



Office fédéral de la santé publique
Division Radioprotection
Section Radioactivité de l'environnement

Schweizerischer Prüfstellendienst
Service Suisse d'essai
Servizio dil prova in Svizzera
Swiss Testing Service

S
T
S



STS 314

RAPPORT D'ESSAI

- Rapport d'essai Nr. : **190**
Ce rapport d'essai remplace dans sa totalité le rapport Nr. 189 du 24.06.2014
- Mandataire : Office fédéral de la santé publique
3003 Berne
- Mandat : Détermination des concentrations en radionucléides par spectrométrie gamma in situ et de leur contribution individuelle au débit d'exposition externe du public
- Résumé : Ce rapport d'essai rend compte des résultats des mesures par spectrométrie gamma in situ réalisées selon les recommandations ICRU 53 dans le voisinage du quartier du Lischenweg à Bienne, a proximité du port de Bienne et au point de référence de Posieux, de Cadenazzo et du site d'Aarau. Ce rapport comprend également les mesures du débit d'équivalent de dose ambiant.

Berne, le 26 juin 2014

Visé:

Auteur:

Section Radioactivité de l'environnement
La responsable technique

Section Radioactivité de l'environnement

Dr. S. Estier

André Gurtner

Annexe: 1 fiche de résultats

Distribution: OFSP, Section Radioactivité de l'environnement (URA), 3003 Berne

Objet d'analyse 1

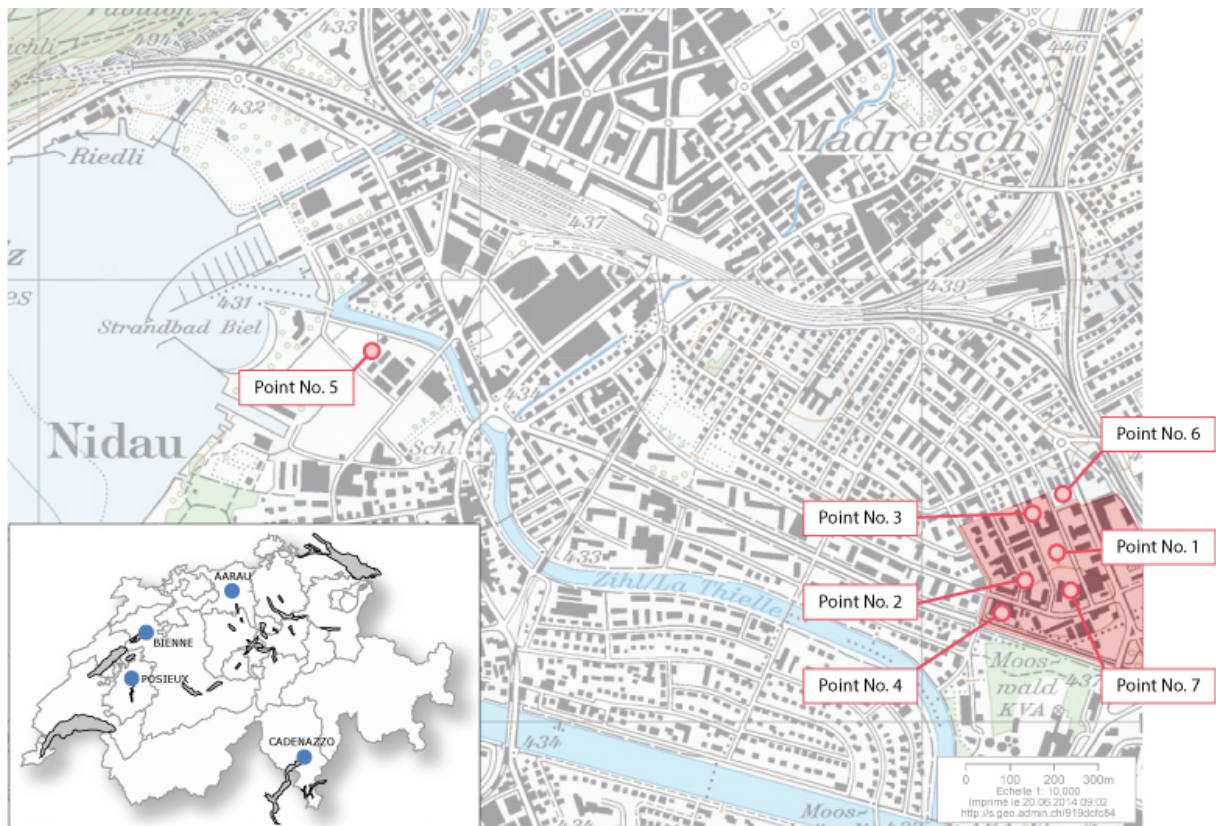
Examen in situ des sites au voisinage du quartier du Lischenweg à Bienne (6)

Examen in situ d'un site au voisinage du port de Bienne (1)

Examen in situ du site de référence de Posieux et de Cadenazzo et du site d'Aarau (3)

Entrée du mandat 1 : mandat de l'OFSP**Identification des mesures de l'objet d'analyse 1**

	Nom du site	No. LIMS	Coordonnées suisses CH-1903	Altitude [m]	Emplacement fichiers d'analyse X:\SITU\EVALUATION\2014\...et 2013\...
Lischenweg	Point 1	14-01127	586322 / 219369	432	1_Bienne_Placejeux_Lischenweg_POS30_10062014
	Point 2	14-01150	586240 / 219315	432	2_Bienne_Wilhelm_Kutter_Weg_POS30_10062014
	Point 3	14-01151	586249 / 219461	433	3_Bienne_Lischenweg_EMS_POS30_11062014
	Point 4	14-01160	586169 / 219243	432	4_Bienne_Aegertenstrasse_POS30_11062014
	Point 6	14-01162	586312 / 219499	434	6_Bienne_ch_de_Certier_POS30_11062014
	Point 7 (2x)	14-01163	586329 / 219302	433	7_Bienne_derriere_creche_lischenweg_POS30_12062014
Port	Point 5	14-01161	584776 / 219821	420	5_Bienne_Restaurant_port_POS30_11062014
Réf.	Posieux / FR	14-01177	574902 / 179875	578	FR_Posieux_POS30_10062014
	Cadenazzo	13-01958	715511 / 113193	204	TI_CADENAZZO_POS30_08072013
	Aarau	13-01939	644644 / 248587	378	KKG_AARAAU_SCHACHEN_POS30_20062013.spe

**Figure 1:** Plan de situation des sites examinés

Le contenu de ce rapport d'essai porte exclusivement sur l'objet d'analyse.

Ce rapport d'essai ne peut, sans l'accord préalable de la section Radioactivité de l'environnement être publié que dans son intégralité

Description détaillée du mandat

Détermination des teneurs en radionucléides par spectrométrie gamma in situ et estimation du débit d'équivalent de dose ambiant H*(10) qui en résulte en plein air à 1m du sol

Examens réalisés

Mesure de spectrométrie gamma in situ du débit d'équivalent de dose ambiant H*(10) à 1 m du sol

Caractéristique: site: plat dégagé d'obstacles (~ 100 m²)
(Site/Météo) météo: si possible temps ensoleillé et sec

Mesure: Selon prescription de travail pour la spectrométrie gamma in situ:

- o avec détecteur HPGe POS30 P-TYPE étalonné insitu_pos30.EFF (calibration décembre 2009)
- o domaine d'énergie 40 – 2000 keV
- o avec chambre d'ionisation RSS SNI2I016LY dont l'étalonnage est certifié.

Evaluation: Selon prescription de travail pour la spectrométrie gamma in situ:

- o avec le programme Interwinner 7.0
- o avec la bibliothèque d'isotopes « BASE_LARA_2010.ISO"
- o en supposant une distribution homogène des radionucléides dans le sol
- o avec les facteurs de conversion en Bq/Kg selon ICRU 53
- o avec les facteurs de conversion [Bq/kg] → H*(10) selon:
Lemercier et al, Specific activity to H*(10) conversion coefficients for in situ gamma spectrometry, Radiation Protection Dosimetry advance Access published october 17, 2007, doi: 10.1093/rpd/ncm307

Examen(s) réalisé(s) par

André Gurtner

Date(s) d'examen

10.06.2014 – 18.06.2014 et en 2013 pour les points de Cadenazzo et Aarau

Résultats d'examen

Voir fiche de résultats en annexe

Remarques

Incertitude statistique sur les valeurs mesurées : +/- 2 Sigma
Niveau de confiance pour la limite de détection : 95 %

Fiche de résultats

Objet d'analyse 1 - en Bq/kg et incertitude en Bq/kg

Incertitudes : valeur de mesure ± 2 sigma (incertitude statistique et systématique)

SITES	Date de mesure	^{40}K		^{232}Th		^{238}U ($^{214}\text{Bi}/^{234}\text{Th}$)		^{226}Ra		^{137}Cs	
		Bq/kg	Incertitude	Bq/kg	Incertitude	Bq/kg	Incertitude	Bq/kg	Incertitude	Bq/kg	Incertitude
Bienne – voisinage Lischenweg											
Point 1	10.06.2014	467	48	23.5	3.0	24.4	2.8	26.3	11.5	4.0	0.6
Point 2	10.06.2014	488	49	29.3	3.6	32.5	3.6	25.7	6.3	6.2	0.9
Point 3	11.06.2014	346	36	22.9	2.9	26.8	3.0	29.6	10.8	7.4	1.0
Point 4	11.06.2014	394	41	24.5	3.1	26.9	3.0	42.4	12.3	4.1	0.6
Point 6	11.06.2014	326	34	19.0	2.5	20.6	2.4	26.5	7.7	6.0	0.8
Point 7 (mes 1)	12.06.2014	352	37	21.1	1.8	36.0°	17.0	84.9*	15.0	8.8	0.7
Point 7 (mes 2)	18.06.2014	344	36	20.0	2.7	29.4°	19.0	67.4*	16.1	8.3	1.1
Bienne – voisinage du port											
Point 5	11.06.2014	321	33.6	21.3	2.7	22.5	2.6	32.6	10.3	4.8	0.7
Point de référence Posieux (FR) Cadenazzo (TI) et site Aarau (AG)											
Posieux	10.06.2014	338	35.2	18.5	2.5	24.2	2.7	21.5	8.0	4.2	0.7
Cadenazzo	08.07.2013	580	60.0	37.0	4.4	47.0	5.1	32.7	9.5	59.6	6.1
Aarau	20.06.2013	292	18.6	17.9	3.2	21.8	2.4	25.0	8.1	9.8	1.2

° L'activité de la série de ^{238}U a été déterminée sur la base du résultat de mesure obtenu pour le ^{234}Th . Dans les autres cas, elle est dérivée de l'activité du ^{214}Bi .

* Les résultats montrent clairement que le ^{226}Ra n'est pas en équilibre avec l' $^{238}\text{U}/^{234}\text{Th}$, indiquant un marquage du site par du ^{226}Ra d'origine artificielle. La distribution des matériaux contaminés en ^{226}Ra dans le sol n'étant pas connue, l'évaluation de l'activité (totale) du ^{226}Ra telle qu'indiquée dans ce tableau, et basée sur l'hypothèse d'une distribution homogène du ^{226}Ra et de ses descendants dans le sol, est donc sujette à caution.

Le contenu de ce rapport d'essai porte exclusivement sur l'objet d'analyse.

Ce rapport d'essai ne peut, sans l'accord préalable de la section Radioactivité de l'environnement être publié que dans son intégralité

Fiche de résultats

Objet d'analyse 1 – H*(10) en nSv/h et incertitude en nSv/h

Incertitudes : valeur de mesure ± 2 sigma (incertitude statistique et systématique)

SITES	Date de mesure	⁴⁰ K		Incertitude		²³² Th		Incertitude		²³⁸ U		Incertitude		¹³⁷ Cs	Incertitude		Rayonnement cosmique	Débit d'équivalent de dose ambiant H*(10) RSS		Incertitude 2σ (σ) statistique	Reconstitution In Situ	Déviation In Situ / RSS
		nSv/h		nSv/h		nSv/h		nSv/h		nSv/h		nSv/h			nSv/h			nSv/h				
Bienne – voisinage Lischenweg																						
Point 1	10.06.14	24	2.5	18	2.3	14	1.6	0.8	0.1	43.5	102	6.5	100	2.0								
Point 2	10.06.14	25	2.6	22	2.7	18	2.0	1.2	0.2	43.5	113	5.8	110	3.1								
Point 3	11.06.14	18	1.8	17	2.2	15	1.7	1.4	0.2	43.5	99	5.8	95	4.3								
Point 4	11.06.14	20	2.1	18	2.3	15	1.7	0.8	0.1	43.5	101	6.7	98	2.2								
Point 6	11.06.14	17	1.7	14	1.9	12	1.4	1.2	0.2	43.5	92	6.2	87	5.4								
Point 7- mes1*	12.06.14	18	1.9	16	2.1	20*	9	1.7	0.2	43.5	104	5.8										
Point 7- mes2*	18.06.14	17.6	2.0	15	2.0	16.6*	11	1.6	0.2	43.5	103	6.7										
Bienne – voisinage du Port																						
Point 5	11.06.2014	16	1.7	16	2.1	13	1.5	0.9	0.1	43	93	5.5	90	4.0								
Point de référence Posieux (FR) Cadenazzo (TI) et site Aarau (AG)																						
Posieux	10.06.2014	17	1.8	14	1.9	14	1.5	0.8	0.1	46	96	6.1	92	4.2								
Cadenazzo	08.07.2013	30	3.1	28	3.3	26	2.9	13.4	1.4	40	134	5.0	138	- 2.7								
Aarau	20.06.2013	15	1.6	13	1.8	12	1.4	1.9	0.2	43	90	3.9	85	5.0								

*contribution au débit d'équivalent de dose ambiant calculé sur la base de l'activité du ²³⁴Th, en considérant l'équilibre de tous les descendants et leur distribution homogène dans le sol. Cette contribution tient donc compte de la part de ²²⁶Ra d'origine naturelle et de tous ses descendants.

La contribution du ²²⁶Ra d'origine artificielle au débit d'équivalent de dose ambiant, s'obtient par soustraction des contributions d'origine naturelle (à savoir rayonnement cosmique et contribution des séries ²³²Th et ²³⁸U) et de celle du ¹³⁷Cs à l'équivalent de dose ambiant total mesuré à l'aide de la chambre d'ionisation. Les résultats donnent 5 nSv/h pour la mesure 1 et 9 nSv/h pour la mesure 2.

Le contenu de ce rapport d'essai porte exclusivement sur l'objet d'analyse.

Ce rapport d'essai ne peut, sans l'accord préalable de la section Radioactivité de l'environnement être publié que dans son intégralité

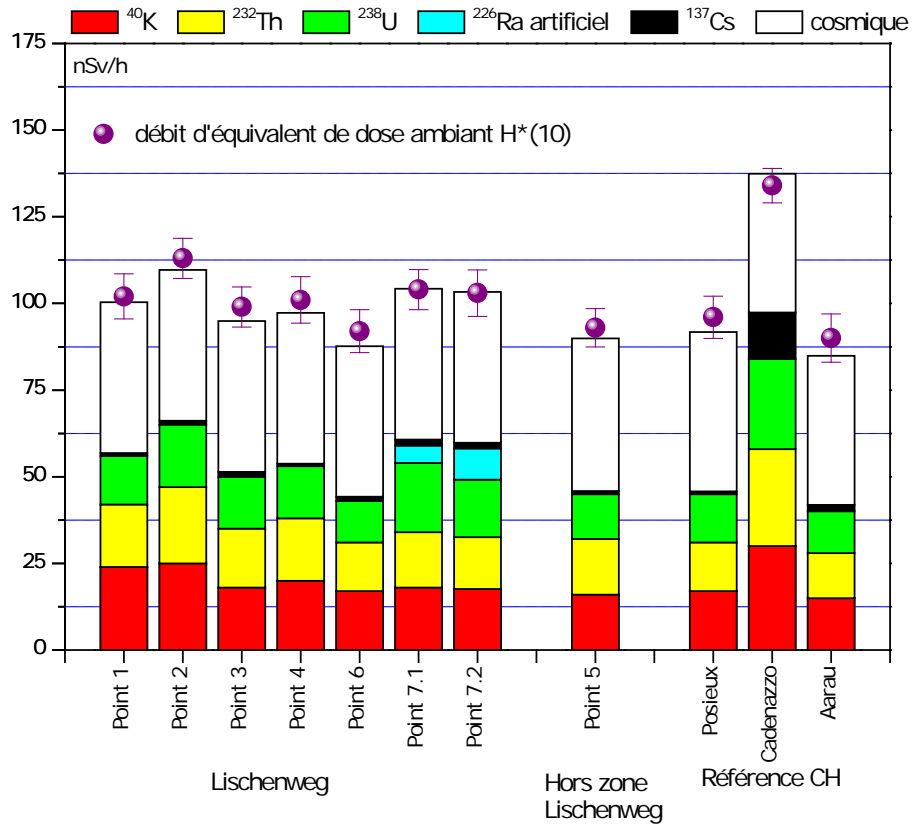


Figure 1: Contributions individuelles au débit d'équivalent de dose ambiant $H^*(10)$ calculées à partir des spectres in situ (distribution supposée homogène des radionucléides dans le sol) mesurés dans le quartier du Lischenweg et du port à Bienne ainsi qu'aux points de référence de Posieux/FR et Cadenazzo/TI ainsi que sur le site d'Aarau. La mesure globale du débit d'équivalent de dose ambiant $H^*(10)$ avec chambre d'ionisation est également représentée.

Fiche de résultats

Objet d'analyse 1 – Débit de dose ($H^*(10)$) en nSv/h – point 7



Le contenu de ce rapport d'essai porte exclusivement sur l'objet d'analyse.

Ce rapport d'essai ne peut, sans l'accord préalable de la section Radioactivité de l'environnement être publié que dans son intégralité

Annexe au rapport d'essai

Informations sur le calcul de l'incertitude

Spectrométrie gamma in situ

L'incertitude totale indiquée (Intervalle de confiance de 95 %) se compose des contributions suivantes, qui sont considérées comme indépendantes :

1) Incertitude statistique (taux de comptage) : telle qu'elle est calculée par le programme d'évaluation (intervalle de confiance de 95 %).

2) Incertitude systématique associée à la chaîne de mesure: cette incertitude est évaluée à **10 %**, pour un intervalle de confiance de 95% (2σ), quelle que soit la mesure; l'incertitude systématique comprend :

- l'incertitude sur le positionnement du détecteur, $u(p)$, évaluée à 1%
- l'incertitude sur la composition et la densité du sol (variation par rapport aux valeurs standards utilisées dans ICRU 53 pour le calcul des ϕ / A_m) ainsi que sur la topographie du terrain examiné, $u(ter)$, évaluée à 5%*
- l'incertitude sur l'activité des standards certifiés utilisés, $u(std)$, évaluée à 3%
- l'incertitude sur la courbe d'étalonnage du détecteur pour un flux incident perpendiculaire à la surface du détecteur, $u(N_f / \phi)$, évaluée à 5%
- l'incertitude sur la correction angulaire, $u(N_f / N_\theta)$, évaluée à 5%
- l'incertitude sur les données nucléaires utilisées, $u(nd)$, évaluée à 1%
- l'incertitude sur la correction de désintégration, $u(T)$, évaluée à 1%
- l'incertitude sur le marquage des pics (programme utilisé pour évaluation du spectre), $u(soft)$, évalué à 2% (2σ);

***Remarque** : en routine, les résultats sont donnés en supposant une distribution homogène de tous les radionucléides dans le sol (utilisation des facteurs ϕ / A_m donnés dans ICRU 53). Pour les radionucléides artificiels, cette hypothèse conservatrice ne reflète toutefois pas la réalité. Il existe donc une incertitude supplémentaire liée à la distribution des radionucléides dans le sol, qui n'est pas intégrée dans le calcul de l'incertitude systématique. En effet, pour un site d'examen donné, la distribution (et donc l'incertitude associée) varie fortement d'un radionucléide à l'autre. Il n'est ainsi pas possible de fixer une incertitude générique pour ce paramètre.

L'incertitude systématique relative totale (en %, 2σ) a ensuite été obtenue à l'aide de la formule suivante :

$$u_{\text{sys}} [\%] = \sqrt{u(p)^2 + u(ter)^2 + u(std)^2 + u(N_0 / \phi)^2 + u(N_f / N_0)^2 + u(nd)^2 + u(T)^2 + u(corr)^2 + u(soft)^2}$$

$$= \sqrt{(1)^2 + (5)^2 + (3)^2 + (5)^2 + (5)^2 + (1)^2 + (1)^2 + (2)^2} = 9.5\%$$

Cette valeur a été arrondie à 10% ;

Ces deux composantes étant considérées comme indépendantes, on utilisera la formule suivante pour obtenir l'incertitude relative totale, u_{tot} (en %, 2σ) :

$$u_{\text{tot}} [\%] = \sqrt{(inc.stat. [\%])^2 + 10^2}$$

Le contenu de ce rapport d'essai porte exclusivement sur l'objet d'analyse.

Ce rapport d'essai ne peut, sans l'accord préalable de la section Radioactivité de l'environnement être publié que dans son intégralité