



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Département fédéral de la défense, de la
protection de la population et des sports DDPS

Office fédéral de la protection de la
population OFPP
Centrale nationale d'alarme CENAL

01.07.2016

Exercice d'aéroradiométrie 2016 du 27.06. au 01.07.2016

Rapport d'exercice et résultats des mesures



Ce rapport peut être téléchargé sur www.cenal.ch

Table des matières

1. Condensé.....	3
2. Exercice d'aéroradiométrie 2016.....	4
2.1. Mesures effectuées sur mandat de l'IFSN.....	4
2.2. Sites géologiques intéressants dans la région de Vicosoprano.....	4
2.3. Mesures des villes de Lucerne et de Zoug.....	4
2.4. Exercice d'intervention avec la radioprotection de Suisse centrale et d'autres forces d'intervention.....	4
2.5. Mesures comparatives réalisées avec les systèmes de mesure de la CENAL et du Centre de compétences NBC-DEMUNEX de l'armée.....	5
2.6. Autres objectifs de l'équipe d'aéroradiométrie.....	5
2.7. Information de la population, des médias et des autorités.....	5
2.8. Organisations partenaires participantes.....	6
3. Résultats de l'exercice ARM 16.....	7
3.1. Résultats des mesures des environs des centrales nucléaires de Leibstadt et de Beznau, du ZWILAG et du PSI.....	7
3.2. Mesures comparatives réalisées avec les systèmes de la CENAL et du Centre de compétences NBC-DEMUNEX de l'armée.....	10
3.3. Résultats des mesures des zones présentant un intérêt géologique dans la région de Vicosoprano (GR) et le long de deux tronçons de l'A13.....	16
3.4. Résultats du programme des mesurages urbains.....	20
3.5. Résultats des mesures de l'exercice d'intervention « Laura ».....	24
3.6. Enseignements tirés de l'exercice d'aéroradiométrie 16.....	29
4. L'aéroradiométrie en général.....	30
4.1. Comment fonctionne l'aéroradiométrie?.....	30
4.2. Evaluation des données aéroradiométriques.....	30
4.3. Résultats des mesures effectuées dans le voisinage des centrales nucléaires.....	30

1. Condensé

Le programme d'aéroradiométrie (ARM) 2016 visait différents objectifs. Les plus importants étaient les vols effectués en Suisse centrale, comprenant un exercice à Emmen en collaboration avec la radioprotection de Suisse centrale et les sapeurs-pompiers de la ville de Lucerne, ainsi que la cartographie des villes de Lucerne et de Zoug et des leurs environs.

Par ailleurs, diverses mesures ponctuelles ont été réalisées au-dessus de sites géologiques intéressants (Vicosoprano) et des voies de communication (deux tronçons de l'autoroute A13). Le programme de mesures standard concernait les centrales nucléaires de Beznau (CNB) et de Leibstadt (CNL), l'Institut Paul Scherrer (PSI) et le centre de stockage intermédiaire ZWILAG à Würenlingen. En vue de la validation d'un nouveau système de mesure appelé à remplacer l'équipement actuel de la CENAL au cours des prochaines années, des vols comparatifs ont été réalisés en collaboration avec le Centre de compétences NBC-DEMUNEX de l'armée. Des vols ascensionnels au-dessus du Lac de Neuchâtel et la mesure de sources radioactives artificielles placées dans le périmètre du PSI ont permis de contrôler l'étalonnage des deux systèmes. Une comparaison directe des deux systèmes a été effectuée par deux hélicoptères survolant la centrale nucléaire de Leibstadt, la région de Vicosoprano et la ville de Zoug avec des équipements différents.

Principaux résultats de l'exercice d'aéroradiométrie 2016 :

1. Une carte de la radioactivité a été établie pour le territoire des villes de Lucerne (et environs) et de Zoug (et environs) ainsi que pour l'autoroute A13 de St. Margrethen à Sargans et de Cazis à San Bernardino. Elle affiche des valeurs tout à fait normales.
2. La collaboration entre les forces d'intervention de la radioprotection de Suisse centrale et des sapeurs-pompiers de la ville de Lucerne durant l'exercice d'intervention « Laura » à Emmen a très bien fonctionné.
3. Aucune accumulation de radioactivité artificielle n'a été constatée aux environs des sites d'exploitation des centrales nucléaires de Beznau et de Leibstadt, du PSI et du ZWILAG. Aucune modification par rapport aux résultats des mesures des années précédentes n'a été constatée.
4. La station NADAM fixe de la CENAL installée près de Vicosoprano indique une augmentation du débit de dose. Le survol radiométrique a confirmé ces résultats et a permis de mettre cette augmentation en lien avec une concentration plus élevée des radionucléides naturels des chaînes de désintégration uranium-thorium.
5. Les mesures comparatives réalisées avec les systèmes de mesure de la CENAL et du Centre de compétences NBC-DEMUNEX de l'armée mettent en évidence une concordance satisfaisante des deux systèmes.
6. Les spécialistes des mesures de la radioactivité, les techniciens et les pilotes de l'équipe d'aéroradiométrie disposent tous d'un excellent niveau de formation et d'expérience.

2. Exercice d'aéroradiométrie 2016

Cette année, les mesures aériennes ont eu lieu du 27 juin au 1er juillet, principalement en Suisse centrale. Tous les vols sont partis des bases aériennes de Dübendorf et d'Emmen.

2.1. Mesures effectuées sur mandat de l'IFSN

Toutes les centrales nucléaires suisses font l'objet de mesures bisannuelles ordonnées par l'Inspection fédérale de la sécurité nucléaire (IFSN). Cette année, elles ont concerné les centrales nucléaires de Beznau et Leibstadt, le PSI et le centre de stockage intermédiaire ZWILAG à Würenlingen.

2.2. Sites géologiques intéressants dans la région de Vicosoprano

En fonction des possibilités, la CENAL effectue également des survols radiométriques de zones présentant un intérêt géologique. La préparation et la mise en œuvre de la stratégie de mesure (vol à vue et trajectoire de vol ad-hoc) servent également à la formation de l'équipe d'aéroradiométrie. Cette année, une mesure a été réalisée à Vicosoprano, où l'on s'attendait à une radioactivité naturelle au-dessus de la moyenne en raison de la composition du sous-sol rocheux. Les mesures effectuées à Vicosoprano présentaient certaines difficultés liées à la topographie, car l'hélicoptère doit maintenir une distance constante de 90 m au-dessus du sol, y compris dans les sites montagneux. Le survol de Vicosoprano avait été planifié à plusieurs reprises au cours des dernières années, mais avait dû être reporté à chaque fois à cause des conditions météorologiques. C'est par ailleurs à Vicosoprano que se situe une des sondes [NADAM](#) avec lesquelles la CENAL mesure en permanence la radioactivité de l'ensemble du pays.

Des mesures aéroradiométriques le long de l'A13, plus précisément des deux tronçons St. Margrethen - Sargans et Cazis - San Bernardino ont été réalisées durant le vol de Dübendorf à Vicosoprano. Cela a permis à la CENAL d'augmenter le nombre de cartes aéroradiométriques des axes de communication importants.

2.3. Mesures des villes de Lucerne et de Zoug

Depuis plusieurs années, la CENAL déploie un programme de mesurages urbains dans le but d'établir des référentiels concernant les villes et grandes agglomérations. Il est recouru aux référentiels lors d'une suspicion de radioactivité augmentée à la suite d'un événement. La comparaison des mesures effectuées avec les référentiels permet de détecter les écarts plus rapidement. C'est dans le cadre de ce programme que Zoug (avec les localités de Baar et de Cham) ainsi que Lucerne (avec les localités d'Emmen, de Kriens et de Horw) ont été survolées cette année. La CENAL dispose actuellement de cartes de mesures initiales de nombreuses villes de Suisse.

2.4. Exercice d'intervention avec la radioprotection de Suisse centrale et d'autres forces d'intervention

La CENAL accorde une grande importance à la collaboration avec les cantons et organisations cantonales d'intervention. De ce fait, elle organise régulièrement des exercices communs qui permettent aux différents partenaires de mieux se connaître, de vérifier les connaissances et la préparation des différentes organisations en cas d'événement impliquant des substances radioactives et d'exercer la maîtrise conjointe de l'événement. Lors de l'exercice de cette année, il s'agissait de localiser et de récupérer des sources radioactives à la suite d'une catastrophe aérienne simulée. Les forces d'intervention impliquées provenaient de l'équipe d'aéroradiométrie, de la radioprotection de Suisse centrale, du PSI et des sapeurs-pompiers de la ville de Lucerne.

L'équipe d'aéroradiométrie a également profité de cette occasion pour exercer et améliorer la procédure d'engagement. On a tenu compte, pour l'exercice de 2016, des enseignements des exercices

d'intervention au Tessin (2011) et dans le canton de Thurgovie (2014).

2.5. Mesures comparatives réalisées avec les systèmes de mesure de la CENAL et du Centre de compétences NBC-DEMUNEX de l'armée

Le Centre de compétences NBC-DEMUNEX est en train de remplacer les hélicoptères de détection A obsolètes de l'armée par un nouveau système de mesure aérienne de la radioactivité, qui remplacera également le système actuel de la CENAL. C'est pour cette raison que la CENAL et le Centre de compétences NBC-DEMUNEX de l'armée ont réalisé différentes mesures à l'aide de deux hélicoptères afin de comparer les résultats de ces deux systèmes. Deux vols supplémentaires ont été effectués pour comparer les deux systèmes dans des conditions particulières et améliorer l'étalonnage du nouveau système :

- Vol ascensionnel au-dessus du Lac de Neuchâtel. Comme l'eau du lac atténue le rayonnement terrestre naturel, ce procédé permet de comparer l'influence du rayonnement cosmique (provenant de l'espace) sur les deux détecteurs à des altitudes différentes.
- Mesure de sources radioactives artificielles dans le secteur du PSI. Les responsables radio-protection de l'entreprise ont placé deux sources radioactives dans le périmètre du PSI afin de comparer le comportement des détecteurs lors de la mesure de sources radioactives.

2.6. Autres objectifs de l'équipe d'aéroradiométrie

Les objectifs suivants étaient au programme de la semaine d'exercice :

- installation et disponibilité opérationnelle de l'équipement de mesure dans les délais impartis ;
- mise en pratique des connaissances requises pour une intervention: préparation d'une intervention, manipulation de l'équipement durant l'intervention, évaluation et interprétation immédiates des résultats sur le terrain, entraînement des pilotes ;
- mise en pratique de la communication entre les pilotes et l'équipe de mesure (p. ex. guidage du vol par l'opérateur) ;
- présentation des résultats des mesures : mise à disposition d'un condensé et d'une interprétation des résultats deux heures après le dernier vol ;
- vérification et actualisation de la documentation d'intervention ;
- opérations d'exercice à partir de sites situés à l'extérieur de la base de Dübendorf.

2.7. Information de la population, des médias et des autorités

En raison des nuisances sonores de l'hélicoptère de radiométrie, une vaste information préalable du public avait été jugée indispensable. Dans cette optique, les autorités des communes survolées de même que les polices cantonales concernées ont toutes été informées par écrit des vols prévus et invitées à se référer à la CENAL en cas de questions provenant de la population.

Le 23 juin 2016, les vols de mesure ont été annoncés dans un communiqué de presse. Dans les territoires survolés, les dates retenues ont en outre été spécialement communiquées aux médias locaux. Les partenaires et les autorités ont été informés de manière active.

En collaboration avec la radioprotection de Suisse centrale et la RUAG (base aérienne d'Emmen), une conférence de presse a été organisée au sujet des exercices d'intervention à Emmen. Le site a pu être visité en compagnie du responsable de l'exercice. Les représentants des médias ont pu participer à un court vol de mesure au-dessus du terrain d'exercice et interviewer les personnes de leur choix.

2.8. Organisations partenaires participantes

Organisations associées à la préparation et à la réalisation de l'exercice d'aéroradiométrie 2016 :

- CENAL et EMF CF CENAL
- Forces aériennes suisses
- IFSN
- PSI
- radioprotection de Suisse centrale
- sapeurs-pompiers de la ville de Lucerne
- RUAG, sapeurs-pompiers d'entreprise, base aérienne d'Emmen

La CENAL et l'équipe d'aéroradiométrie remercient tous les participants de leur collaboration.



3. Résultats de l'exercice ARM 16

3.1. Résultats des mesures des environs des centrales nucléaires de Leibstadt et de Beznau, du ZWILAG et du PSI

Les mesures aéroradiométriques biennales d'installations nucléaires ont eu pour objet cette année les centrales nucléaires de Beznau et de Leibstadt, le ZWILAG et le PSI.

Remarque : la centrale nucléaire de Leibstadt et l'accélérateur de particules du PSI étaient en service. Les deux blocs de la centrale nucléaire de Beznau étaient à l'arrêt pour des interventions de maintenance.

Informations concernant le survol radiométrique des centrales nucléaires de Leibstadt et de Beznau, du ZWILAG et du PSI:

Date :	27.06.2016
Nombre de lignes :	42 couloirs de 250 m de large
Durée du vol :	3 h 30
Zone survolée :	centrales nucléaires de Leibstadt et de Beznau, ZWILAG et PSI; env. 110 km ²
Altitude :	env. 90 m au-dessus du sol

Carte du débit de dose ambiant

À l'extérieur des aires d'exploitation des centrales nucléaires :

La carte du débit de dose ambiant n'indique aucune valeur suspecte à l'extérieur des aires d'exploitation des centrales nucléaires de Beznau et Leibstadt. Les variations observées dans la région survolée sont dues à la géologie, à la topographie, aux cours d'eau de même qu'à la végétation. On a par exemple relevé une légère augmentation de la radioactivité dans les environs de Mandach en raison d'une concentration naturelle élevée de thorium dans le sol. Ce fait avait déjà été constaté les années précédentes (concentration normale de thorium en Suisse : 20-30 Bq/kg ; aux environs de Mandach : jusqu'à env. 75 Bq/kg : cf. rapport scientifique, rapport PSI n° 15-02, ISSN 1019-0643, pp. 8 à 11 et 20 à 23).

À l'intérieur de l'aire d'exploitation de la centrale nucléaire de Leibstadt :

La centrale nucléaire de Leibstadt est clairement reconnaissable sur la carte. On peut s'attendre à une augmentation du DDA directement au-dessus de la centrale, car lorsqu'il s'agit de réacteurs à eau bouillante, comme à Mühleberg ou Leibstadt, la vapeur qui passe du réacteur à la salle des machines contient de l'isotope azote N-16. Les rayons gamma de l'isotope azote N-16 peuvent être aisément détectés au-dessus de la salle des machines, en raison du faible écran qu'offre le toit. Par contre, grâce à l'épaisse enveloppe de protection, aucun rayonnement gamma provenant du réacteur même n'a été mesuré. Ces valeurs ont déjà été observées les années précédentes. Aucune valeur plus élevée que les années précédentes n'a été constatée en dehors de l'aire clôturée.

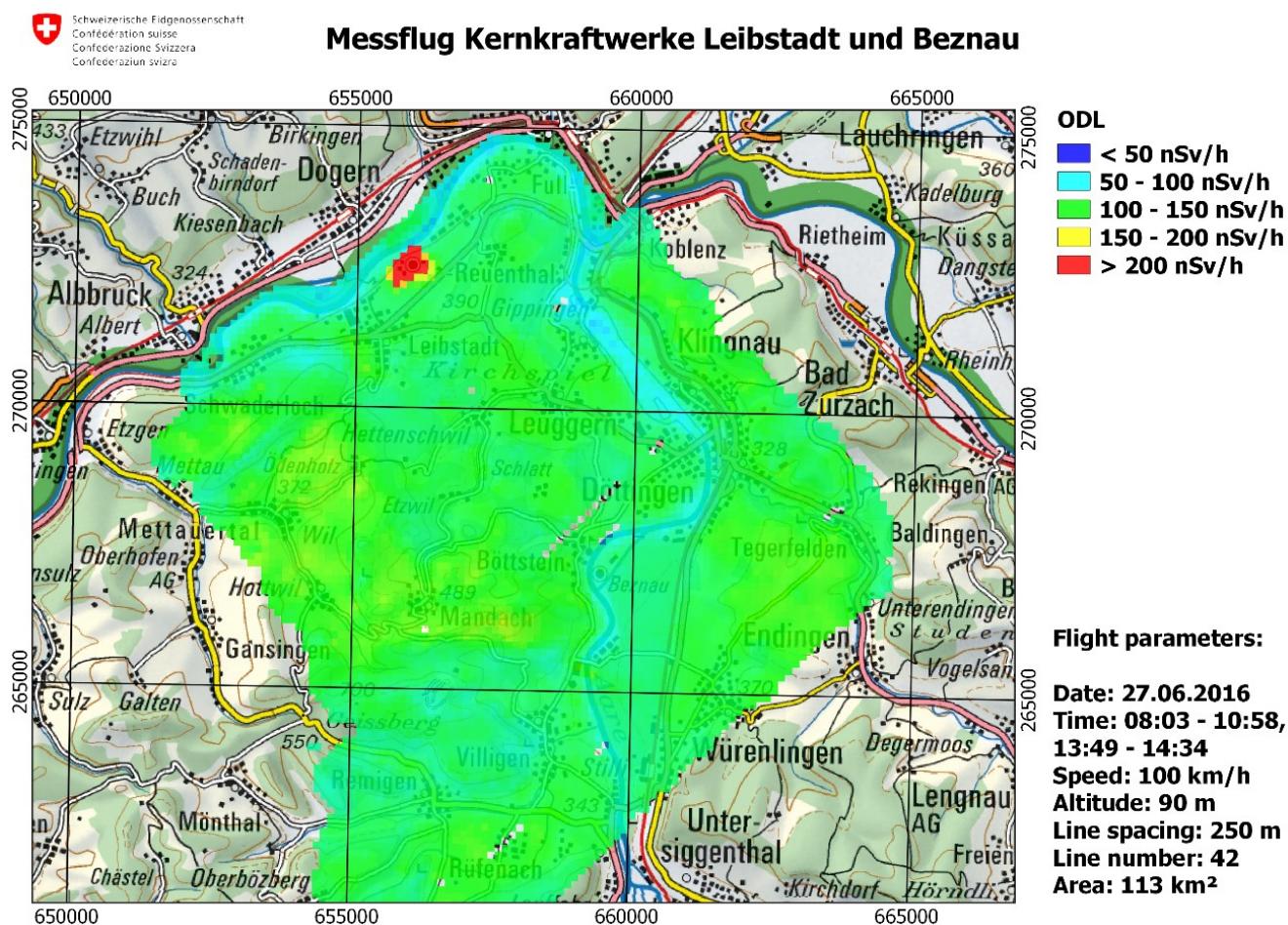


Figure 1 : carte du DDA aux environs des centrales nucléaires de Leibstadt et de Beznau.

Carte du césium (Cs-137)

Sur la carte du césium, aucune augmentation due à une accumulation artificielle de césium radioactif n'a été observée.

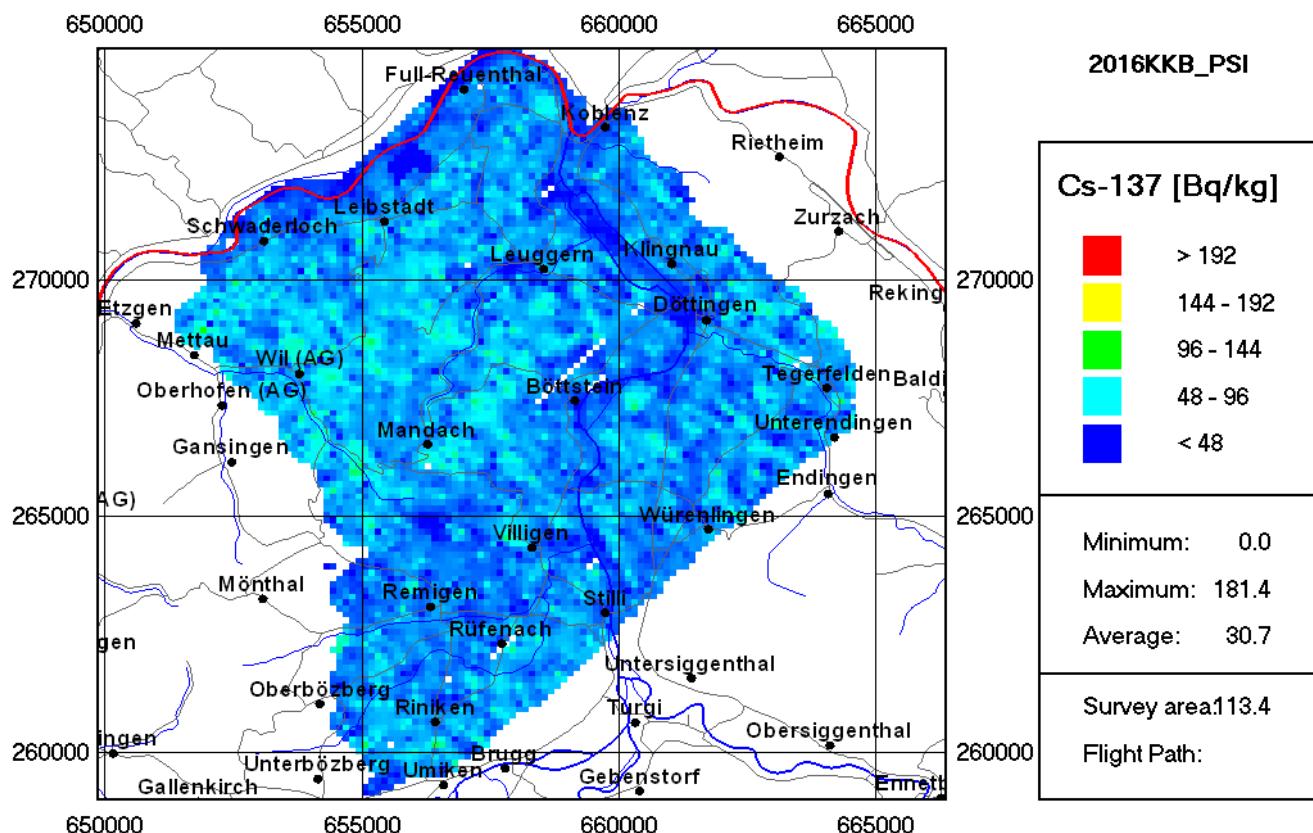


Figure 2 : carte du césium aux environs des centrales nucléaires de Leibstadt et de Beznau.

3.2. Mesures comparatives réalisées avec les systèmes de la CENAL et du Centre de compétences NBC-DEMUNEX de l'armée

Afin de comparer le système de mesures de la CENAL (ARM Detektor D : fabricant : Radiation Solutions, Canada) avec celui du Centre de compétences NBC-DEMUNEX de l'armée (RLL07; fabricant : Mirion, France), des sources radioactives artificielles ont été placées dans des zones bouclées du PSI puis soumises à des mesures aéroradiométriques.

Informations concernant le survol radiométrique du PSI, recherche de sources :

Date : 27.06.2016
 Nombre de lignes : 30 couloirs de 125 m de large
 Durée du vol : 60 min
 Zone survolée : env. 12,6 km²
 Altitude : env. 90 m au-dessus du sol

Carte du débit de dose ambiant de la CENAL

La carte du débit de dose ambiant indique une nette augmentation dans le périmètre du PSI.

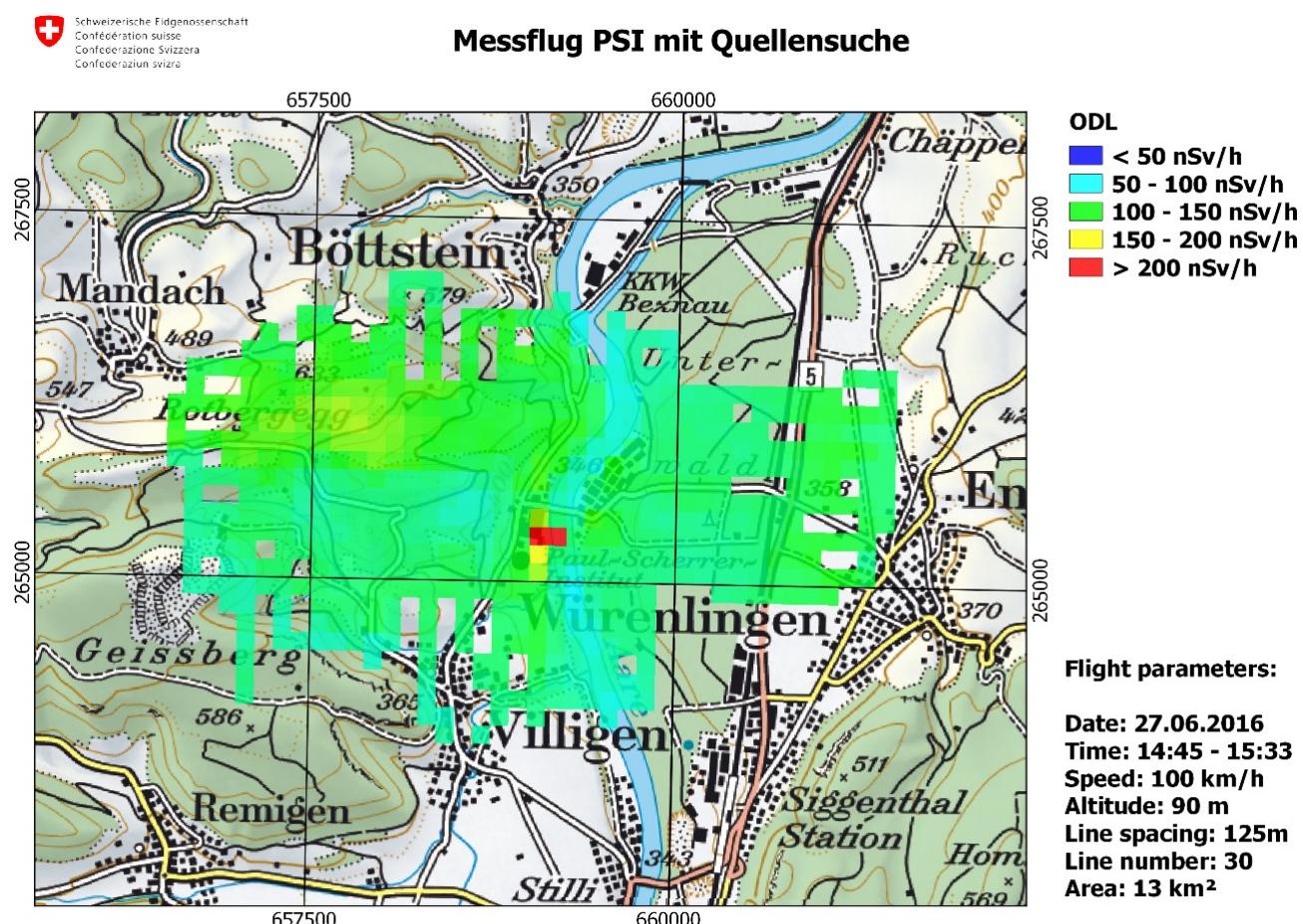


Figure 3 : carte du DDA du vol radiométrique de la CENAL au-dessus du périmètre du PSI renfermant des sources radioactives artificielles.

Pour une localisation et une identification de sources ponctuelles, une carte de débit de dose est souvent insuffisante. C'est pourquoi on recourt à des méthodes d'analyse spécialisées.

Carte du cobalt (Co-60) de la CENAL

À l'aide d'une carte du cobalt, trois sources potentielles ont pu être repérées.

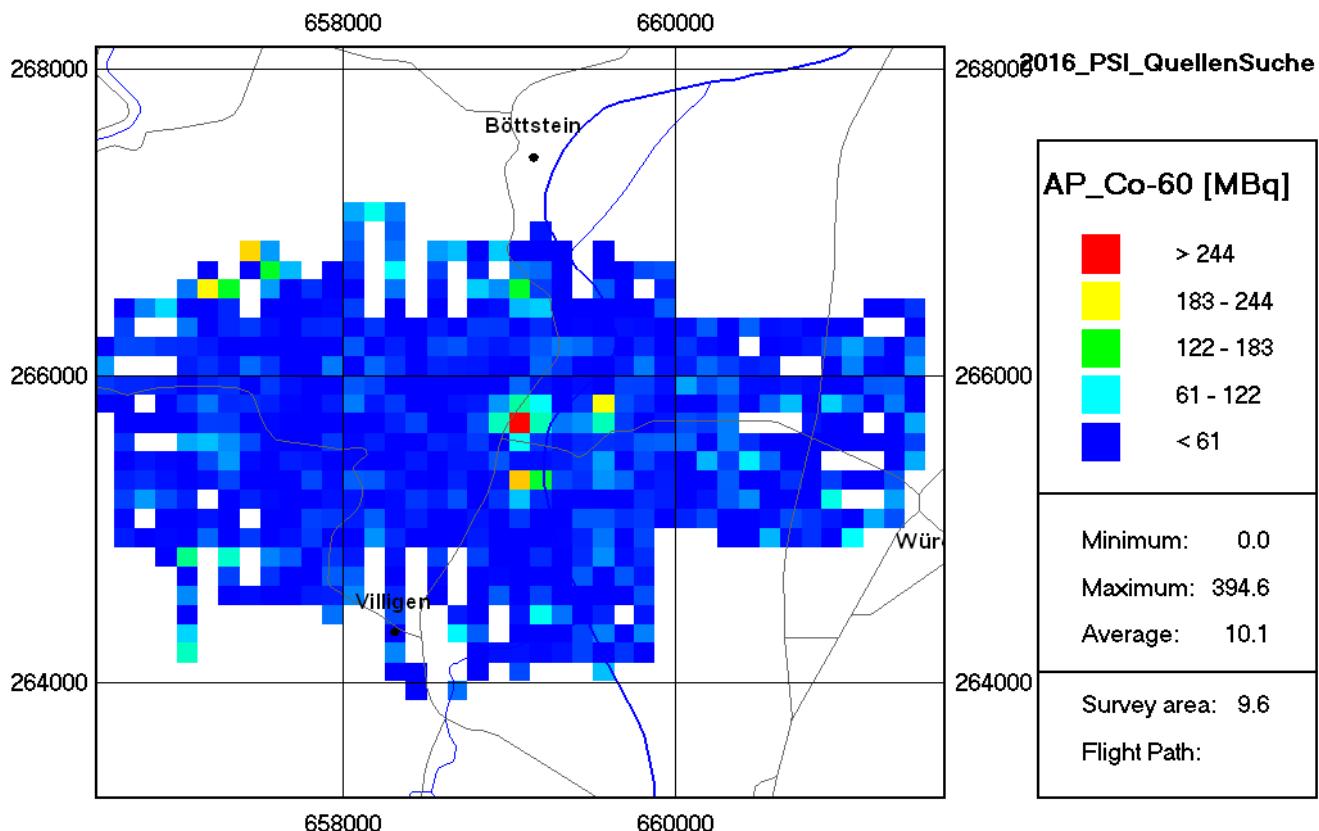


Figure 4 : carte du cobalt du vol radiométrique de la CENAL au-dessus du périmètre du PSI renfermant des sources radioactives artificielles. Les valeurs plus élevées aux limites du périmètre sont des altérations dues aux changements de direction de l'hélicoptère.

L'analyse des spectres énergétiques des trois points a cependant démontré que seul le point rouge correspond à une source artificielle de Co-60.

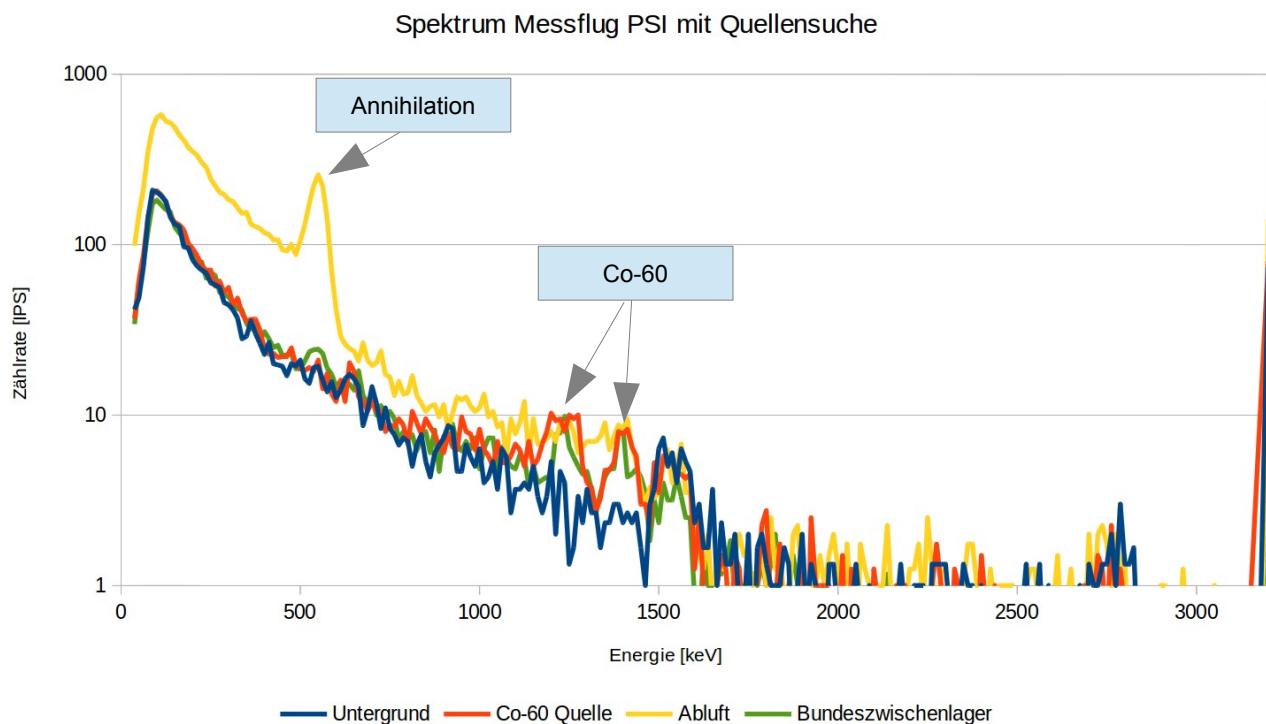


Figure 5 : spectres énergétiques des trois points mesurés affichant des valeurs plus élevées par rapport au sous-sol (courbe bleue).

En cas d'événement, les sources potentielles, identifiées au moyen de l'ARM, sont contrôlées et sécurisées par des équipes de mesure au sol.

Les deux autres points mesurés affichant des valeurs plus élevées ont été identifiés comme suit :

- matériel de dépôt intermédiaire fédéral (point jaune sur la carte, courbe verte ci-dessus) et
- sortie d'air de l'accélérateur (PSI-Ouest) (point orange sur la carte, courbe jaune avec l'annihilation électron-positron à 511 keV) ; ces rejets sont autorisés, surveillés et comptabilisés.



Explication :

Le système de mesure est étalonné pour détecter une activité au sol. Lorsque l'hélicoptère traverse un nuage contenant des substances radioactives, la source du rayonnement des photons est beaucoup plus proche de l'appareil de mesure. C'est pourquoi l'activité du rayonnement terrestre extrapolée est largement surévaluée.

Carte du césium (Cs-137) de la CENAL

Le spectre énergétique a permis de confirmer la présence d'une source artificielle de Cs-137.

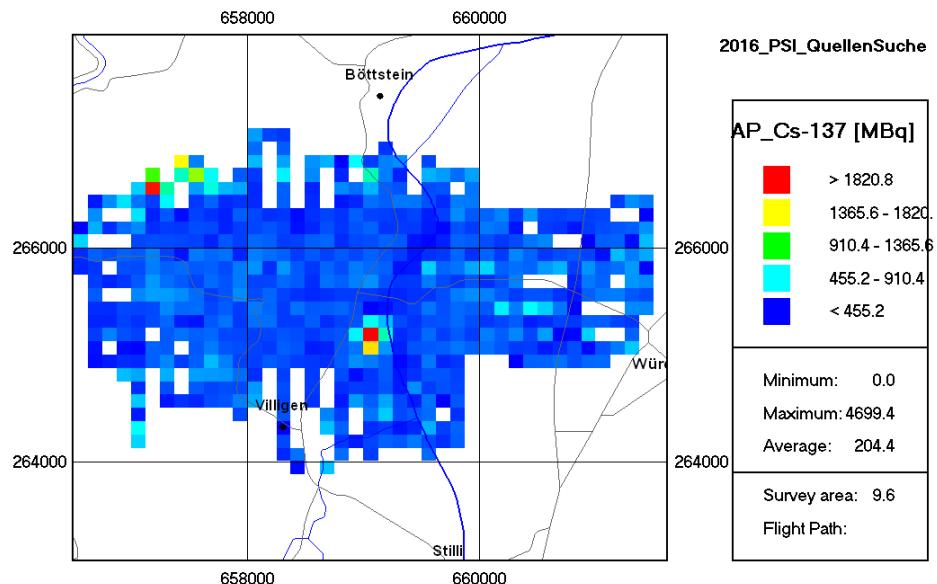


Figure 6 : carte du césium du vol radiométrique de la CENAL au-dessus du périmètre du PSI renfermant des sources radioactives artificielles. Les valeurs plus élevées aux limites du périmètre sont des altérations dues aux changements de direction de l'hélicoptère.

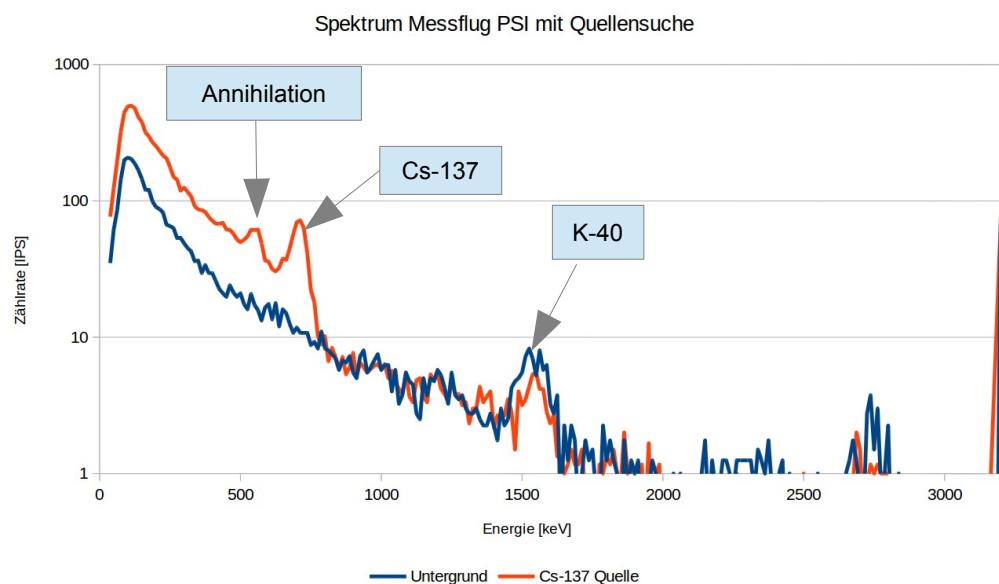
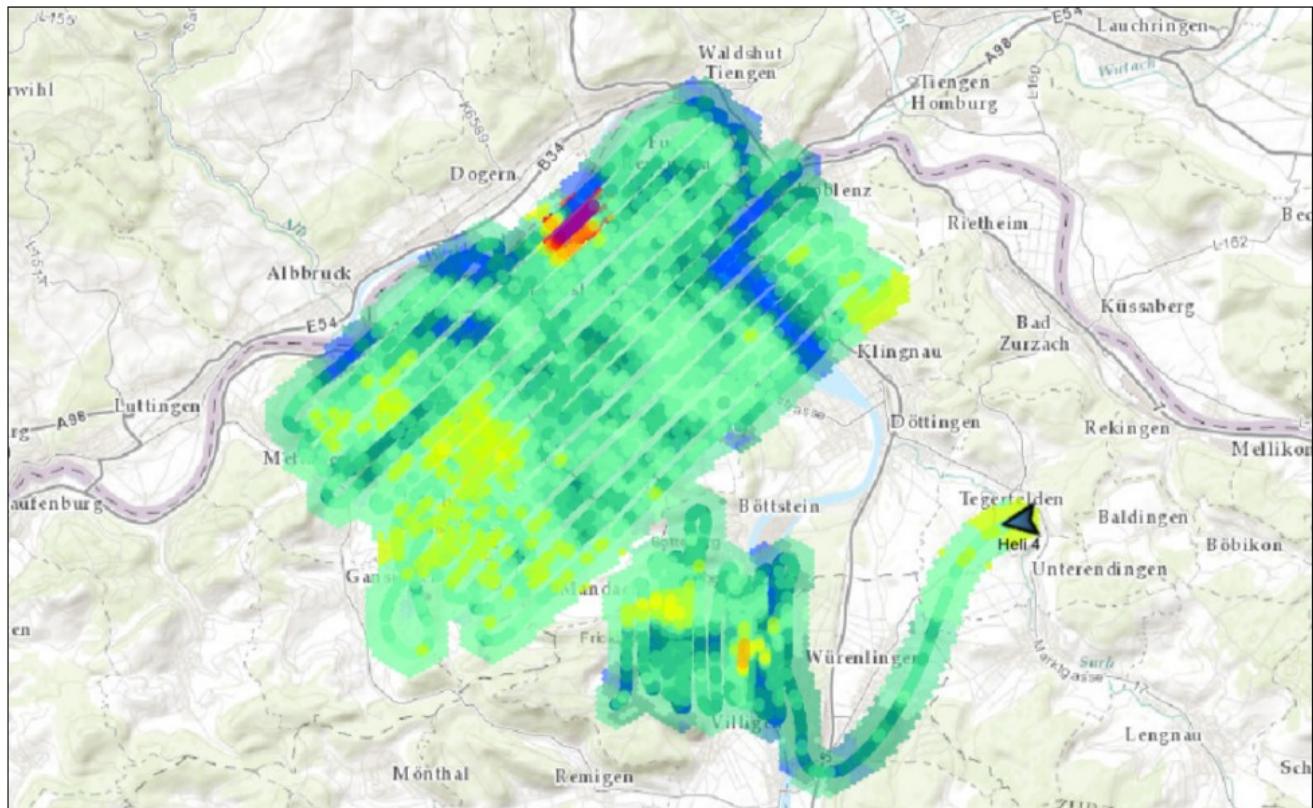


Figure 7 : spectre énergétique du point mesuré affichant des valeurs plus élevées par rapport au sous-sol (courbe bleue). Le pic de cobalt, l'annihilation électron-positron à 511 keV de l'air évacué par l'accélérateur du PSI (PSI-Ouest) et le pic de K-40 naturel sont également visibles sur le graphique.

Carte du débit de dose ambiant du Centre de compétences NBC-DEMUNEX de l'armée

La carte du DDA établie au moyen du système RLL07 indique également une augmentation dans le périmètre du PSI.

De plus, comme dans la figure 1 établie avec le système de la CENAL, on distingue clairement une concentration naturelle élevée de thorium au nord de Mandach et une augmentation artificielle de N-16 dans l'aire d'exploitation de la centrale nucléaire de Leibstadt.



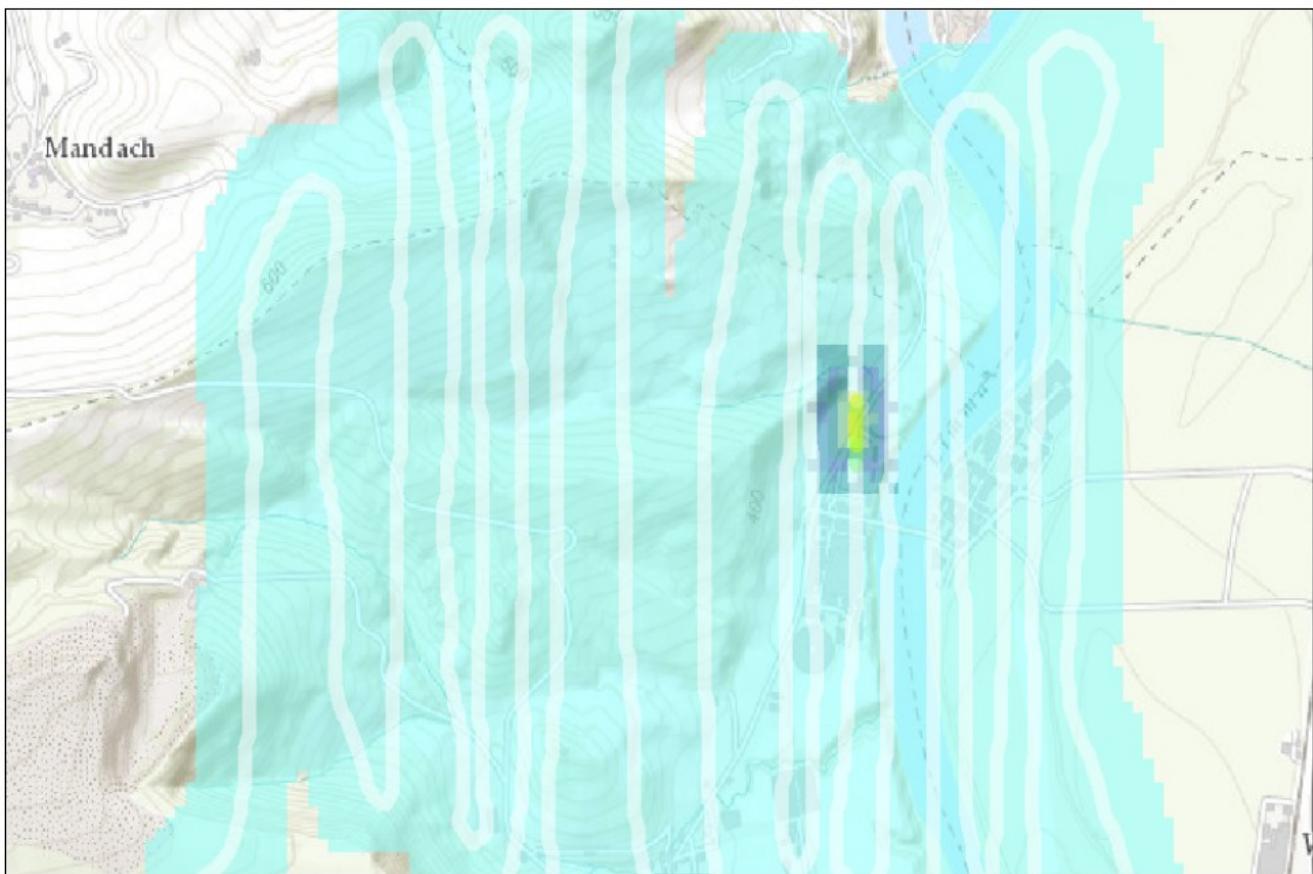
Ground dose rate (G)(μ Sv/h)

Invalid	0.040	0.048	0.056	0.064	0.072	0.080	0.096	0.112	0.128	0.144	0.160	0.400	0.800	1.600	4.000	8.000	40.000

Figure 8 : carte élaborée par le Centre de compétences NBC-DEMUNEX de l'armée sur le débit de dose ambiant des environs de la centrale nucléaire de Leibstadt et du périmètre du PSI renfermant des sources artificielles.

Carte du cobalt (60-Co) du Centre de compétences NBC-DEMUNEX de l'armée

La source de Co-60 a été identifiée et localisée sans difficultés avec le système RLL07.

**Co-60 Pct. CT(MBq)**

Invalid	1	5	10	20	40	60	80	100	125	150	200	250	300	400	500	1000	5000

Figure 9 : carte du cobalt du vol radiométrique du Centre de compétences NBC-DEMUNEX de l'armée au-dessus du périmètre du PSI renfermant des sources radioactives artificielles.

L'analyse et la comparaison détaillées des résultats des mesures obtenus par les deux systèmes seront présentées plus loin et les résultats publiés dans un rapport séparé du PSI.

3.3. Résultats des mesures des zones présentant un intérêt géologique dans la région de Vicosoprano (GR) et le long de deux tronçons de l'A13

La région de Vicosoprano a été retenue en raison de son intérêt géologique et de sa topographie.

Contexte

Le débit de dose ambiant (DDA) mesuré par la sonde NADAM de la CENAL située près de Vicosoprano affiche constamment des valeurs élevées pour la Suisse. Des mesures aéroradiométriques ont par conséquent été effectuées dans cette région. (voir également :<https://www.naz.ch/fr/aktuell/zeitverlaeufe.html>)

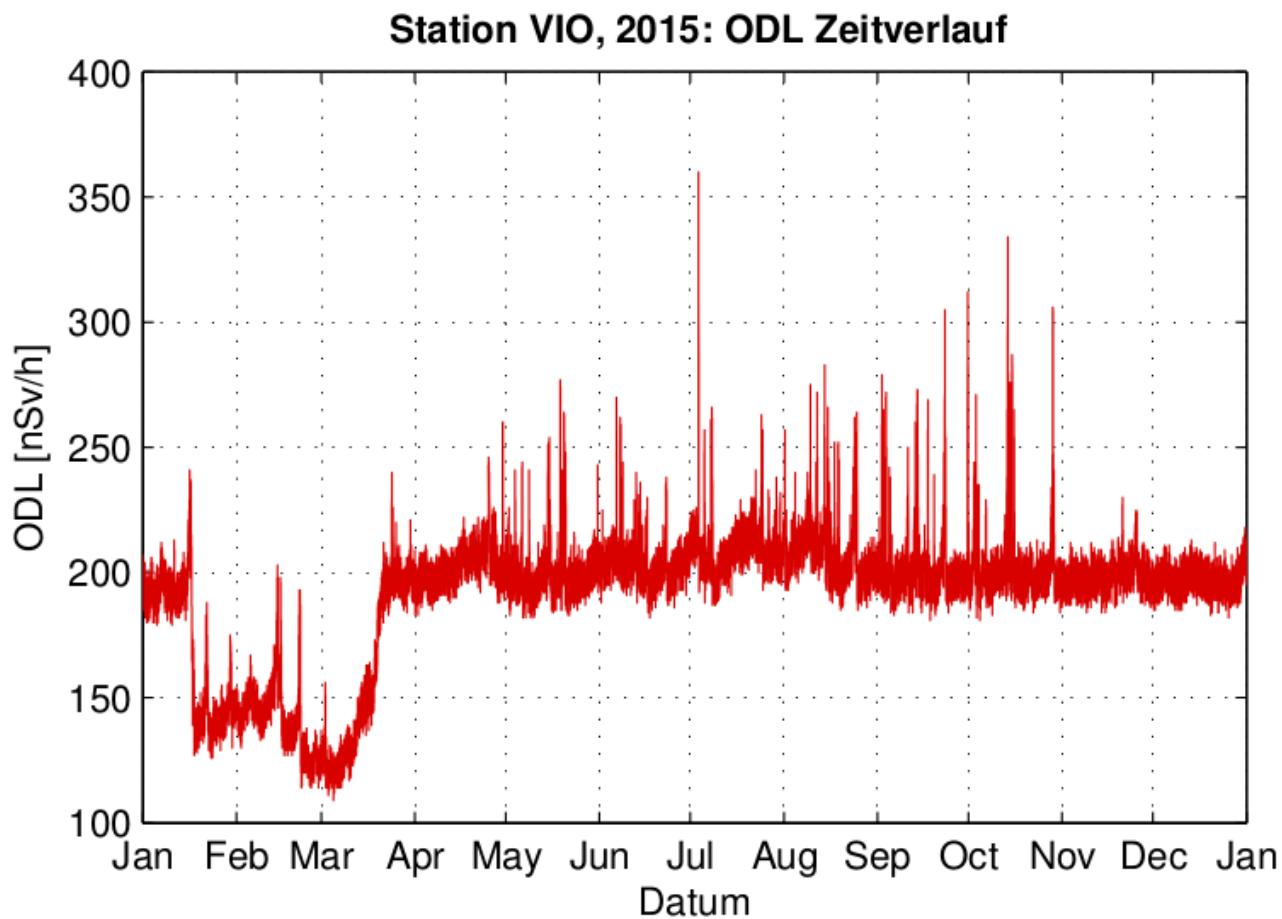


Figure 10 : évolution dans le temps du débit de dose ambiant de la sonde NADAM de Vicosoprano en 2015. Les valeurs moins élevées en hiver sont dues à la couverture neigeuse. Les précipitations causent des augmentations ponctuelles des valeurs liées au lessivage des radionucléides naturels.

Les résultats des mesures aéroradiométriques confirment les valeurs de DDA élevées dans la région de Vicosoprano, qui sont à mettre en relation avec une quantité relativement élevée de thorium et d'uranium dans la roche.

Informations concernant le survol radiométrique de la région de Vicosoprano

Date : 28.06.2016
 Nombre de lignes : 6 lignes ; vol à vue
 Durée du vol : 35 min
 Zone survolée : env. 21 km²
 Altitude : env. 90 m au-dessus du sol

Carte du rayonnement terrestre naturel

La représentation du rayonnement terrestre naturel met en évidence les valeurs élevées du DDA au sud et sud-est de Vicosoprano ainsi qu'une légère augmentation des valeurs près de Bondo et de Castasegna.

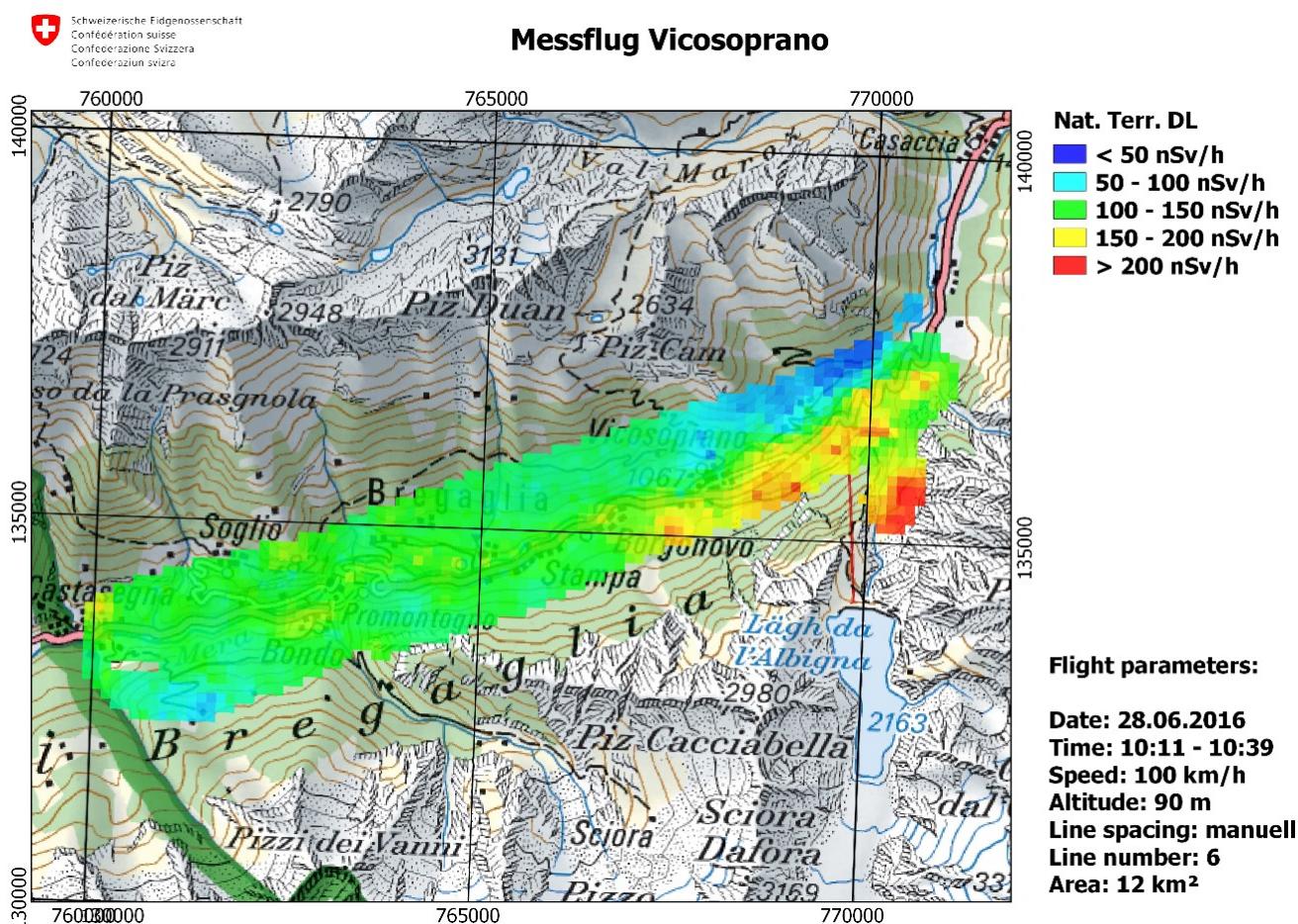


Figure 11 : carte du rayonnement terrestre naturel du vol radiométrique dans la région de Vicosoprano.

L'augmentation du rayonnement terrestre est due à une quantité relativement élevée de thorium et d'uranium dans la roche.

Carte de l'uranium (U-238)

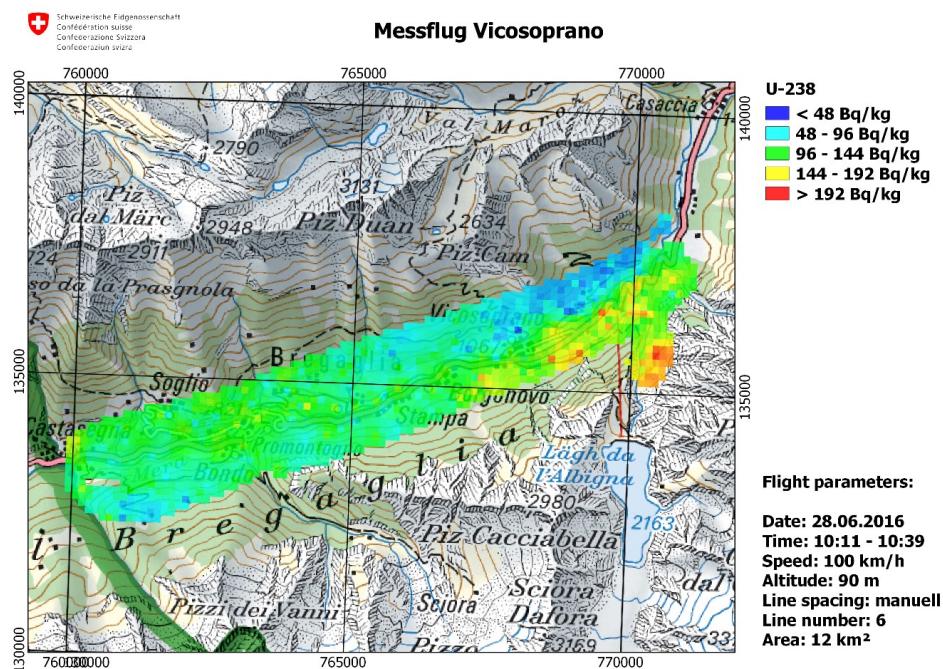


Figure 12 : carte de l'uranium de la région de Vicosoprano.

Carte du thorium (Th-232)

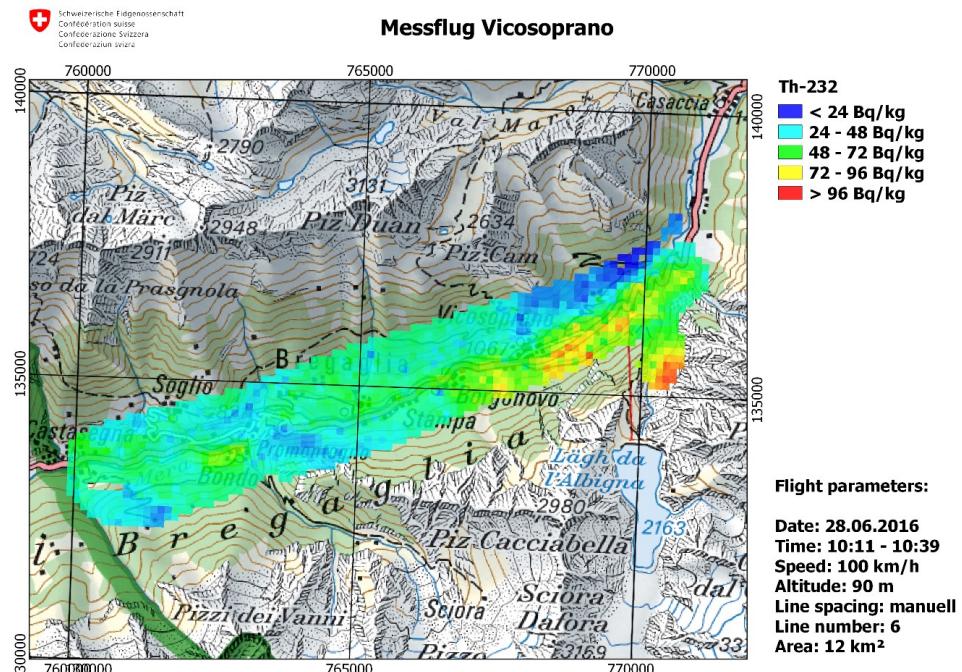


Figure 13 : carte du thorium de la région de Vicosoprano.

Des mesures aéroradiométriques le long de l'A13, plus précisément des deux tronçons St. Margrethen - Sargans et Cazis - San Bernardino ont été réalisées durant le vol de Dübendorf à Vicosopran. Les valeurs mesurées correspondent aux valeurs normales.

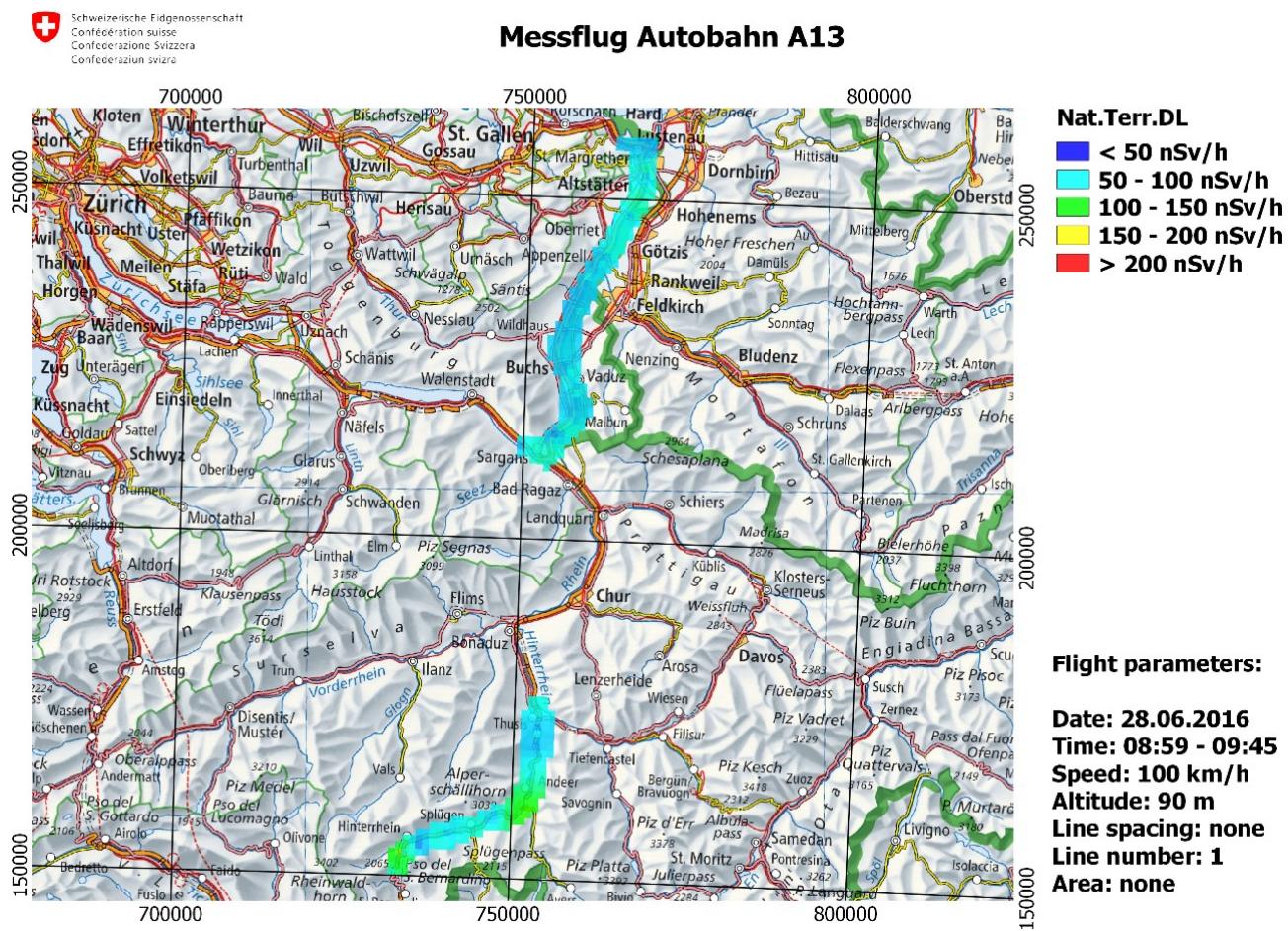


Figure 14 : carte de la mesure du rayonnement terrestre naturel le long de l'A13.

3.4. Résultats du programme des mesurages urbains

Depuis plusieurs années, la CENAL déploie un programme de mesurages urbains dans le but d'établir des référentiels concernant toutes les villes et grandes agglomérations de Suisse. Il peut être recouru aux référentiels lors d'une suspicion de radioactivité augmentée à la suite d'un événement. Cette année, ces sont les villes de Lucerne et de Zug et leurs environs qui ont été survolés.

Informations concernant le survol radiométrique de la ville de Zug et des environs

Date : 28.06.2016
 Nombre de lignes : 31 couloirs de 250 m de large
 Durée du vol : 1 h 30 min
 Zone survolée : env. 62 km²
 Altitude : env. 90 m au-dessus du sol

Carte du débit de dose ambiant

La carte ne montre pas d'augmentation des valeurs mesurées. Les valeurs de DDA peu élevées nettement visibles au-dessus du Lac de Zug sont liées à l'atténuation du rayonnement terrestre par l'eau.

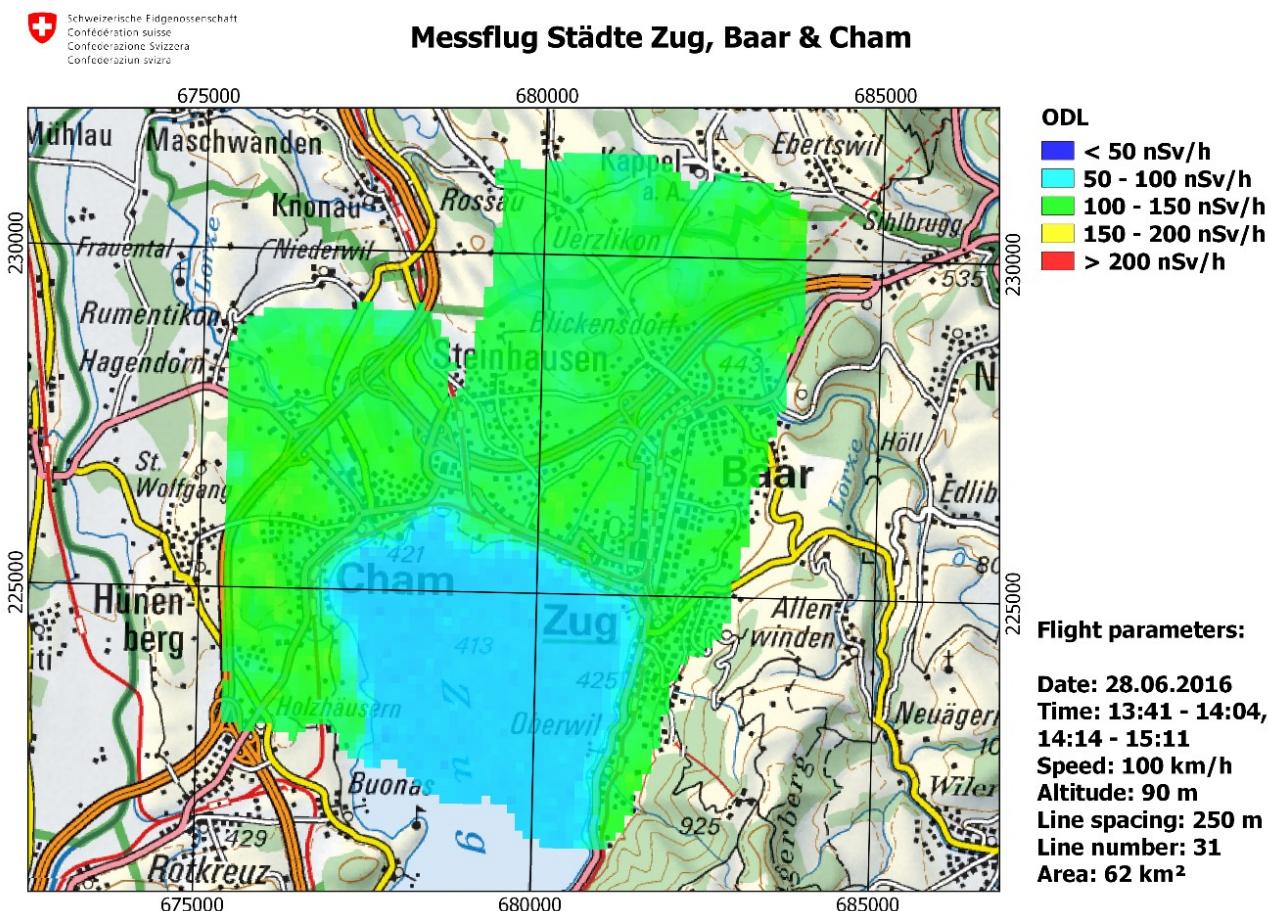


Figure 15 : carte du DDA de la ville de Zug et des environs.

Carte du césium (Cs-137)

Tout comme la carte du DDA, la carte du césium ne montre pas de variation liée à la présence de césium radioactif.

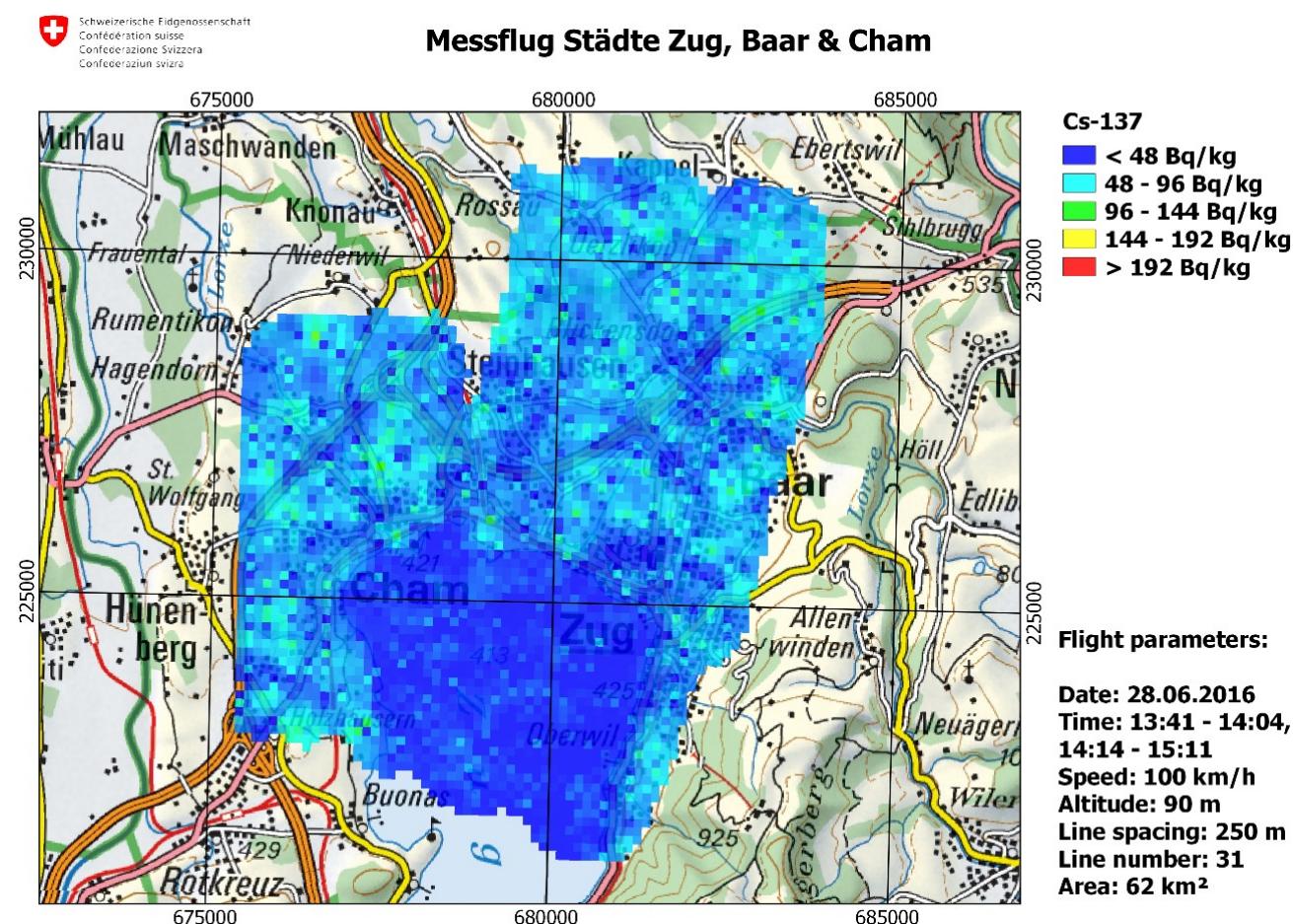


Figure 16 : carte du césium de la ville de Zug et des environs.

Informations concernant le survol radiométrique de la ville de Lucerne et des environs

Date : 30.06.2016
 Nombre de lignes : 42 couloirs de 250 m de large
 Durée du vol : 1 h 55 min
 Zone survolée : Lucerne, Kriens, Emmen
 Surface mesurée : env. 96 km²
 Altitude : env. 90 m au-dessus du sol

Carte du débit de dose ambiant

La carte ne montre pas d'augmentation des valeurs mesurées. Les valeurs de DDA peu élevées bien visibles au-dessus du Lac des Quatre-Cantons sont liées à l'atténuation du rayonnement terrestre par l'eau.

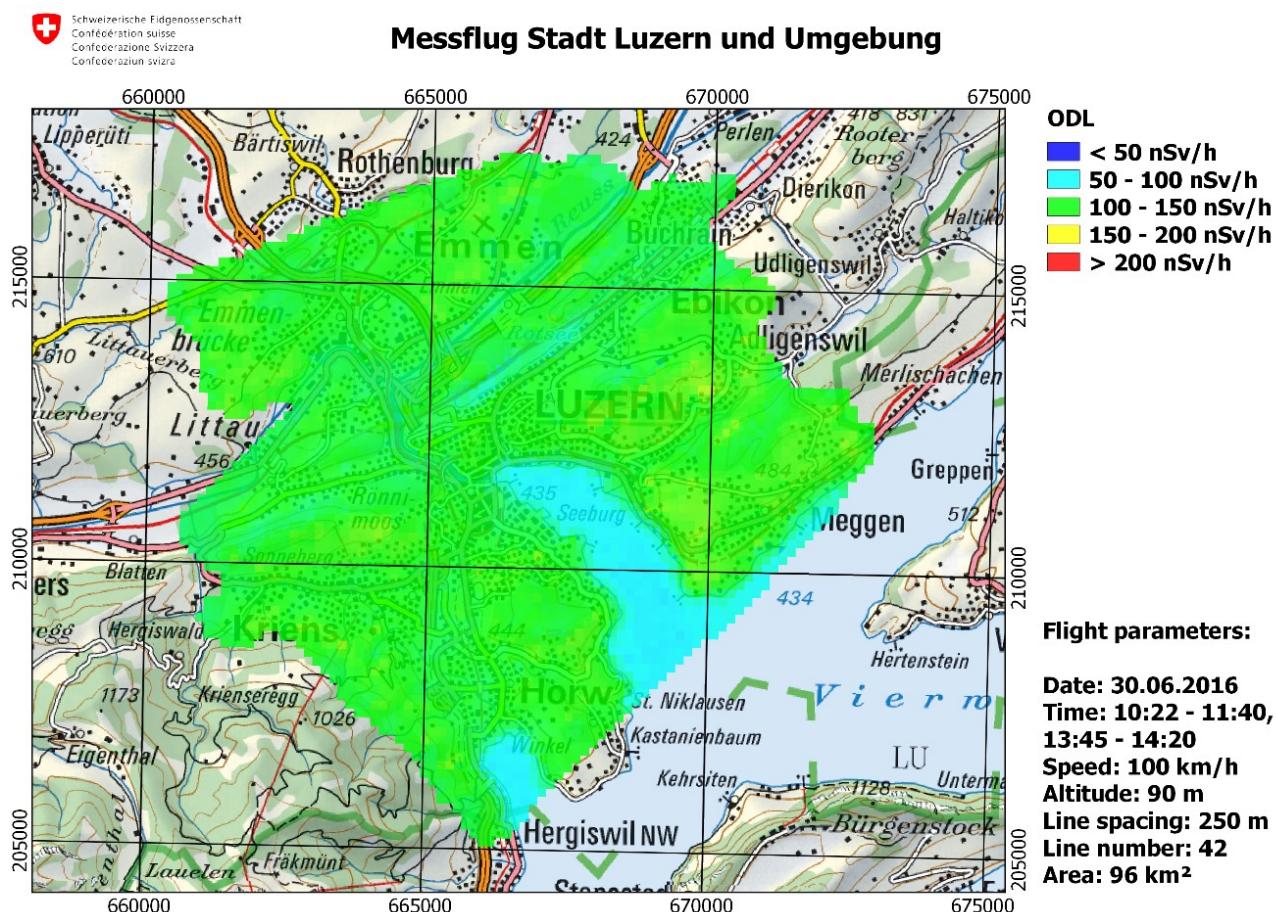


Figure 17 : carte du DDA de la ville de Lucerne et des environs.

Carte du césium (Cs-137)

Tout comme la carte du DDA, la carte du césium ne montre pas de variation liée à la présence de césium radioactif.

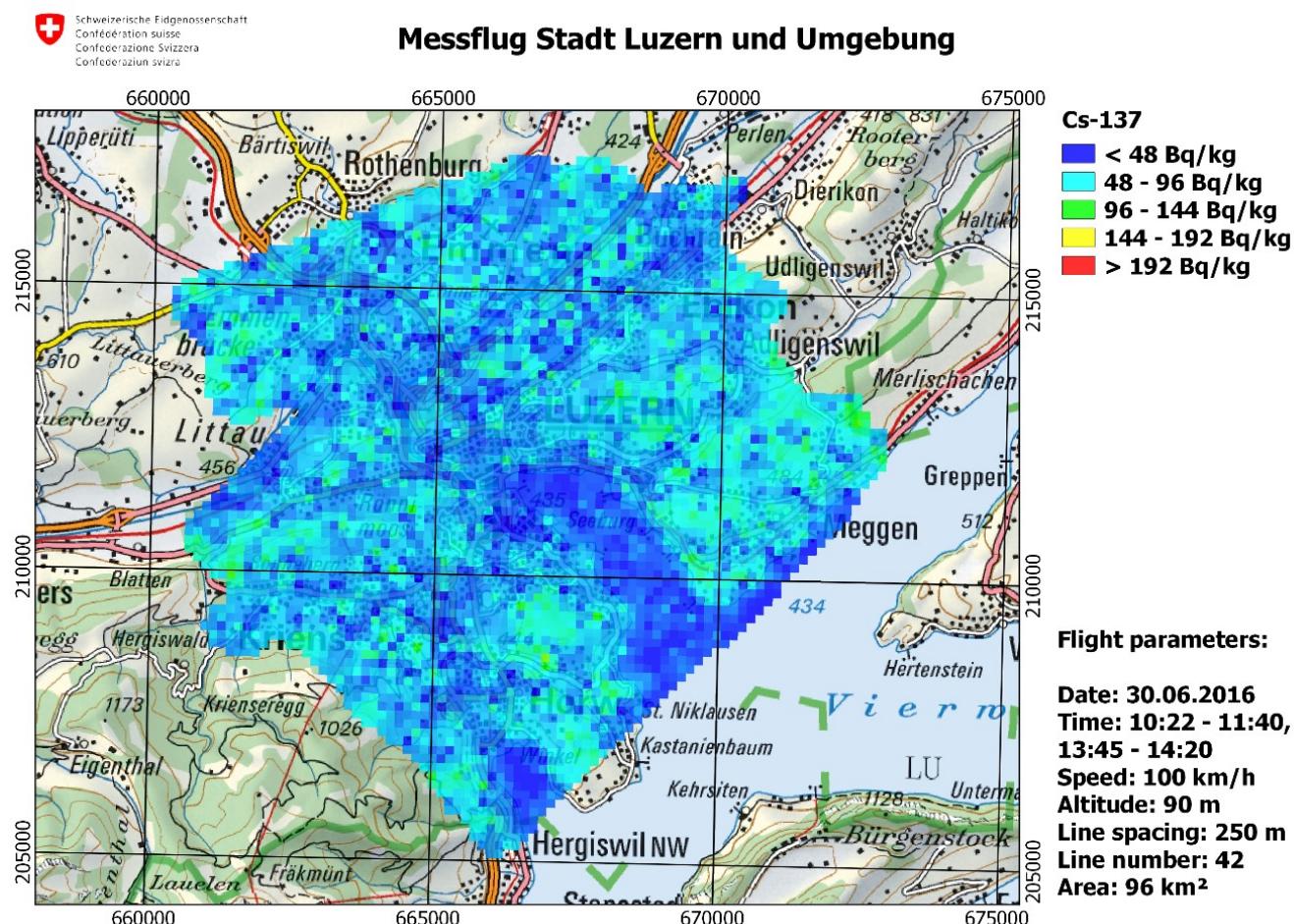


Figure 18 : carte du césium de la ville de Lucerne et des environs.

3.5. Résultats des mesures de l'exercice d'intervention « Laura »

C'est le crash d'un avion transportant des sources radioactives qui a servi de point de départ au scénario de l'exercice d'intervention « Laura » élaboré par la radioprotection de Suisse centrale, les sapeurs-pompiers de la ville de Lucerne, le PSI et la CENAL. On est parti du principe que les conteneurs de transport renfermant ces sources ont été endommagés lors du crash sur la base aérienne d'Emmen. Les forces de première intervention (les sapeurs-pompiers de la ville de Lucerne) ont dû identifier la menace radiologique et convoquer les forces d'intervention spécialisées en conséquence. Ce sont finalement la radioprotection de Suisse centrale, les sapeurs-pompiers de la ville de Lucerne, le piquet de radioprotection du PSI et l'équipe d'aéroradiométrie de la CENAL qui ont été mobilisés.

L'équipe d'aéroradiométrie a atterri sur place et a été informée par le responsable de l'intervention. Elle a ensuite installé son poste d'évaluation et a effectué un vol aéroradiométrique afin d'obtenir un premier aperçu de la situation radiologique de la zone sinistrée. La première évaluation des résultats a mis en évidence la présence de sources de césium et de cobalt disséminées sur le terrain. Ces résultats ont été présentés au responsable de l'intervention qui a mobilisé les équipes de localisation et d'évacuation de la radioprotection et des sapeurs-pompiers. Ces dernières ont effectué des mesures précises du site et localisé, dégagé puis sécurisé les sources.

Les différents intervenants ont très bien collaboré et accompli leur mission dans les délais. Les objectifs fixés par la direction de l'exercice ont été atteints.

Les sources radioactives étaient disséminées sur un terrain bouclé et surveillées en permanence.



Figure 19 : exercice d'intervention « Laura » : simulation d'une zone de décombres abritant des sources radioactives.



Figure 20 : exercice d'intervention « Laura » : rapport sur la situation, avec le responsable de l'intervention (sapeurs-pompiers), des membres de la radioprotection de Suisse centrale, du piquet de radioprotection du PSI et de l'équipe ARM de la CENAL/EM CF CENAL.



Figure 21 : exercice d'intervention « Laura » : l'équipe d'ARM et la radioprotection en pleine action.

Carte du débit de dose ambiant

La carte du débit de dose ambiant indique une augmentation des valeurs dans la zone supposée de l'accident.

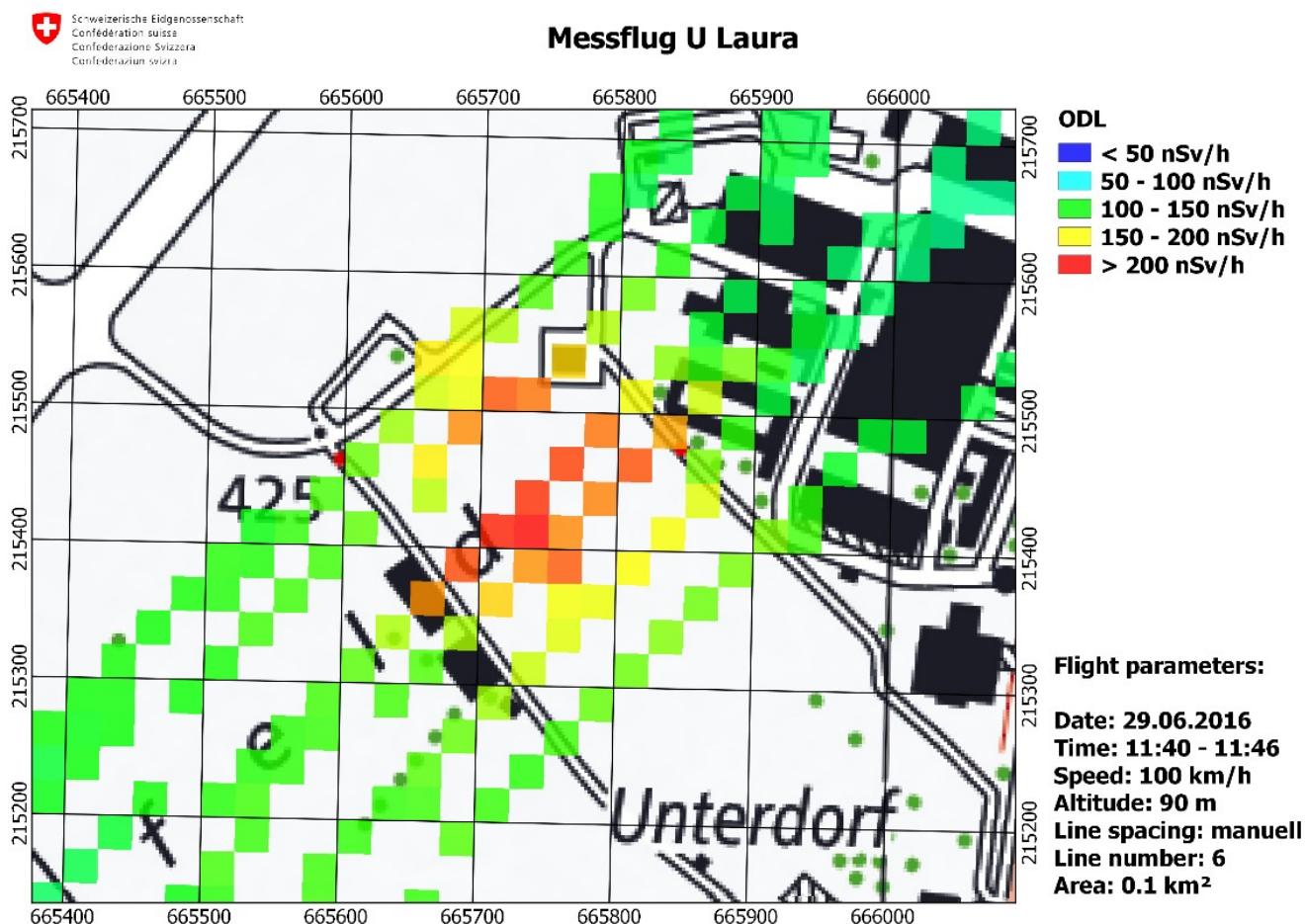


Figure 22 : carte du débit de dose ambiant de l'exercice d'intervention « Laura » sur la base aérienne d'Emmen.

Carte MMGC

Sur la carte MMGC, qui indique le rapport entre le rayonnement à haute énergie et à basse énergie, on distingue également une nette augmentation liée à la présence de radionucléides artificiels.

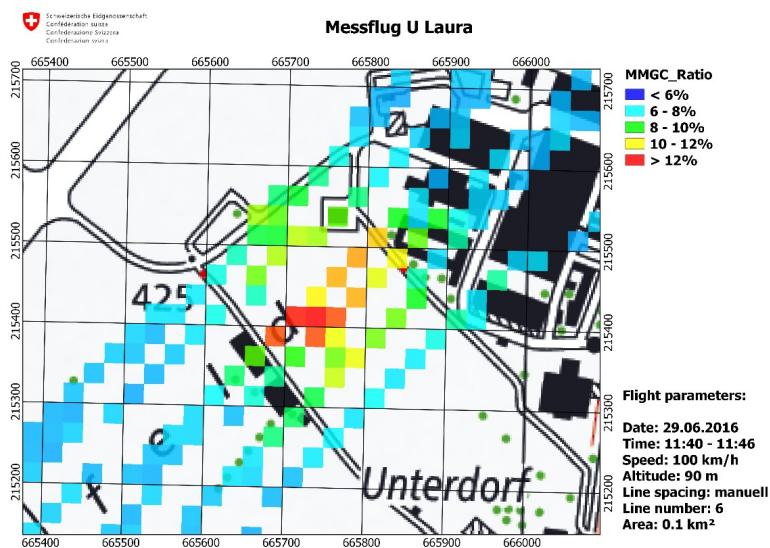


Figure 23 : carte MMGC de l'exercice d'intervention « Laura » sur la base aérienne d'Emmen.

Carte du césium (Cs-137) et carte du cobalt (Co-60)

Les mesures aéroradiométriques ont permis de confirmer la présence de Cs-137 et de Co-60 et de les localiser de manière approximative.

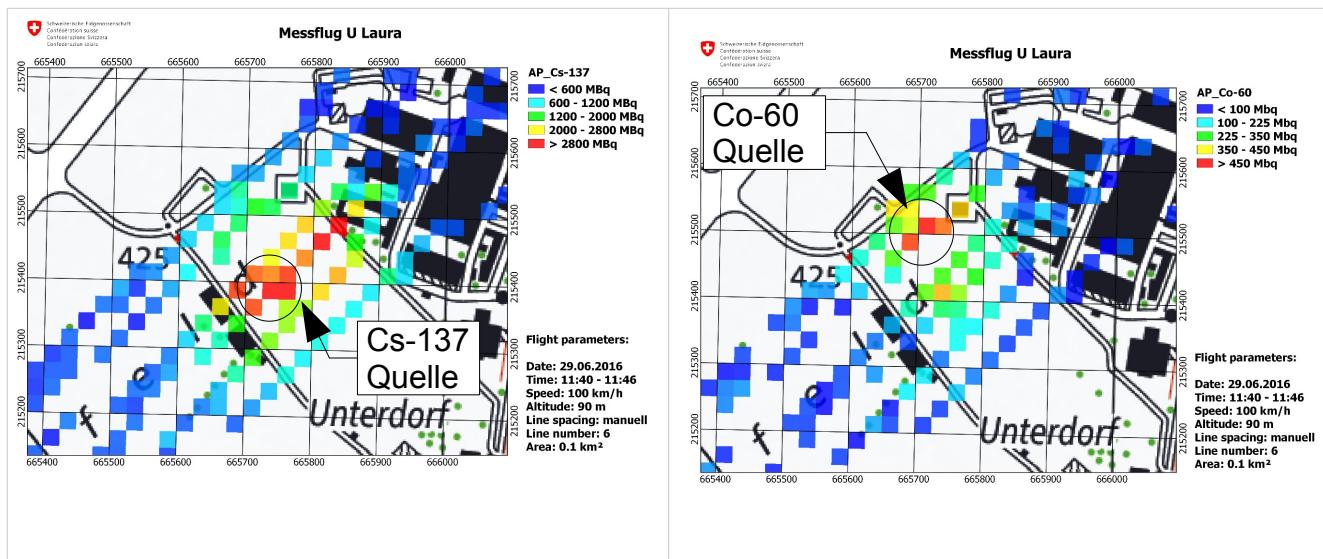


Figure 24 : emplacements possibles des sources de Cs-137 et de Co-60 lors de l'exercice d'intervention « Laura ».

Spectre de l'exercice Laura : crash d'avion et recherche de sources

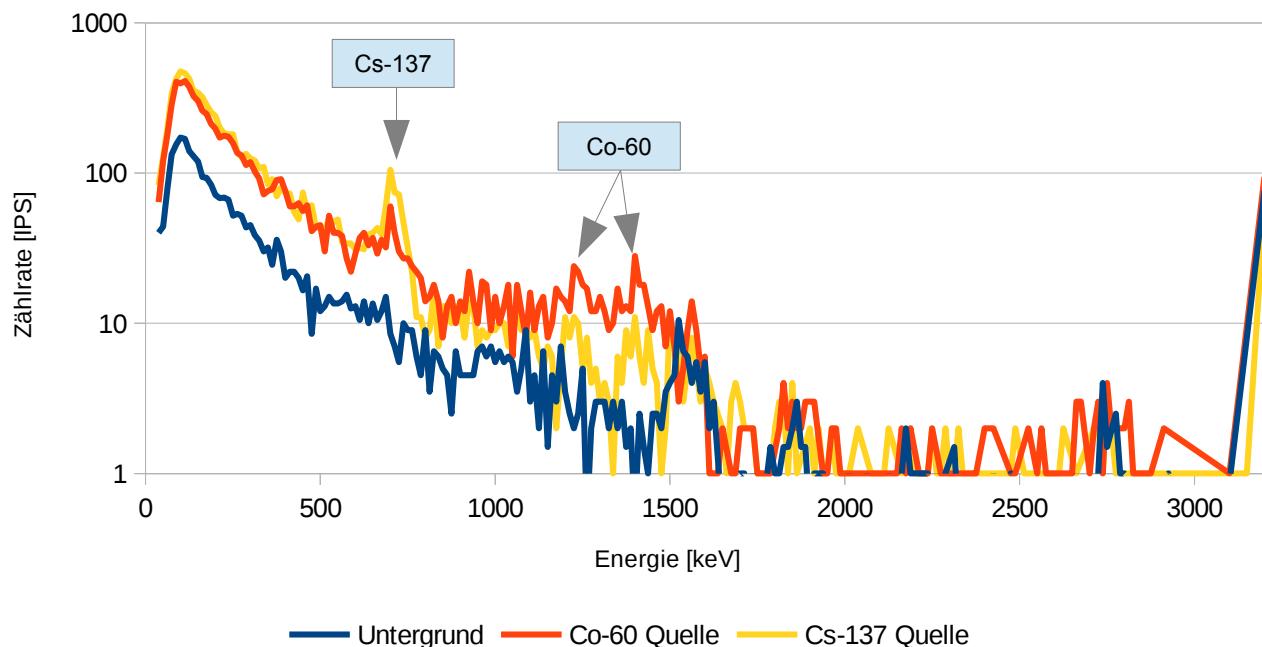


Figure 25 : spectres énergétiques des trois points mesurés :

- sous-sol (courbe bleue) ;
- source de Cs-137 (courbe jaune, avec un pic à 662 keV)
- source de Co-60 (courbe rouge, avec des pics à 1173 et 1332 keV)

En raison du champ de vision du détecteur (env. 300 m) et de la faible distance séparant les deux sources (env. 180 m), les spectres des deux points de mesure des sources sont influencés l'un par l'autre. C'est ainsi qu'on repère dans le spectre de Co-60 (courbe rouge) le pic de Cs-137 à 662 keV et, à l'inverse, les deux pics de Co-60 à l'intérieur du spectre de Cs-137 (courbe jaune).

3.6. Enseignements tirés de l'exercice d'aéroradiométrie 16

Les objectifs fixés pour la semaine d'exercice d'aéroradiométrie 2016 ont été pleinement atteints.

Les survols de routine des centrales de Beznau et de Leibstadt, de l'Institut Paul Scherrer et du centre de stockage intermédiaire ZWILAG ainsi que les mesures initiales au-dessus des villes de Zoug et de Lucerne et des deux tronçons de l'autoroute A13 ont pu s'effectuer sans difficultés. Toutes les valeurs relevées sont dans la norme.

Les mesures aéroradiométriques ont permis de confirmer les valeurs de DDA élevées dans la région de Vicosoprano et de les mettre en relation avec la quantité relativement élevée de thorium et d'uranium dans la roche. Au cours de ce vol présentant des difficultés en raison de la topographie de lieux, les pilotes ont à nouveau pu prouver leur talent.

L'exercice d'intervention « Laura » sur la base aérienne d'Emmen a permis de tirer les enseignements suivants :

- La collaboration entre la radioprotection de Suisse centrale, les sapeurs-pompiers de la ville de Lucerne, le piquet de radioprotection du PSI et l'équipe d'ARM de la CENAL a très bien fonctionné.
- Les principes d'intervention pour la recherche de sources (l'équipe d'ARM atterrit d'abord sur la place sinistrée, établit un rapport de coordination avec le responsable local de l'intervention et effectue ensuite seulement un premier survol radiométrique pendant que l'équipe d'évaluation reste auprès de la direction locale d'intervention) se sont avérés efficaces.
- Il manque une documentation ARM qui permettrait de présenter rapidement les moyens de l'équipe d'ARM au responsable local de l'intervention.
- En outre, le responsable local de l'intervention doit recevoir des informations claires concernant les limites de l'équipe d'ARM.
- La présence sur place d'un représentant des intérêts de la CENAL serait souhaitable.

Les mesures servant à la validation et à la comparaison des systèmes d'ARM de la CENAL et du Centre de compétences NBC-DEMUNEX de l'armée se sont bien déroulées. Les premières analyses ont donné des résultats satisfaisants. Des analyses approfondies supplémentaires seront réalisées au cours des prochaines semaines.

Les spécialistes des mesures de la radioactivité, les techniciens et les pilotes de l'équipe d'aéroradiométrie disposent tous d'un excellent niveau de formation et d'expérience. La documentation d'intervention a été vérifiée et actualisée. Une première présentation des résultats a toujours eu lieu dans l'heure qui a suivi la fin des survols radiométriques.

4. L'aéroradiométrie en général

4.1. Comment fonctionne l'aéroradiométrie?

La [fiche technique aéroradiométrie](#) donne une description détaillée de la méthode de mesure et de l'équipement utilisé.

4.2. Evaluation des données aéroradiométriques

La méthode d'évaluation des données aéroradiométriques est décrite dans SCHWARZ, G.F., 1991 : Methodische Entwicklungen zur Aerogammaspektrometrie (Beiträge zur Geologie der Schweiz, Geophysik Nr. 23, Commission suisse de géophysique).

Dans la pratique, on utilise souvent une procédure simple pour évaluer les mesures aéro-radiométriques directement sur le terrain. Deux méthodes ont fait leurs preuves :

- Rapport MMGC : cette méthode est fondée sur la détermination du rapport entre les deux extrémités du spectre énergétique. Les isotopes radioactifs artificiels produisant en général des rayonnements gamma faiblement énergétiques, ce rapport correspond à peu près au rapport entre le rayonnement artificiel et le rayonnement naturel.
- Estimation du débit de dose ambiant : le débit de dose à 1 m au-dessus du sol est estimé à l'aide du spectre entier. Pour ce faire, l'intégrale des impulsions sur tout le spectre est corrigée avec le bruit de fond, le rayonnement cosmique et les variations de hauteur de vol. Cette valeur corrigée est ensuite convertie à l'aide d'un facteur d'étalonnage en débit de dose. Le débit de dose ambiant est obtenu en additionnant au débit de dose la partie provenant du rayonnement cosmique. Cette dernière est déterminée mathématiquement en fonction de l'altitude du point mesuré.

Lors de l'interprétation des cartes aéroradiométriques, il convient de tenir compte du fait que les mesures effectuées en vol représentent une valeur moyenne sur une surface de 300 m x 300 m (90 000 m²). A titre de comparaison, les mesures au sol ne couvrent qu'une surface de 80 m².

4.3. Résultats des mesures effectuées dans le voisinage des centrales nucléaires

Les installations nucléaires suisses peuvent être détectées grâce à leur rayonnement direct, à l'exception des CN de Beznau et de Gösgen (réacteurs à eau pressurisée). Le champ de rayonnement se limite à l'aire des installations nucléaires. On ne détecte pas de radioactivité artificielle plus élevée aux alentours.

A l'Institut Paul Scherrer, on mesure le rayonnement dû à l'accélérateur (PSI-Ouest) et celui dégagé par les déchets radioactifs (dépôt intermédiaire fédéral (BZL), PSI-Est).

Dans les réacteurs à eau bouillante (CNM et CNL), le produit d'activation N-16 parvient à la salle des machines avec la vapeur. Le toit de cette salle étant relativement peu blindé, le rayonnement gamma à haute énergie du N-16 peut être très bien détecté de l'extérieur. Les CN équipées de réacteurs à eau pressurisée (CNG et CNB) diffusent un très faible rayonnement total et ne sont généralement pas visibles sur la carte.

En dehors du périmètre clôturé des centrales nucléaires, on ne constate aucune augmentation de la radioactivité artificielle qui ne puisse s'expliquer par Tchernobyl ou les essais nucléaires militaires des années 1960. Le niveau d'activité dans les alentours des CN est resté constant ces quinze dernières années.