15	1,46E-03	1,52E-03	0,96	1,30E-03	1,25E-03
Cl38	2,54E-03	2,59E-03	0,98	2,40E-03	2,35E-03

A partir de ces rapports il est possible de comparer les résultats de Dosimex-B 2.0 aux valeurs données dans le guide pratique après extrapolation de la composante bêta :

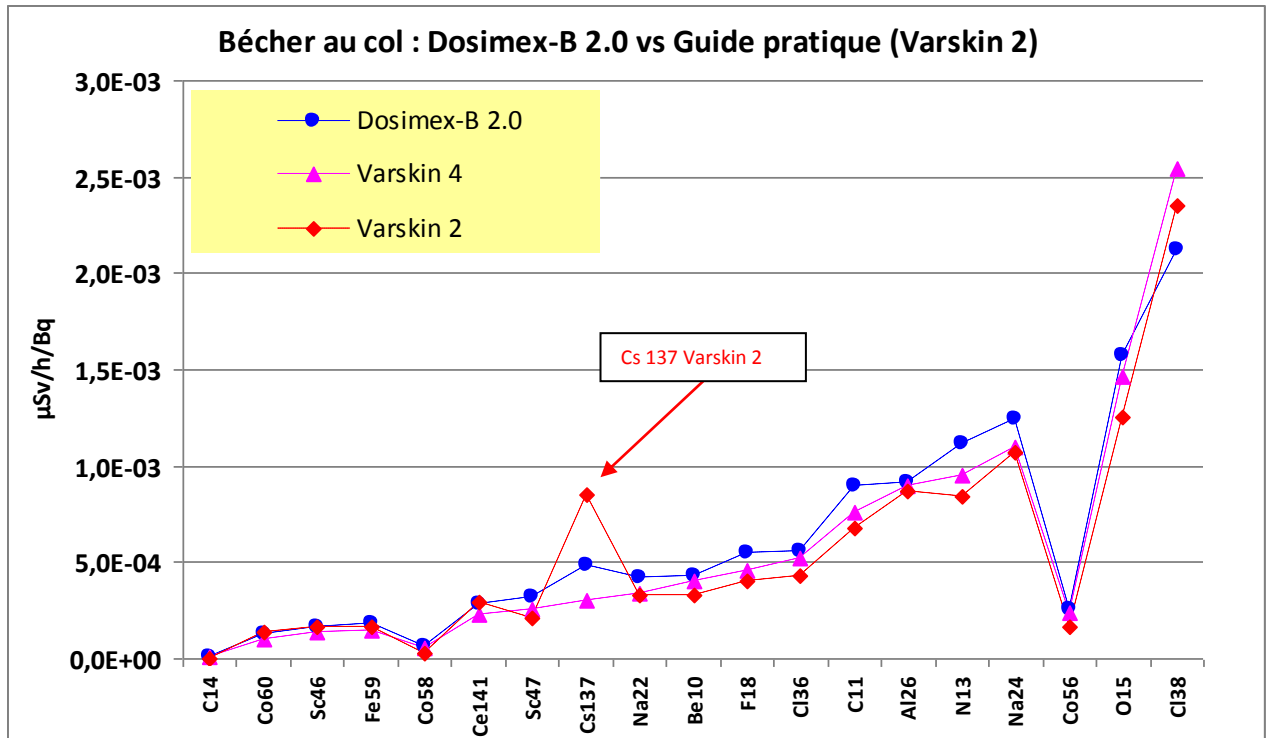
Surface libre becher R=2 cm; H=1,6 cm; d=3,5 cm						
Source	Type	Qmax (keV)	Intensité	Dosimex-B 2.0 (bêta)	Delacroix (Varskin 2) Bêta seul	Dosimex/ Delacroix
C14	β^-	157	100%	8,88E-06	3,50E-06	2,54
Co60	β^-	318	100%	1,28E-04	1,36E-04	0,94
Sc46	β^-	357	100%	1,64E-04	1,67E-04	0,98
Fe59	β^-	376	100%	1,83E-04	1,67E-04	1,09
Co58	β^+ ; CE	475	15%	6,43E-05	2,50E-05	2,57
Ce141	β^-	478	100%	2,81E-04	2,89E-04	0,97
Sc47	β^-	492	100%	3,16E-04	2,10E-04	1,50
Cs137	β^-	545	100%	4,87E-04	8,50E-04	1,50
Na22	β^+ ; CE	546	90%	4,20E-04	3,34E-04	1,26
Be10	β^-	556	100%	4,31E-04	3,30E-04	1,31
F18	β^+ ; CE	634	97%	5,45E-04	4,00E-04	1,36
Cl36	β^-	710	98%	5,56E-04	4,30E-04	1,29
C11	β^+ ; CE	960	100%	8,92E-04	6,79E-04	1,31
Al26	β^+ ; CE	1174	82%	9,11E-04	8,68E-04	1,05
N13	β^+ ; CE	1199	100%	1,12E-03	8,39E-04	1,34
Na24	β^-	1390	100%	1,24E-03	1,07E-03	1,16
Co56	β^+ ; CE	1460	19%	2,54E-04	1,64E-04	1,55
O15	β^+ ; CE	1732	100%	1,57E-03	1,25E-03	1,26
Cl38	β^-	4534	68%	2,12E-03	2,35E-03	0,90
Moyenne						1,28
Ecart-type						0,4

Deux valeurs aberrantes apparaissent ici :

A faible énergie (C14), on obtient un rapport supérieur à 2. Cet écart provient de la sous-estimation systématique et avérée de Varskin pour les faibles énergies en présence de matière.

Pour le Cs 137, il apparaît que la valeur donnée dans le Delacroix est visiblement (voir graphe ci-dessous) erronée (coquille ?). On le comprend en comparant aussi avec Varskin 4.

Ces deux valeurs ne sont pas prises en compte dans le bilan final.



1.8 BECHER CONTACT

Source cylindrique

H'(007) 6,75E-04 μ Sv/h

Lancer calcul

Position du point de mesure

Au col du becher

Au contact du dessous du becher

Matrice source avec activité volumique constante dans tout le cylindre

Commentaires

Emetteur bêta

Radionucléide

150

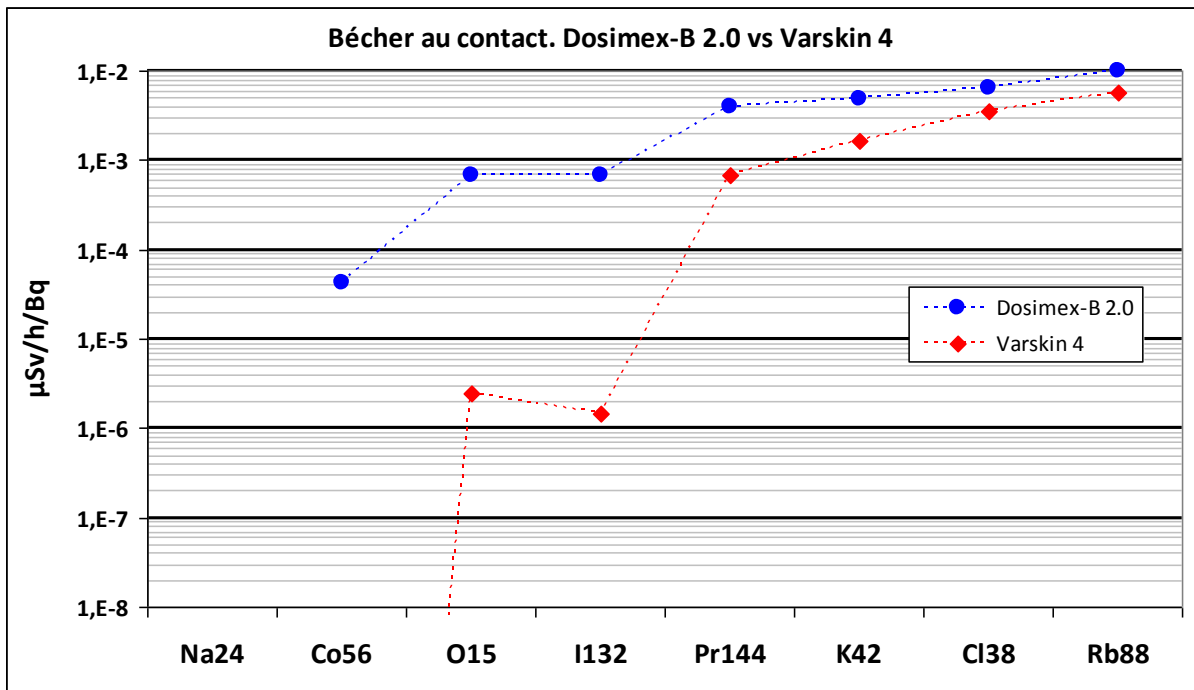
Activité (Bq)

1

Valider

Pour tous les radionucléides de faibles énergies jusqu'au Carbone 1 inclus, les résultats obtenus avec Dosimex-B 2.0 et Varskin 2 et 4 sont identiques : aucun électron n'émerge de cette configuration au travers des 2 mm de verre. Nous avons choisi ici un échantillon de radionucléides avec des énergies d'émissions plus élevées :

Bécher au contact						
Source	Type	Q_{max} (keV)	Intensité	Dosimex-B 2.0 (bêta)	Varskin 4 (bêta)	Dosimex/ Varskin 4
C11	β^+ ; CE	960	100%	0	0	/
Na24	β^-	1390	100%	1,35E-4	0	/
Co56	β^+ ; CE	1460	19%	4,29E-05	0	/
O15	β^+ ; CE	1732	100%	6,75E-04	2,50E-06	270,00
I132	β^-	2140	50%	6,86E-04	1,44E-06	476,39
Pr144	β^-	2996	100%	4,01E-03	6,70E-04	5,99
K42	β^-	3521	100%	4,85E-03	1,65E-03	2,94
Cl38	β^-	4917	68%	6,49E-03	3,58E-03	1,81
Rb88	β^-	5315	100%	1,01E-02	5,73E-03	1,76



On retrouve ici la sous-estimation avérées de varskin 2 et Varskin 4 en présence d'écran : les valeurs de doses sont données pour nulles alors qu'une proportion non nulle est susceptible de traverser avec une énergie résiduelle supérieures à 70 keV.

On constate que pour les énergies les plus élevées (*le Rubidium 88 possède la composante la plus élevée : 5315 keV*) l'accord entre Dosimex-B 2.0 et Varskin devient acceptable.

Ce scénario n'est pas pris en compte dans les statistiques finales.

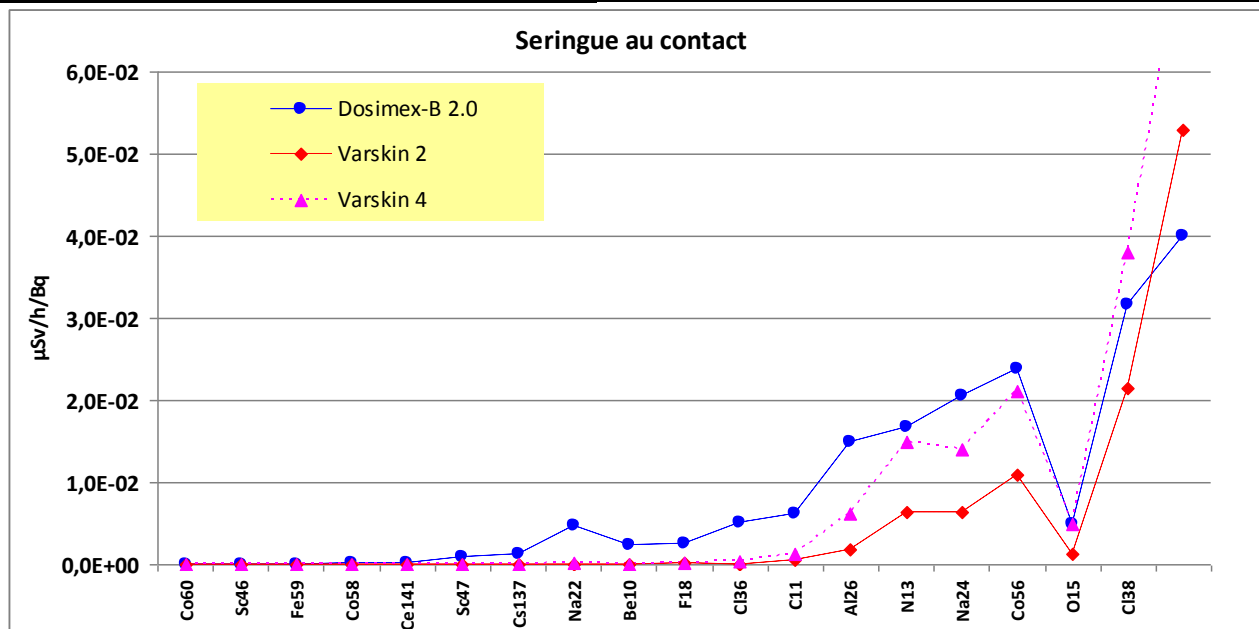
I.9 SERINGUE AU CONTACT

Le Guide pratique ne donnant pas dans ce cas la dose de la composante bêta seule, il a fallu l'estimer à partir des rapports Bêta/gamma calculable avec Varskin 4 :

Rapport DED Bêta / DED total								
Source	Type	Qmax (keV)	Intensité	Varskin 4 beta	Varskin 4 gamma	Rapport Beta/ beta+Gamma)	Guide pratique (Varskin 2)	Guide pratique Beta
C14	β	157	100%	0	0	/	0	0
Co60	β	318	100%	0	4,80E-03	0	5,70E-03	0
Sc46	β	357	100%	0	4,30E-03	0	4,80E-03	0
Fe59	β	376	100%	0	2,30E-03	0	2,70E-03	0
Co58	$\beta+$; CE	475	15%	0	3,70E-03	0	2,50E-03	0
Ce141	β	478	100%	0	2,03E-04	0	2,30E-04	0
Sc47	β	492	100%	1,17E-05	1,47E-03	7,90E-03	3,00E-04	2,37E-06
Cs137	β	545	100%	1,56E-04	7,40E-03	2,06E-02	1,70E-03	3,51E-05
Na22	$\beta+$; CE	546	90%	5,40E-05	2,60E-02	2,07E-03	5,40E-03	1,12E-05
Be10	β	556	100%	2,00E-04	0	1,00E+00	9,20E-05	9,20E-05
F18	$\beta+$; CE	634	97%	4,00E-04	1,50E-02	2,60E-02	2,90E-03	7,53E-05
Cl36	β	710	98%	1,34E-03	0	1,00E+00	5,10E-04	5,10E-04
C11	$\beta+$; CE	960	100%	6,10E-03	1,50E-02	2,89E-01	6,40E-03	1,85E-03
Al26	$\beta+$; CE	1174	82%	1,50E-02	2,46E-02	3,79E-01	1,70E-02	6,44E-03
N13	$\beta+$; CE	1199	100%	1,40E-02	1,50E-02	4,83E-01	1,30E-02	6,28E-03
Na24	β	1390	100%	2,10E-02	2,10E-02	5,00E-01	2,20E-02	1,10E-02
Co56	$\beta+$; CE	1460	19%	5,00E-03	4,10E-02	1,09E-01	1,20E-02	1,30E-03
O15	$\beta+$; CE	1732	100%	3,80E-02	1,50E-02	7,17E-01	3,00E-02	2,15E-02
Cl38	β	4534	68%	7,50E-02	8,60E-03	8,97E-01	5,90E-02	5,29E-02

A partir de ces rapports, il a été possible d'inclure le Guide Pratique dans cette comparaison :

Seringue au contact							
Source	Type	Qmax (keV)	Dosimex-B 2.0	Guide pratique Beta (Varskin 2)	Varskin 4 beta	Dosimex/ Delacroix (Varskin 2)	Dosimex/ Varskin 4
C14	β	157	0	0	0	NC	NC
Co60	β	318	0	0	0	NC	NC
Sc46	β	357	7,00E-09	0	0	NC	NC
Fe59	β	376	3,10E-04	0	0	NC	NC
Co58	$\beta+$; CE	475	1,80E-04	0	0	NC	NC
Ce141	β	478	9,30E-04	0	0	NC	NC
Sc47	β	492	1,30E-03	2,37E-06	1,17E-05	548,8	111,1
Cs137	β	545	4,90E-03	3,51E-05	1,56E-04	139,6	31,4
Na22	$\beta+$; CE	546	2,50E-03	1,12E-05	5,40E-05	223,4	46,3
Be10	β	556	2,70E-03	9,20E-05	2,00E-04	29,3	13,5
F18	$\beta+$; CE	634	5,10E-03	7,53E-05	4,00E-04	67,7	12,8
Cl36	β	710	6,25E-03	5,10E-04	1,34E-03	12,3	4,7
C11	$\beta+$; CE	960	1,47E-02	1,85E-03	6,10E-03	7,94	2,41
Al26	$\beta+$; CE	1174	1,67E-02	6,44E-03	1,50E-02	2,59	1,11
N13	$\beta+$; CE	1199	2,00E-02	6,28E-03	1,40E-02	3,19	1,43
Na24	β	1390	2,36E-02	1,10E-02	2,10E-02	2,15	1,12
Co56	$\beta+$; CE	1460	4,90E-03	1,30E-03	5,00E-03	3,76	0,98
O15	$\beta+$; CE	1732	3,14E-02	2,15E-02	3,80E-02	1,46	0,83
Cl38	β	4534	4,00E-02	5,29E-02	7,50E-02	0,76	0,53

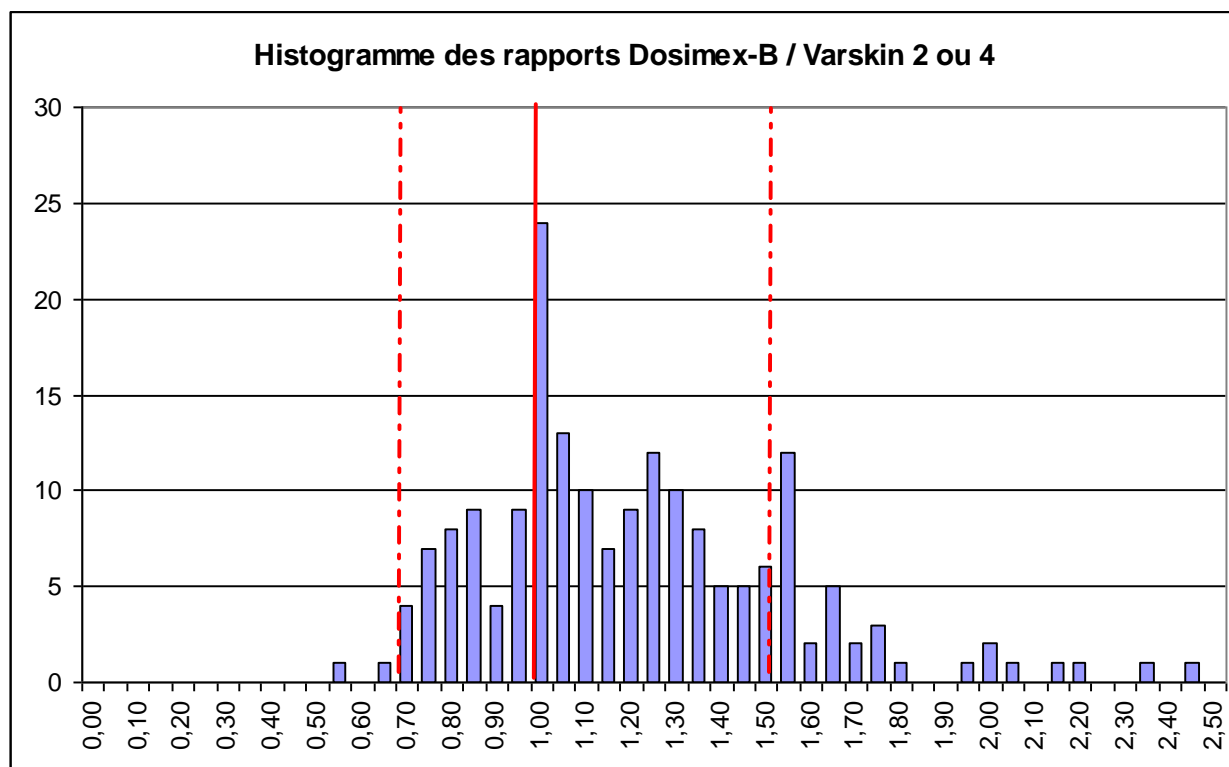


On retrouve avec Varskin 2 et Varskin 4, à plus faible énergie cependant, des valeurs nulles alors que des électrons sont susceptibles d'émerger. Cela entraîne des valeurs de rapports très élevées en faveur de Dosimex-B 2.0. Avec Varskin 4, l'accord est excellent à partir de Qmax supérieur à 1 MeV.

Partie II. SYNTHÈSE DES ÉCARTS

Sur 208 rapports entre Dosimex-B 2.0 et Varskin 2 (guide pratique) ou Varskin 4 présents dans ce dossier, 23 sont supérieurs à 2,5 et proviennent d'une sous-estimation avérée du code Varskin sur les calculs en présence d'écran. Ces valeurs, potentiellement infinis dans certains cas, n'entrent pas dans les statistiques finales présentées ici.

Les 185 valeurs prises en considération sont comprises entre 0,53 et 2,5 et se répartissent suivant l'histogramme suivant :



Les paramètres statistiques sur ces 185 valeurs sont :

Moyenne	1,18
Ecart-type	0,34

81 % des rapports sont compris entre 0,7 et 1,50.

23 % des rapports sont inférieurs à 1 (sous-estimation) mais cette sous-estimation ne dépasse pas.

30 % sauf pour 1 seul cas : Le CI 38 en seringue au contact (rapport 0,53).