



19.06.2015

## Exercice d'aéroradiométrie 2015 du 11 au 19 juin 2015

### Rapport d'exercice et résultats des mesures



Ce rapport peut être téléchargé sur [www.naz.ch](http://www.naz.ch).

# Inhaltsverzeichnis

<b>1. Condensé.....</b>	<b>3</b>
<b>2. Exercice d'aéroradiométrie 2015.....</b>	<b>4</b>
2.1. Mesures effectuées sur mandat de l'IFSN.....	4
2.2. Zones présentant un intérêt scientifique: vallée d'Urseren (UR) et Val Piora (TI).....	4
2.3. Exercice international AGC 15 organisé à Chemnitz (D): collaboration internationale, cartographie commune, localisation de sources radioactives.....	4
2.5. Autres objectifs de l'équipe d'aéroradiométrie.....	5
2.6. Information de la population, des médias et des autorités.....	5
2.7. Organisations partenaires participantes.....	6
<b>3. Résultats de l'exercice ARM 15.....</b>	<b>6</b>
3.1. Résultats des mesures aux environs des centrales de Mühleberg et Gösgen.....	6
3.2. Résultats des mesures effectuées au-dessus des zones présentant un intérêt scientifique: vallée d'Urseren (UR), alentours du Lac Ritom et Val Piora (TI).....	9
3.3. Résultats des mesures effectuées dans le cadre de l'exercice international en Allemagne.....	16
3.5. Enseignements tirés de l'exercice d'aéroradiométrie 15.....	31
<b>4. L'aéroradiométrie en général.....</b>	<b>32</b>
4.1. Comment fonctionne l'aéroradiométrie?.....	32
4.2. Evaluation des données aéroradiométriques.....	32
4.3. Résultats des mesures effectuées dans le voisinage des centrales nucléaires.....	32

## 1. Condensé

La campagne de mesures 2015 s'est inscrite dans le cadre d'un exercice international, organisé par l'Office fédéral allemand de la radioprotection et la police fédérale allemande et se déroulait aux alentours de Chemnitz (D). Outre l'équipe de mesure de la CENAL, des équipes venues d'Allemagne, de France et de la République tchèque participaient également à cet exercice. De tels exercices internationaux permettent non seulement un précieux échange d'expériences mais posent également les bases d'un engagement commun des hélicoptères de mesure de divers pays en cas d'événement. Les ressources disponibles pourraient ainsi être notablement renforcées en cas de besoin.

Comme l'exercice se déroulait sur une semaine complète, deux jours supplémentaires avaient été prévus au préalable pour effectuer les mesures standard autour des centrales nucléaires de Gösgen et de Mühleberg. Dans le cadre d'un projet de recherche de l'Université de Bâle, les zones autour du Lac Ritom et du Val Piora au Tessin ainsi que la vallée d'Urseren dans le canton d'Uri ont également été survolées.

### Principaux résultats de l'exercice d'aéroradiométrie 2015:

1. Le nouveau détecteur est opérationnel.
2. Aucune accumulation de radioactivité artificielle n'a été constatée aux alentours des sites d'exploitation des centrales nucléaires de Mühleberg et de Gösgen.
3. Dans les régions alpines de la vallée d'Urseren, du Lac Ritom et du Val Piora, les valeurs mesurées correspondaient aux valeurs attendues. Les activités de césium dans les deux régions du Tessin correspondaient également à celles prévues au sud des Alpes. Les variations observées dans la vallée d'Urseren étaient dues à des radionucléides naturels.
4. Lors de l'exercice international, sept zones ont été survolées dans le cadre de quatre exercices de mesure. On a pu en tirer de nouveaux enseignements, notamment concernant l'analyse des valeurs mesurées dans les zones à concentration accrue en radionucléides naturels et l'échange des résultats des mesures. La collaboration fonctionne très bien et les échanges d'expériences et exercices communs organisés régulièrement ont porté leurs fruits.
5. 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.

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 2015

Les vols de mesures de cette année ont eu lieu du 11 au 19 juin 2012, principalement en Allemagne (base: Chemnitz). Tous les vols dans l'espace aérien suisse sont partis de la place d'aviation de Dübendorf.

### 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, c'était au tour des centrales nucléaires de Mühleberg et Gösgen de s'y soumettre.

### 2.2. Zones présentant un intérêt scientifique: vallée d'Urseren (UR) et Val Piora (TI)

Dans la mesure du possible, la CENAL organise également des survols radiométriques présentant un intérêt scientifique. Dans ce cadre, la préparation de la stratégie de mesure sert également à la formation de l'équipe de mesure. A la demande de l'Université de Bâle, les régions de la vallée d'Urseren (UR), du Lac Ritom (TI) et du Val Piora (TI) ont été survolées cette année. Les résultats de mesure doivent permettre à un projet de recherche de mieux évaluer l'érosion des sols dans les Alpes en présence de radionucléides artificiels. A cet effet, il s'agit de mesurer les traces des matières radioactives liées aux retombées atmosphériques de Tchernobyl et des tests nucléaires menés dans les années 50 et 60. Les mesures visent à définir des sites idéaux et représentatifs pour le prélèvement d'échantillons.

Les mesures effectuées au-dessus du Val Piora et de la vallée d'Urseren 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.

### 2.3. Exercice international AGC 15 organisé à Chemnitz (D): collaboration internationale, cartographie commune, localisation de sources radioactives

La CENAL participe régulièrement à des exercices d'aéroradiométrie internationaux. L'exercice de cette année, l'International Aero-Gammaspectrometry Campaign 2015 (AGC 15), était organisé par l'Office fédéral allemand de la radioprotection et la police fédérale allemande. La centrale des services aériens de la police fédérale de Chemnitz servait de base à l'événement. Du 15 au 18 juin, des régions de la Saxe et de la Thuringe, ainsi que de la République tchèque ont été survolées. Cinq équipes de mesure venues de quatre pays y ont participé:

- Státní ústav radiační ochrany, v.v.i. – SÚRO (République tchèque)
- Institut der radioprotection et de sûreté nucléaire – IRSN (France)
- Nationale Alarmzentrale – CENAL (Suisse)
- Bundesamt für Strahlenschutz – BfS, Bundespolizei-Flugdienst – BPOLFLD (Allemagne)

L'exercice était centré sur la coopération et la coordination transfrontalières. En vue de pouvoir s'entraider en cas d'événement, des Etats voisins peuvent, dans le cadre de tels exercices, échanger sur les particularités nationales et s'entraîner concrètement à la coordination et à l'organisation commune de mesures. Cela consistait à Chemnitz à:

- effectuer des mesures aériennes au-dessus d'une zone et comparer ensuite les données,



- établir une carte radiométrique commune des régions,
- détecter les accumulations de substances radioactives (localisation de sources),
- effectuer des mesures communes au-dessus d'une région.

De nombreuses zones présentaient un intérêt particulier par les vestiges et anciens sites d'extraction d'uranium. Dans l'ancienne RDA, de la roche recelant de l'uranium a été abattue en Saxe et en Thuringe. Au-dessus des sites qui n'ont pas encore été assainis (en premier lieu décharges et bassins de sédimentation), un débit de dose gamma ambiant (DDA) plus élevé qu'aux alentours a pu être mesuré.

## **2.4 Nouveau détecteur engagé pour la première fois dans une campagne de mesure**

Depuis 2014, on utilise un nouveau détecteur dont l'étalonnage se différencie du détecteur utilisé auparavant. Cette différence entre l'ancien et le nouveau détecteur est notamment observée lors de la comparaison des cartes de concentration d'activité de césium. Les valeurs restent toutefois dans la marge d'erreur inhérente aux appareils de mesure.

## **2.5. Autres objectifs de l'équipe d'aéroradiométrie**

Les objectifs suivants ont également été atteints durant la semaine de mesures:

- installation et disponibilité opérationnelle de l'équipement de mesures 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 du pilote;
- 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 de mesure: 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'exercices à l'étranger.

## **2.6. 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 9 juin 2015, 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 et, en particulier, aux radios locales. Le programme de vols a dû être adapté en raison des conditions météorologiques. Un changement du plan de vol en raison des conditions météorologiques a été annoncé sur le site internet de la CENAL et signalé en temps utile aux partenaires et aux autorités.

En Allemagne, l'information concernant l'exercice AGC 15 était organisée par l'Office national de la radioprotection.

## 2.7. Organisations partenaires participantes

Organisations associées à la préparation et à la réalisation de l'exercice d'aéroradiométrie 2015:

- CENAL et EMF CF CENAL
- Forces aériennes suisses
- IFSN
- Institut Paul Scherrer
- Office fédéral allemand de la radioprotection et police fédérale allemande, organisateurs de l'exercice AGC 15 (et équipes de mesure d'autres pays, cf. 2.3).

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

## 3. Résultats de l'exercice ARM 15

### 3.1. Résultats des mesures aux environs des centrales de Mühleberg et Gösgen

Cette année, c'était au tour des centrales nucléaires de Mühleberg et de Gösgen de se soumettre à ces mesures aéroradiométriques.

#### Informations concernant le survol radiométrique de la centrale nucléaire de Mühleberg

Date:	11.06.2015
Nombre de lignes:	29 couloirs de 250 m de large
Durée du vol:	3 h 30
Zone survolée:	environs de la centrale nucléaire de Mühleberg, env. 70 km <sup>2</sup>
Altitude au-dessus du sol:	env. 90 m

Remarque: la centrale de Mühleberg était en service.

#### Carte du débit de dose ambiant

La centrale nucléaire de Mühleberg 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 hautement énergétiques 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. Les variations observées dans la région survolée sont dues à la géologie, à la topographie, aux cours d'eau et à la végétation. On distingue aussi clairement la tache du lac de Wohlen, qui affiche des valeurs faibles, en raison de l'atténuation du rayonnement terrestre par l'eau. Aucune valeur plus élevée que les années précédentes n'a été constatée dans les zones survolées dans les environs de la centrale nucléaire.

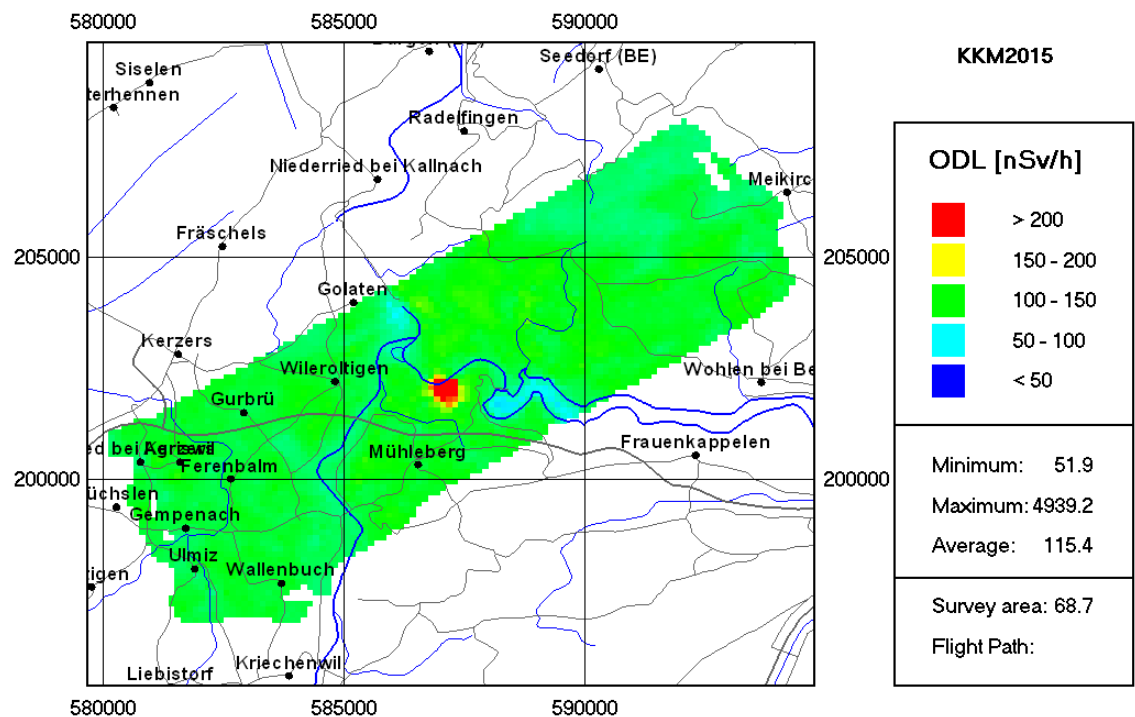


Figure 1: carte du DDA aux environs de la centrale nucléaire de Mühleberg

**Carte du césium (Cs 137)**

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

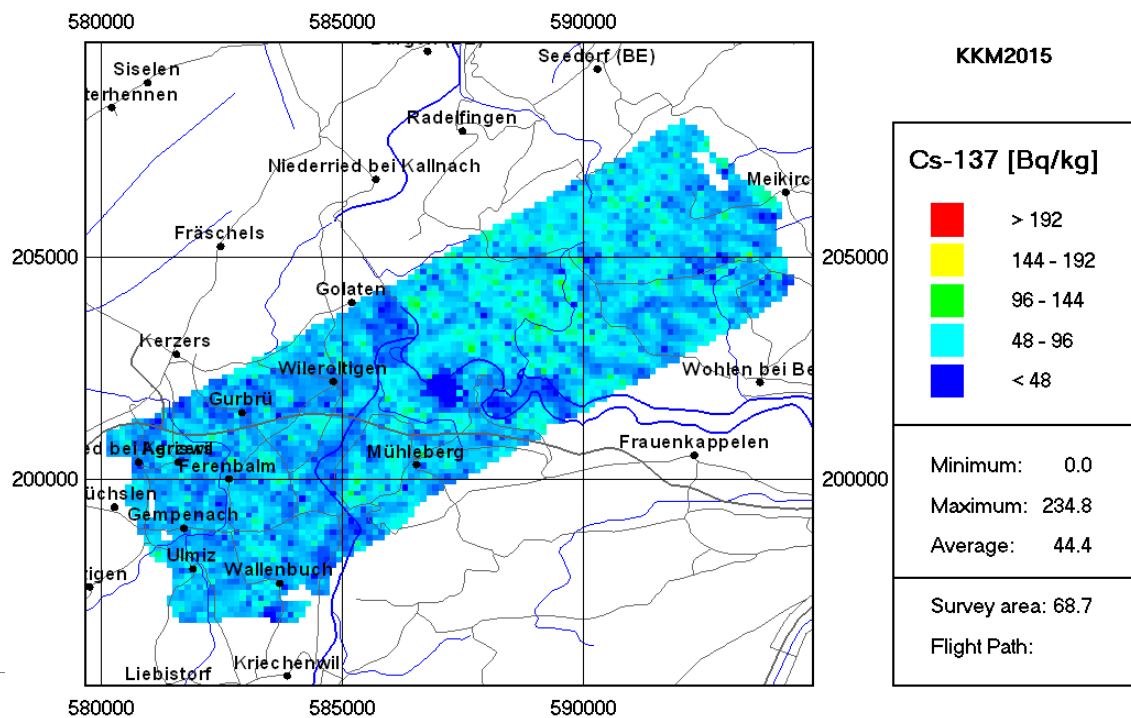


Figure 2: carte du césium aux environs de la centrale nucléaire de Mühleberg

### Informations concernant le survol radiométrique de la centrale nucléaire de Gösgen

Date: 12.06.2015  
 Nombre de lignes: 29 couloirs de 250 m de large  
 Durée du vol: 3 h 30  
 Zone survolée: environs de la centrale de Gösgen, env. 90 km<sup>2</sup>  
 Altitude au-dessus du sol: env. 90 m

Remarque: la centrale nucléaire de Gösgen est en révision.

### Carte du débit de dose ambiant

La carte du débit de dose ambiant indique des valeurs normales à l'extérieur du site de la centrale nucléaire de Gösgen. Les variations observées dans la région survolée sont dues à la géologie, à la topographie et aux cours d'eau (l'Aar notamment), de même qu'à la végétation. On relève des valeurs inférieures directement au-dessus de l'Aar, en raison de l'atténuation du rayonnement terrestre par l'eau.

Aucun changement n'a été observé par rapport aux valeurs déjà mesurées au cours des années précédentes aux environs de la centrale.

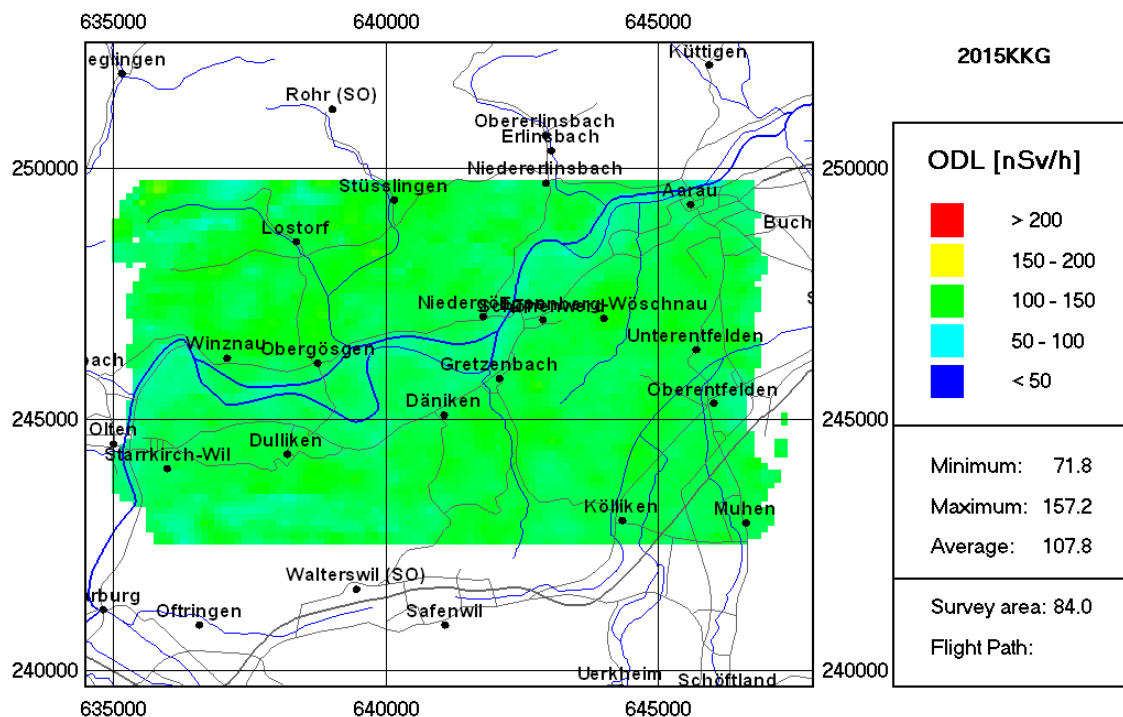


Figure 3: carte du débit de dose ambiant aux environs de la centrale nucléaire de Gösgen

### Carte du césium (Cs 137)

La carte du césium ne montre pas de variation liée à une accumulation artificielle de césium.

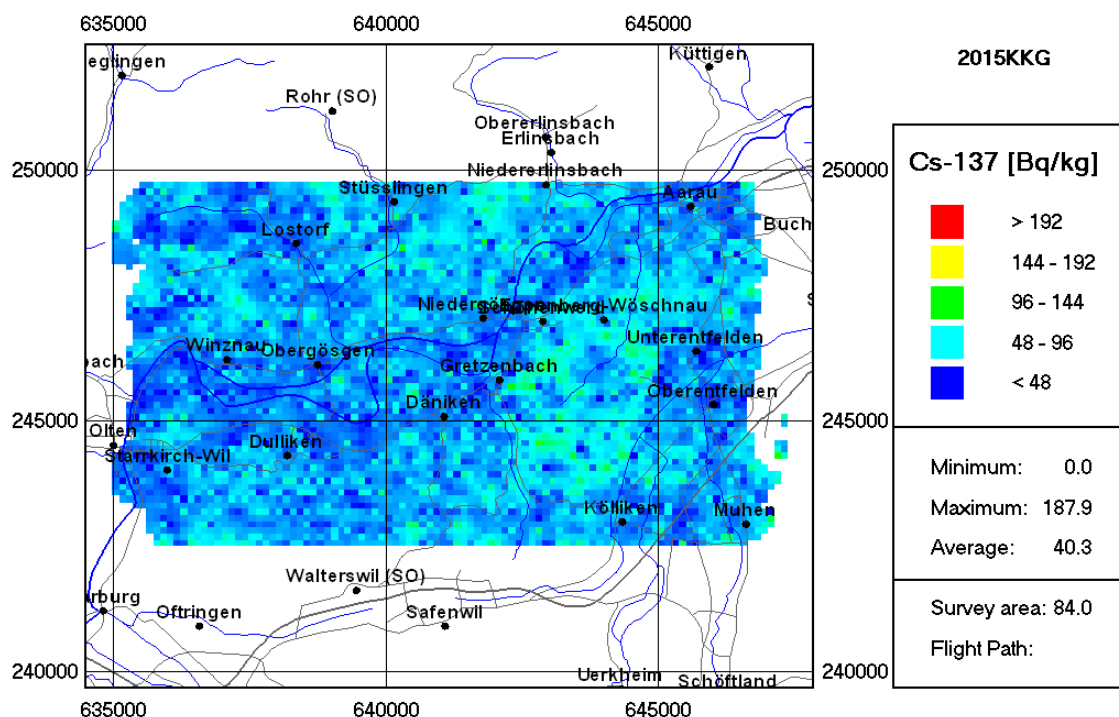


Figure 4: carte du césium aux environs de la centrale nucléaire de Gösgen

### 3.2. Résultats des mesures effectuées au-dessus des zones présentant un intérêt scientifique: vallée d'Urseren (UR), alentours du Lac Ritom et Val Piora (TI)

Dans la mesure du possible, la CENAL organise également des survols radiométriques présentant un intérêt scientifique. Dans ce cadre, la préparation de la stratégie de mesure sert également à la formation de l'équipe de mesure. A la demande de l'Université de Bâle, les régions de la vallée d'Urseren (UR), du Lac Ritom (TI) et du Val Piora (TI) ont été survolées cette année. Les résultats de mesure doivent permettre à un projet de recherche de mieux évaluer l'érosion des sols dans les Alpes en présence de radionucléides artificiels. A cet effet, il s'agit de mesurer les traces des matières radioactives liées aux retombées atmosphériques de Tchernobyl et des tests nucléaires menés dans les années 50 et 60.

Grâce aux relevés établis, on dispose à présent d'une évaluation détaillée d'une vaste surface concernant la répartition du césium. Ces mesures visent à définir des sites représentatifs pour le prélèvement d'échantillons.

## Informations concernant le survol radiométrique de la vallée d'Urseren (UR)

Date: 11.06.2015  
 Nombre de lignes: 5 couloirs de 250 m de large  
 Durée du vol: 1 h  
 Zone survolée: vallée d'Urseren, 13 km<sup>2</sup>  
 Altitude au-dessus du sol: env. 90 m

### Carte du débit de dose ambient

Le débit de dose ambient mesuré correspondait aux valeurs attendues. Les variations observées dans la région survolée sont dues à la géologie, à la topographie alpine, aux cours d'eau et à la végétation.

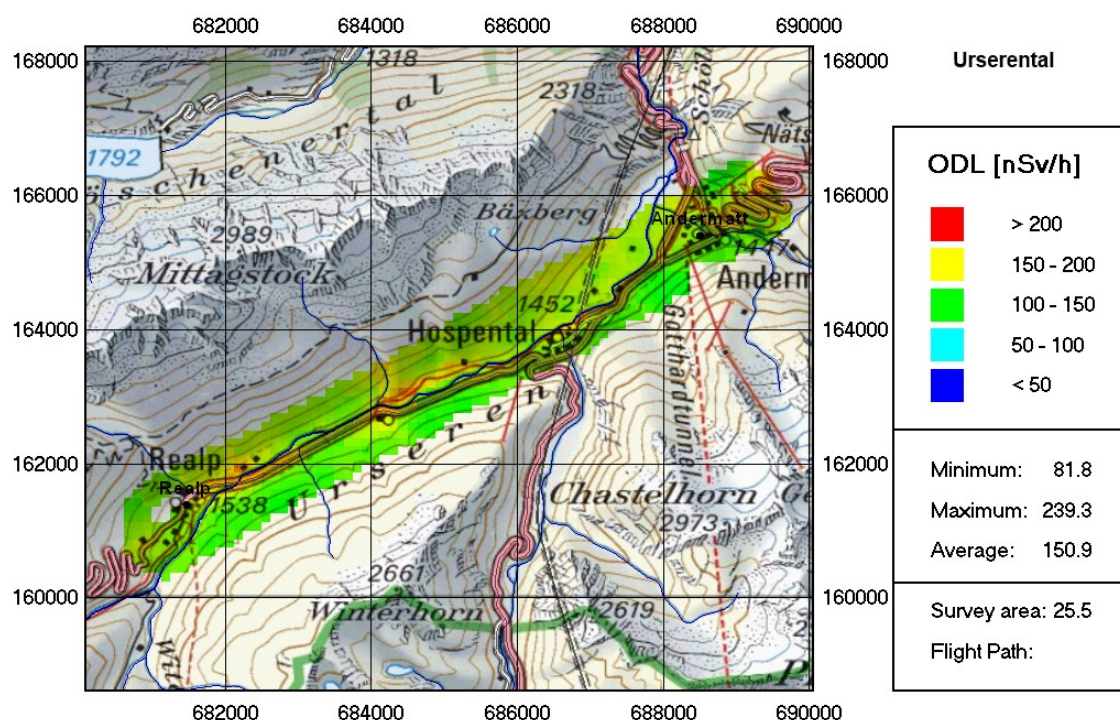


Figure 5: carte du débit de dose ambient dans la vallée d'Urseren

En raison de l'altitude dans cette zone, on observe une légère augmentation du débit de dose ambient due au rayonnement cosmique. Les valeurs pour les composantes terrestres du débit de dose ambient sont comparables à celles qui ont été mesurées en plaine.



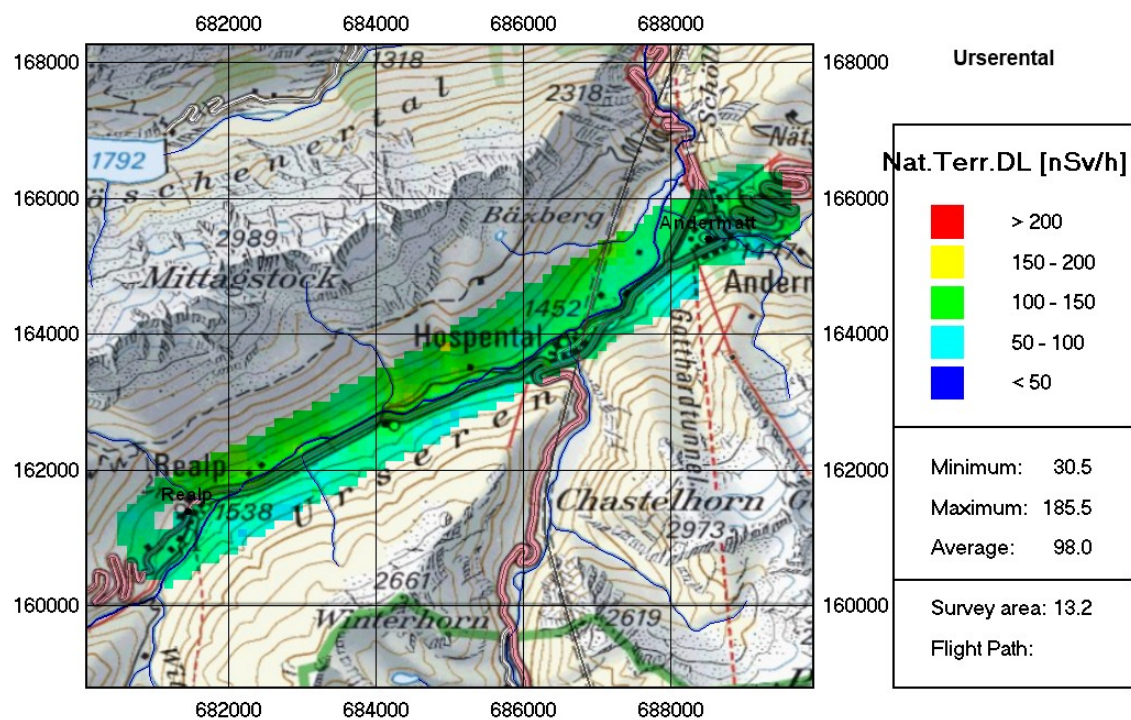


Figure 6: carte du rayonnement terrestre dans la vallée d'Urseren

### Carte du césium (Cs 137)

Sur la carte de l'activité du césium 137, aucune valeur excessive due à la présence de césium radioactif n'a été relevée.

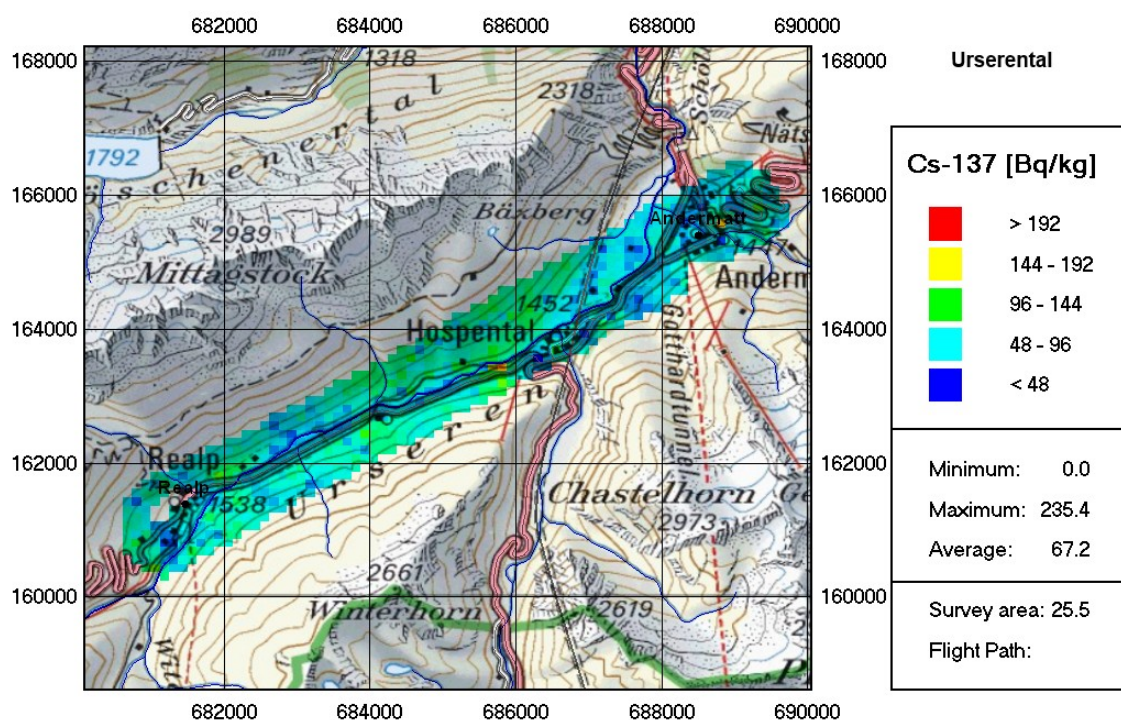


Figure 7: carte du césium dans la vallée d'Urseren



### Radionucléides naturels

Les variations sur les cartes de débit de dose sont en corrélation avec les cartes des radionucléides naturels, en particulier le K 40.

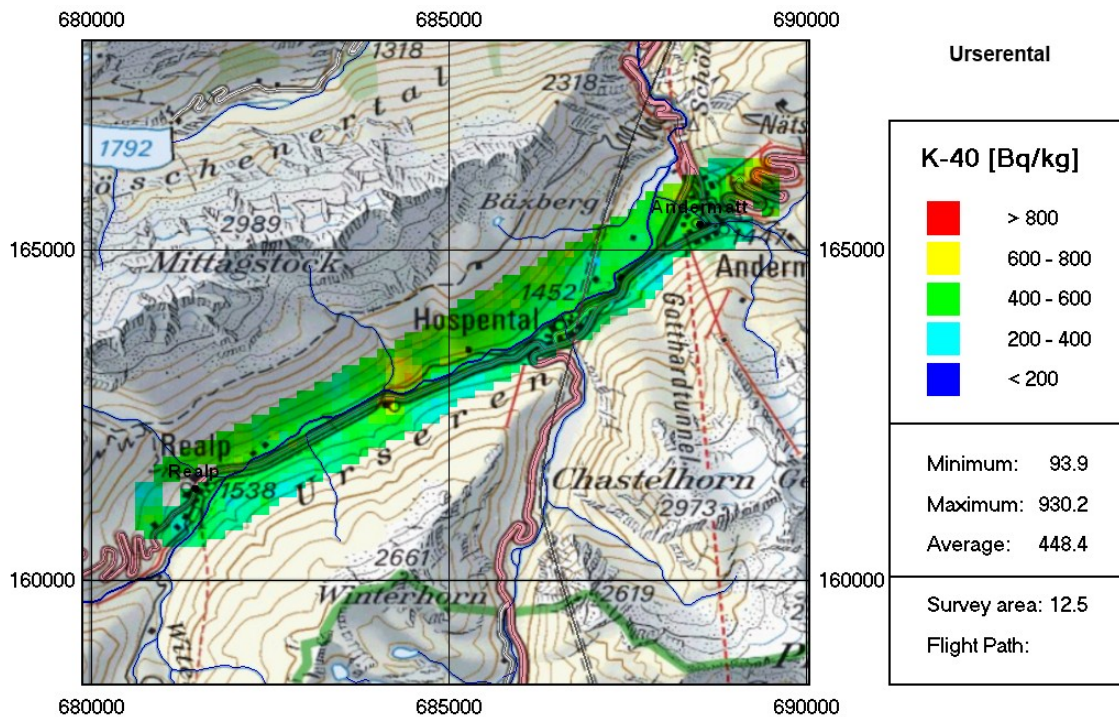


Figure 8: carte du potassium dans la vallée d'Urseren.

### Effet topographique:

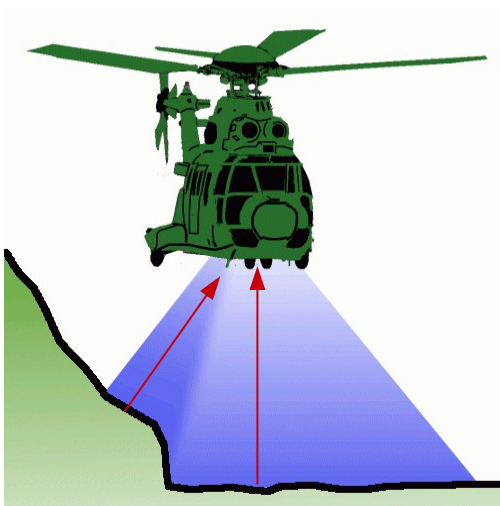


Figure 9: effet topographique

Les versants de la montagne exercent une influence sur le signal de mesure, les flancs hauts et raides de la montagne se trouvant plus près de l'appareil de mesure que le fond de la vallée. Cet effet est compensé lors du traitement des données à l'aide d'une correction topographique (voir „How to handle rugged topography in airborne gamma-ray spectrometry survey, G.F. Schwarz, E. Klingelé and L. Rybach, First Break, Vol 10, No 1, January 1992). La correction comporte des suppositions qui ne sont pas forcément vérifiées dans la nature (p.ex. répartition égale des radionucléides), ce qui peut être à l'origine d'interprétations erronées (effet topographique). Cela peut avoir pour conséquences que les cartes de mesures reproduites dans le présent rapport indiquent des DDA ou des concentrations d'un nucléide trop élevées.

## Informations concernant le survol du Lac Ritom et du Val Piora (TI)

Date: 11.06.2015  
 Nombre de lignes: 11 couloirs de 250 m de large  
 Durée du vol: 1 h  
 Zone survolée: environs Lac Ritom et Val Piora, 12,3 km<sup>2</sup>  
 Altitude au-dessus du sol: env. 90 m

### Carte du débit de dose ambiant

Le débit de dose ambiant mesuré correspondait aux valeurs attendues. Les variations observées dans la zone survolée sont dues principalement à la géologie, à la topographie alpine, aux cours d'eau de même qu'à la végétation.

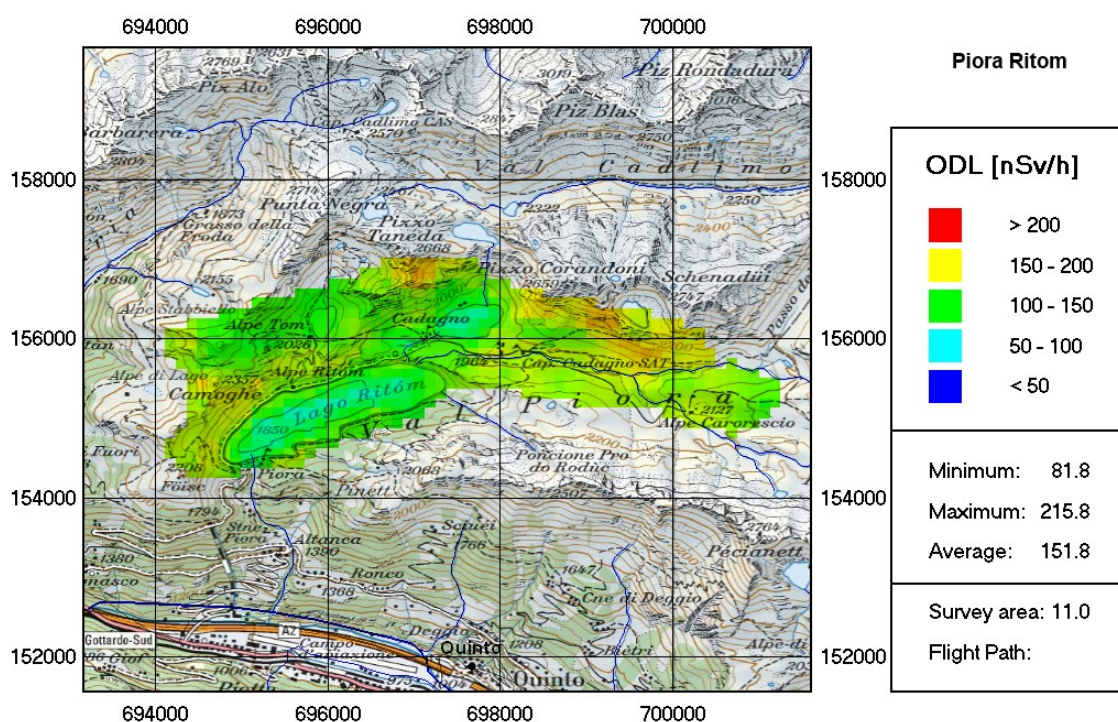


Figure 10: carte du débit de dose ambiant aux environs du Lac Ritom et du Val Piora

Du fait de l'altitude dans cette zone, on observe une légère augmentation du débit de dose ambiant due au rayonnement cosmique. Les valeurs pour les composantes terrestres du débit de dose ambiant sont comparables à celles qui ont été mesurées en plaine.



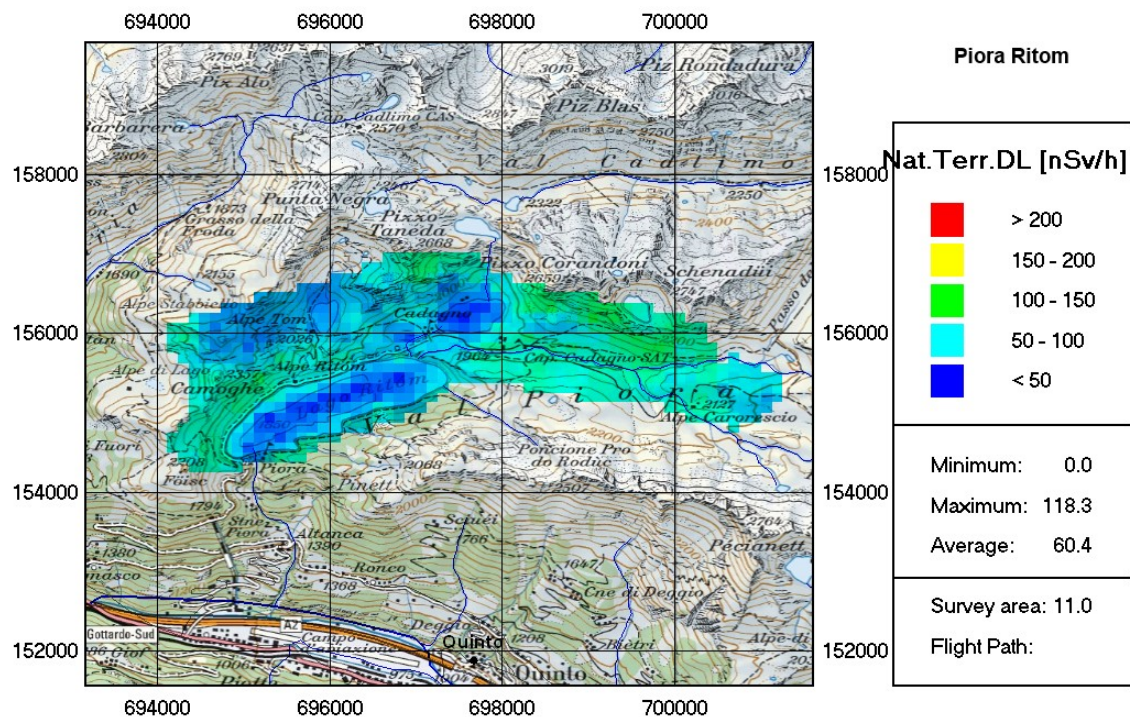


Figure 11: carte du rayonnement terrestre aux environs du Lac Ritom et du Val Piora

### Carte du césium (Cs 137)

La carte de l'activité du césium 137 ne présente pas de valeurs excessives. De légères variations de la concentration d'activité du césium 137 sont dues aux retombées radioactives de Tchernobyl. Les valeurs mesurées correspondaient aux valeurs attendues au sud des Alpes.

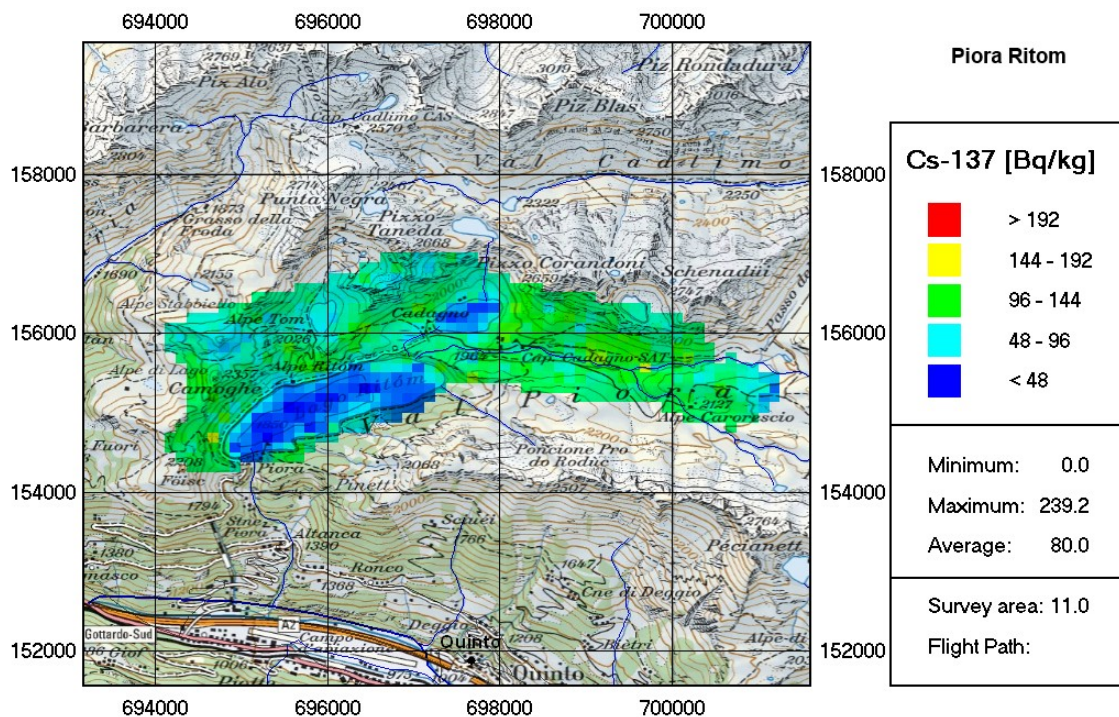


Figure 12: carte du césium aux environs du Lac Ritom et du Val Piora

### Radionucléides naturels

Les variations sur les cartes de débit de dose sont en corrélation avec les cartes des radionucléides naturels, en particulier le K 40.

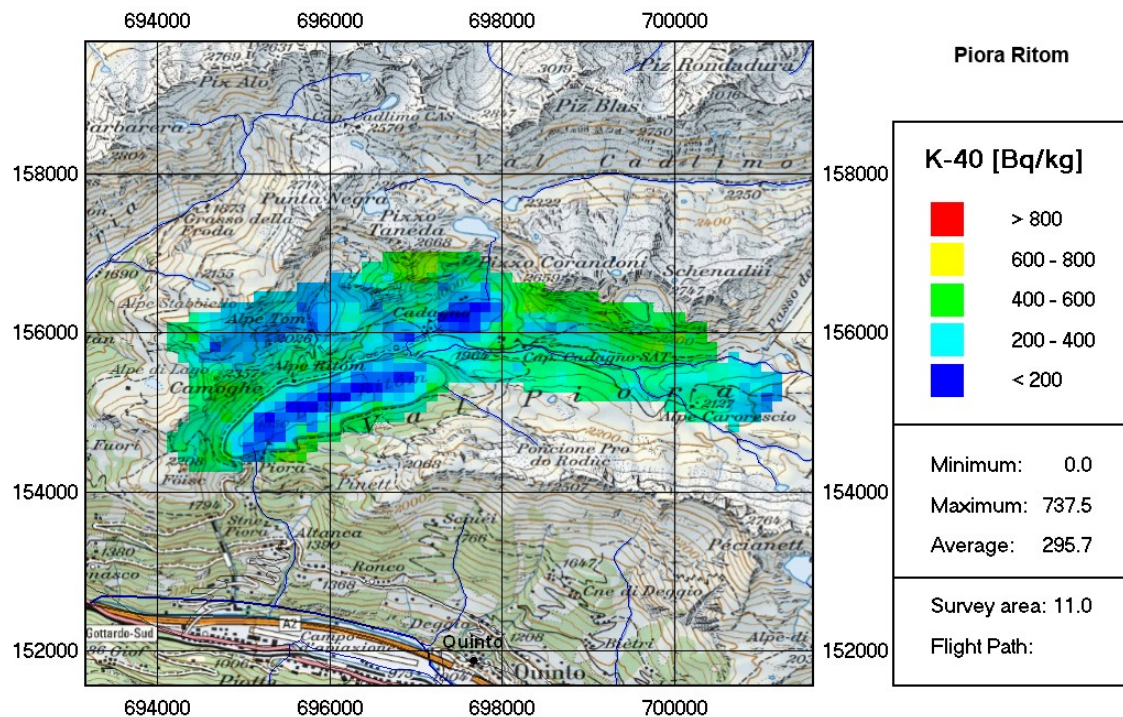


Figure 13: carte du potassium aux environs du Lac Ritom et du Val Piora

### 3.3. Résultats des mesures effectuées dans le cadre de l'exercice international en Allemagne

L'exercice était centré sur la coopération et la coordination transfrontalières. En vue de pouvoir s'entraider en cas d'événement, des Etats voisins peuvent, dans le cadre de tels exercices, échanger sur les particularités nationales et s'entraîner concrètement à la coordination et à l'organisation commune de mesures. Cinq équipes de mesure venant de quatre pays ont participé et exécuté les ordres de mesure suivants:

- 1: effectuer des mesures aériennes d'une zone et comparer ensuite les données,
- 2: établir une carte radiométrique commune des régions (composite mapping) (tous les participants),
- 3: localiser des sources radioactives,
- 4: effectuer des mesures communes au-dessus d'une région avec l'équipe française,
- 5: effectuer des mesures communes au-dessus d'une région avec l'équipe allemande,
- 6: effectuer des mesures communes au-dessus d'une région avec l'équipe tchèque.

Plusieurs zones présentaient un intérêt particulier pour les équipes de mesure du fait de la présence de vestiges et d'anciens sites d'extraction d'uranium. Dans l'ancienne RDA, de la roche recelant de l'uranium a été abattue en Saxe et en Thuringe. Au-dessus des zones qui n'ont pas encore été assainies (en premier lieu décharges et bassins de sédimentation), on a relevé un débit de dose gamma ambiant plus élevé qu'aux alentours.

Remarque: l'échelle des couleurs a été harmonisée pour l'exercice afin de simplifier la comparaison entre les valeurs mesurées par les différentes équipes. Elle correspond aux exigences de la direction de l'exercice et se différencie des échelles de couleurs utilisées ci-dessus.

#### Informations concernant l'ordre de mesure 1: Reference Area A - Seelingstädt

<b>Objectif:</b>	<b>mesures comparatives au-dessus d'une même région</b>
Date:	15.06.2015
Nombre de lignes:	13 couloirs de 300 m de large
Durée du vol:	45 min
Zone survolée:	environs de Seelingstädt, 38 km <sup>2</sup>
Altitude au-dessus du sol:	env. 90 m

Remarque: la zone a été utilisée à l'époque de la RDA (début des années 60) pour l'extraction d'uranium. On y trouve des lacs asséchés recouverts, qui étaient utilisés comme bassins de sédimentation dans le traitement de l'uranium.





Figure 14: décanteurs près de Seelingstädt (source: Université de Weimar)



Figure 15: étangs de boue de bismuth près de Seelingstädt (source: Google-Maps)

Comme prévu, les mesures ont révélé des débits de dose ambiants accrus liés à l'histoire de la région. Ces valeurs apparaissent clairement sur les cartes d'activité de l'uranium et du potassium.

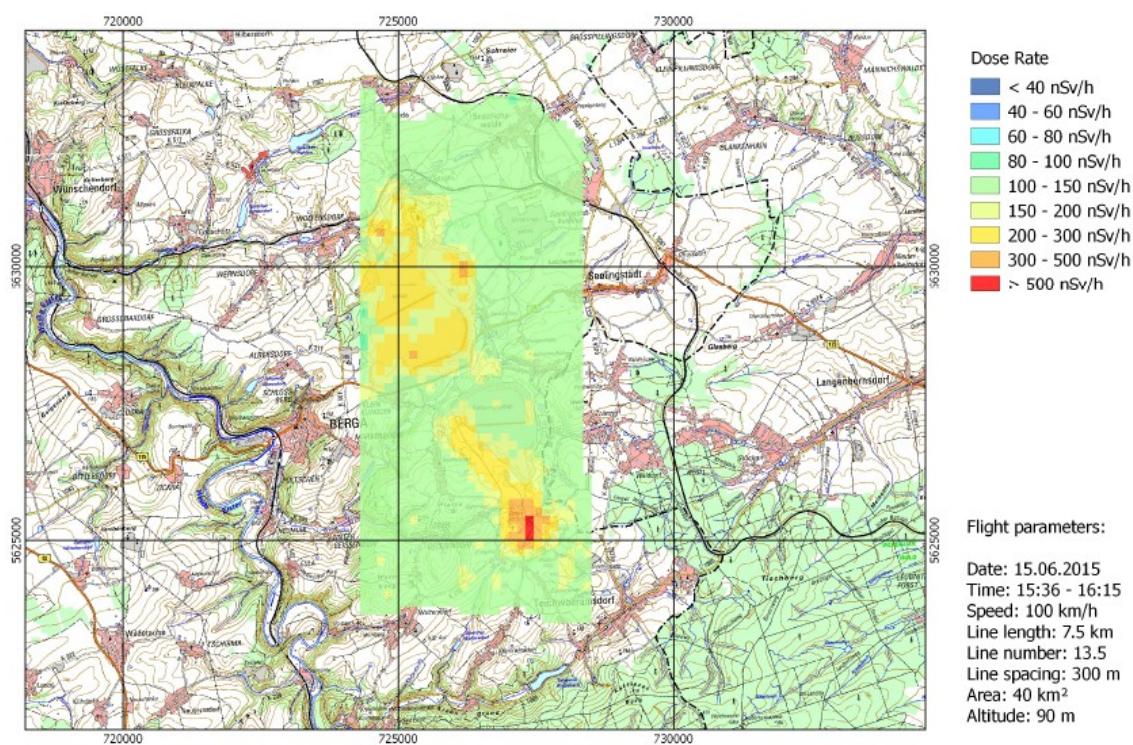


Figure 16: carte du débit de dose ambiant de la zone de référence A, environs de Seelingstädt



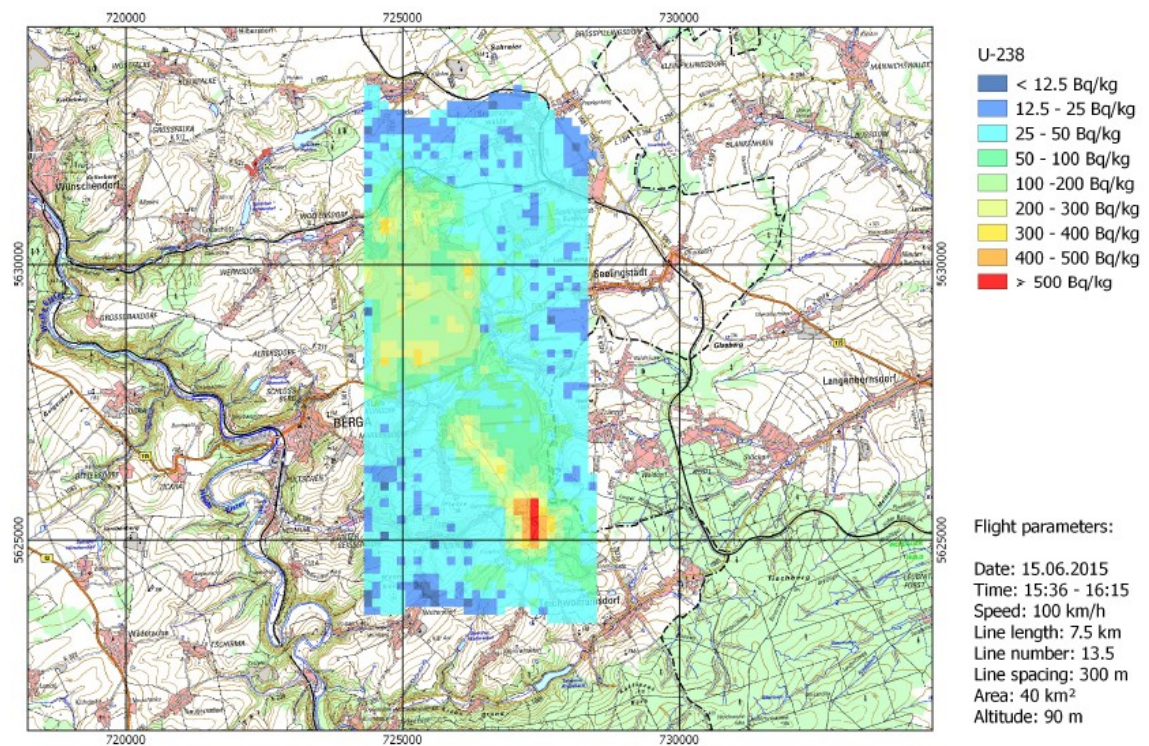


Figure 17: carte de l'uranium de la zone de référence A, environs de Seelingstädt

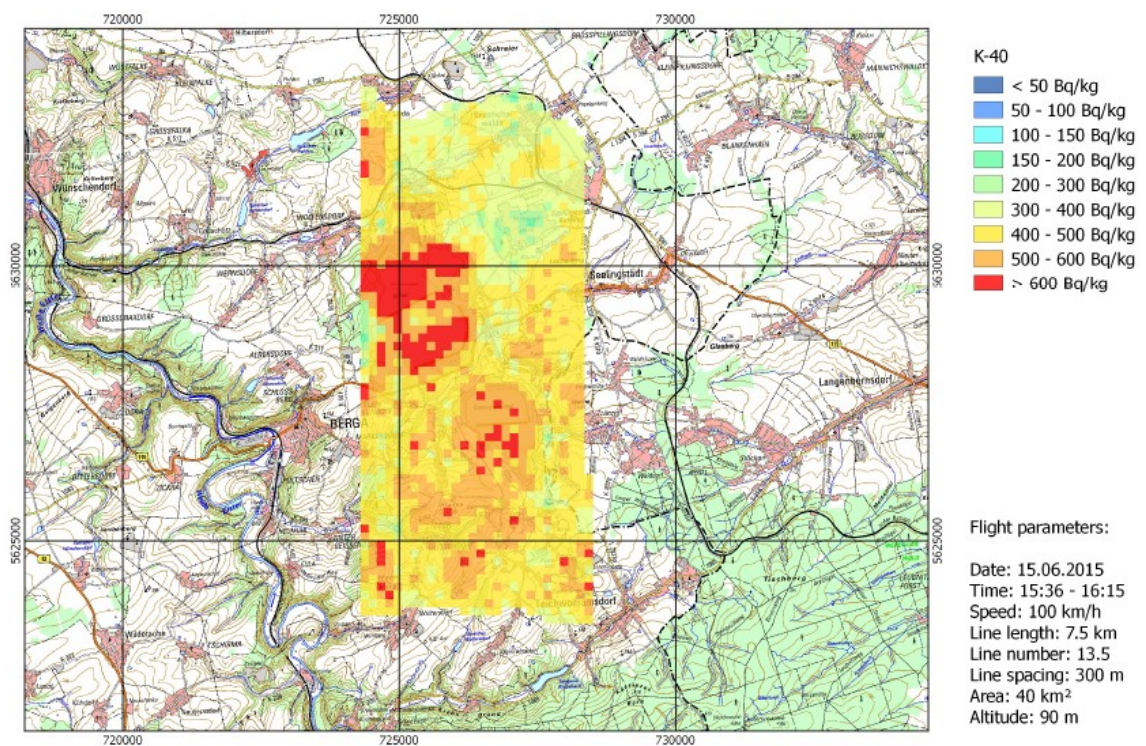


Figure 18: carte du potassium de la zone de référence A, environs de Seelingstädt



## Informations concernant l'ordre de mesure 2: composite mapping Area B1 - Reichenbach

<b>Objectif:</b>	<b>carte radiométrique commune des régions</b>
Date:	16.06.2015
Nombre de lignes:	21 couloirs de 1 km de large
Durée du vol:	2 h 30
Zone survolée:	zone B1 environs de Reichenbach, 400 km <sup>2</sup>
Altitude au-dessus du sol:	env. 90 m

**Remarque:** on entend par «composite mapping» (établissement d'une carte radiométrique commune) la représentation des résultats de mesure de plusieurs équipes d'aéroradiométrie sur une carte commune.

Aux fins d'établir une carte radiométrique commune, l'équipe suisse a mesuré la zone B1 aux alentours de Reichenbach. L'hélicoptère Super Puma a pu mesurer les 21 couloirs (env. 20 km au total) sans atterrissage intermédiaire pour le ravitaillement en kérosène.

Les valeurs de débit de dose ambiant mesurées étaient plus élevées à l'est et à l'extrême sud de la région qui lui était attribuée.

Les valeurs du débit de dose ambiant sont en corrélation avec les cartes d'activité des deux radio-nucléides naturels K 40 et U 238.

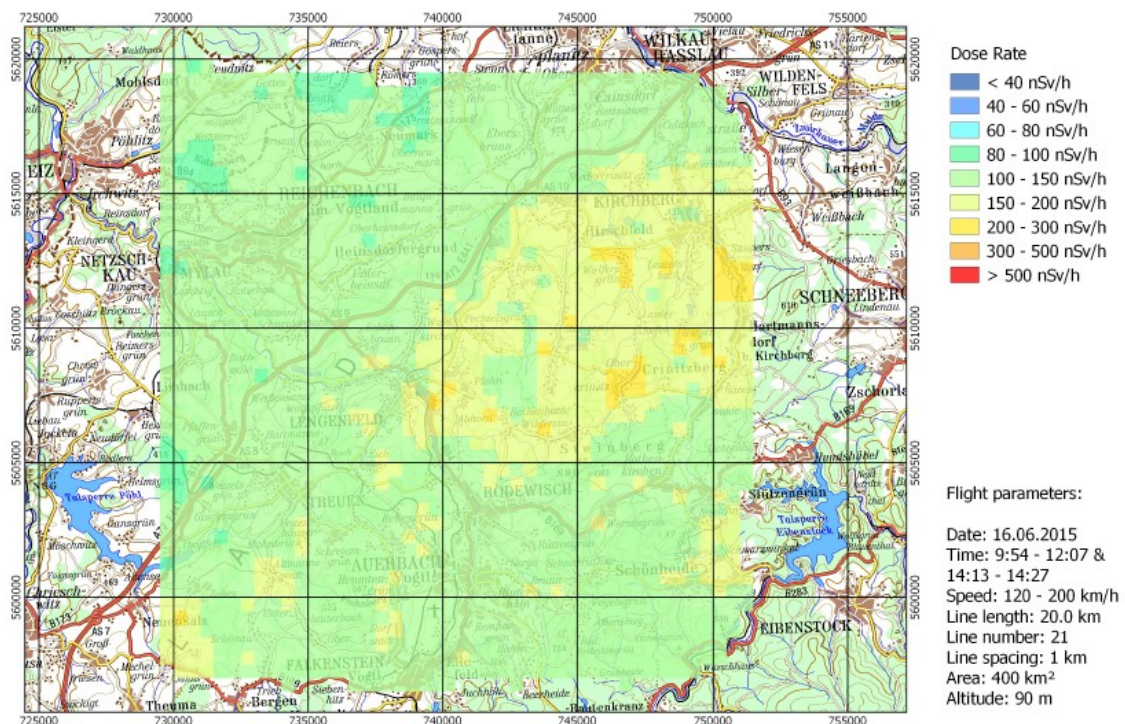


Figure 19: carte du débit de dose ambiant de la zone B1, environs de Reichenbach



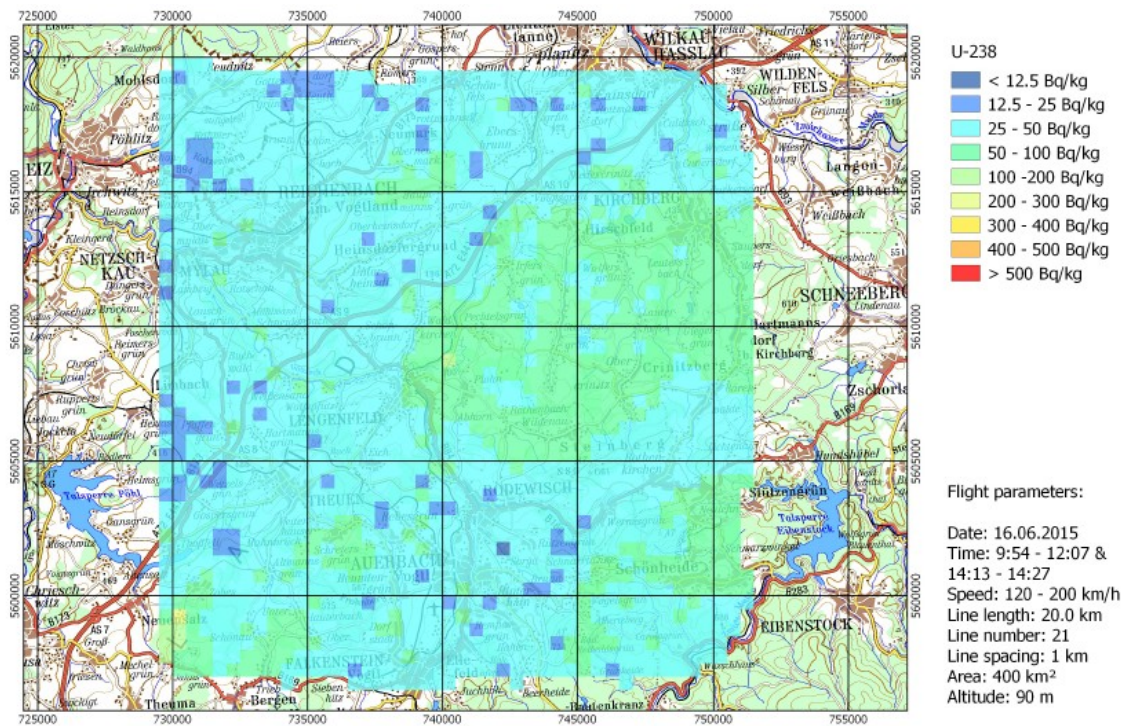


Figure 20: carte de l'uranium de la zone B1, environs de Reichenbach

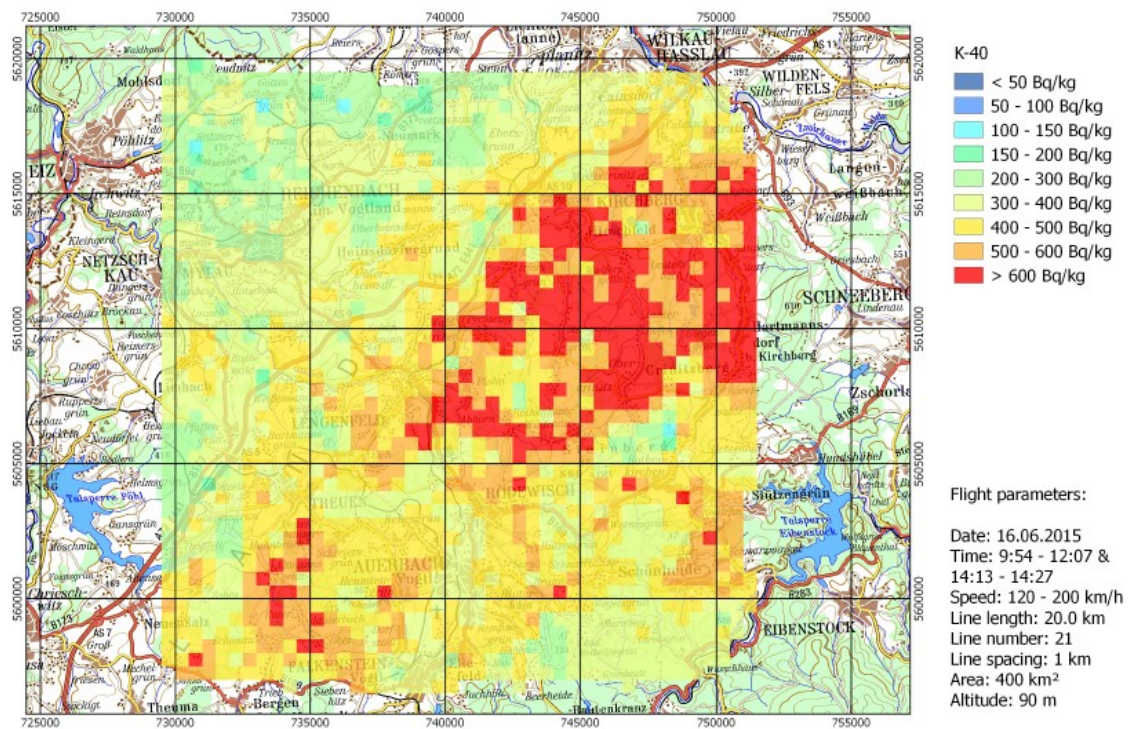


Figure 21: carte du potassium de la zone B1, environs de Reichenbach



## Cartes radiométriques communes

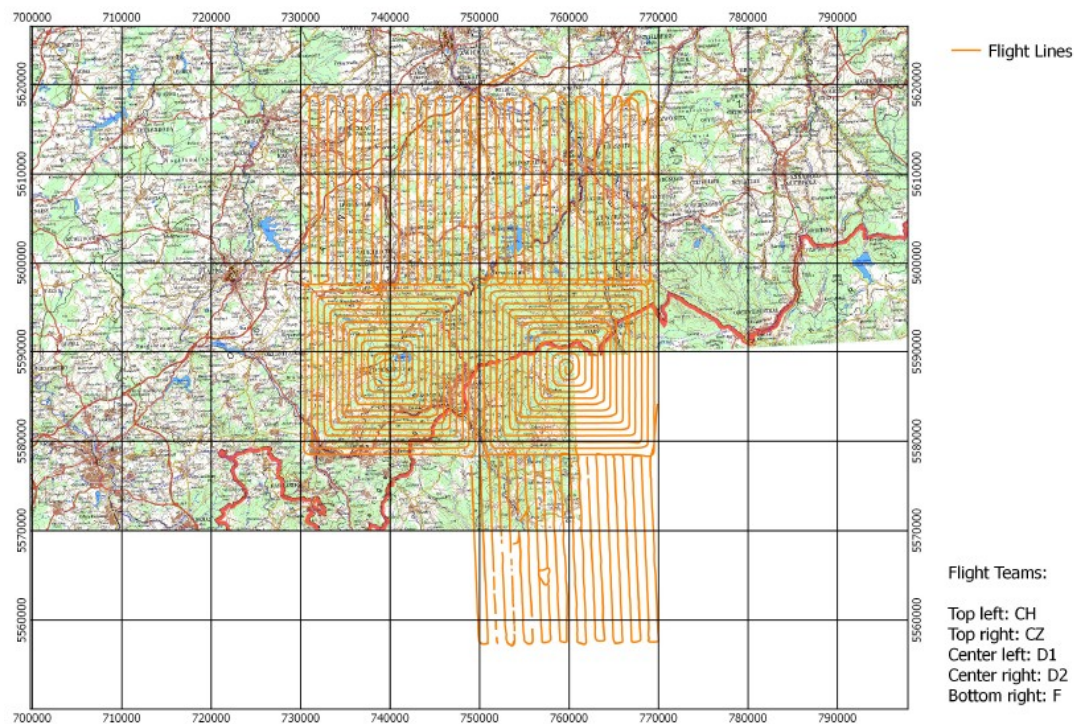


Figure 22: lignes de vol des cinq équipes de mesure

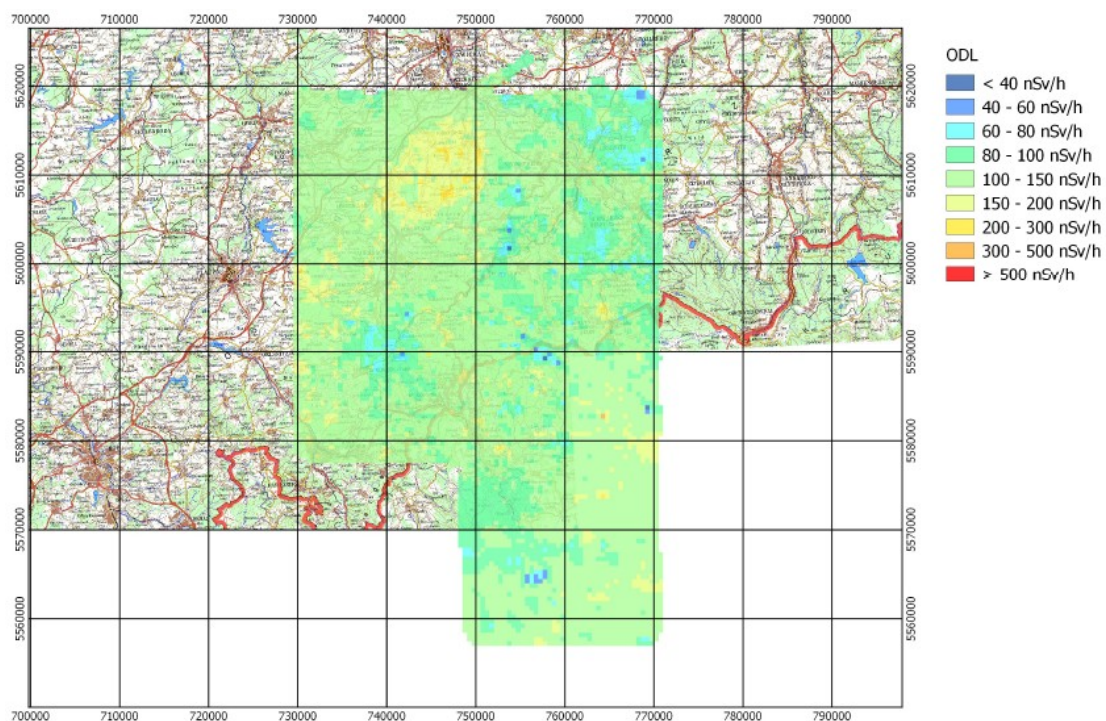


Figure 23: carte commune du débit de dose ambiant de la zone B

### Informations concernant l'ordre de mesure 3: Hidden Sources Area C - Rossendorf

<b>Objectif:</b>	<b>localisation de sources</b>
Date:	17.06.2015
Nombre de lignes:	21 couloirs de 50 m de large
Durée du vol:	20 min
Zone survolée:	zone C environs de Rossendorf, 1,3 km <sup>2</sup>
Altitude au-dessus du sol:	env. 90 m

**Remarque:** pour l'exercice de localisation de sources radioactives, les équipes survolent un réseau de lignes aussi dense que possible. Elles volent à une altitude aussi basse que possible, tout en respectant la distance de sécurité par rapport au sol. Comme le temps prévu pour la localisation de sources est relativement limité, la vitesse peut être augmentée pour autant que les exigences de sécurité soient respectées et qu'une certaine constance de l'altitude au-dessus du sol soit assurée. S'il reste encore du temps à disposition une fois le programme terminé, l'équipe de mesure peut chercher à délimiter encore plus précisément les positions possibles des sources par des couloirs supplémentaires.

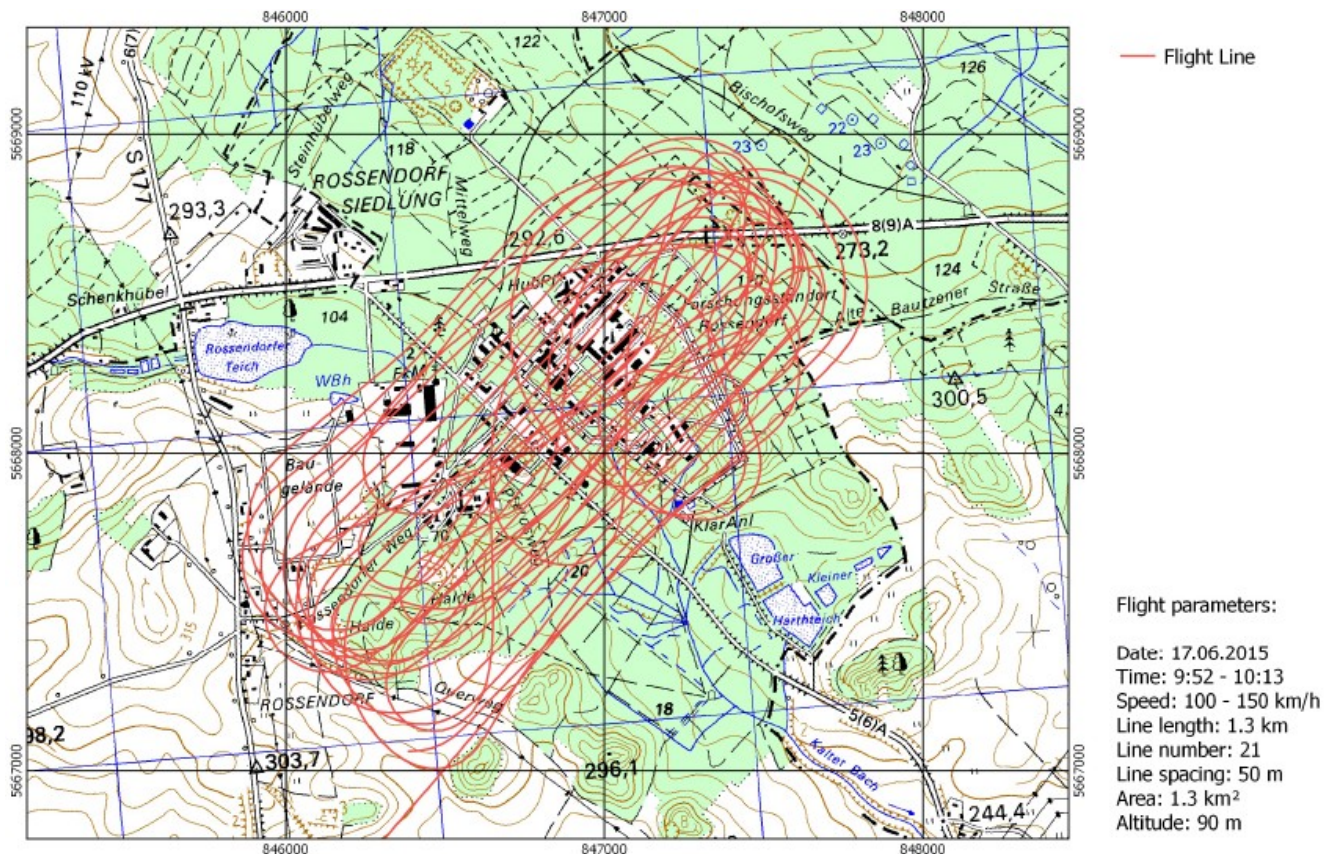


Figure 24: lignes de vol de la zone C, localisation de sources à Rossendorf

Une analyse détaillée des différentes cartes (MMGC, Co 60, Cs 137, etc.) et des spectres de photons mesurés montre clairement deux sources de Co 60 et laisse supposer la présence d'une source de



Cs 137. Une radioactivité naturelle (uranium et potassium) légèrement supérieure à la moyenne a été constatée dans deux régions (sud-ouest et centre-nord).

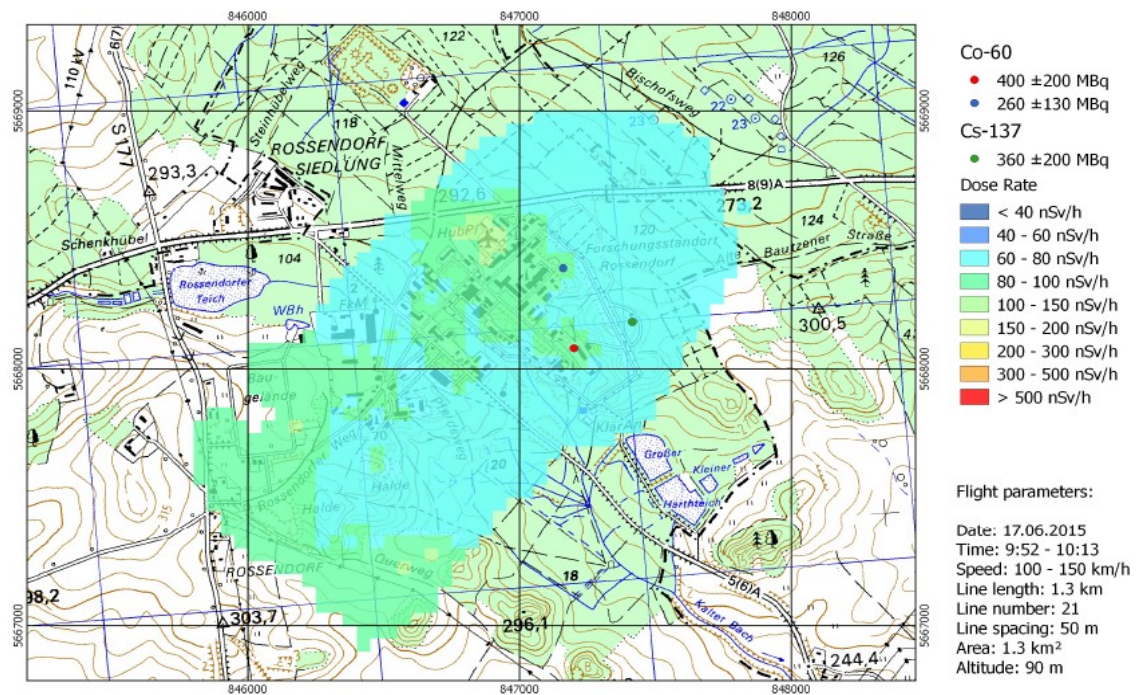


Figure 25: carte du débit de dose ambiant et emplacements présumés de sources dans la zone C, environs de Rossendorf

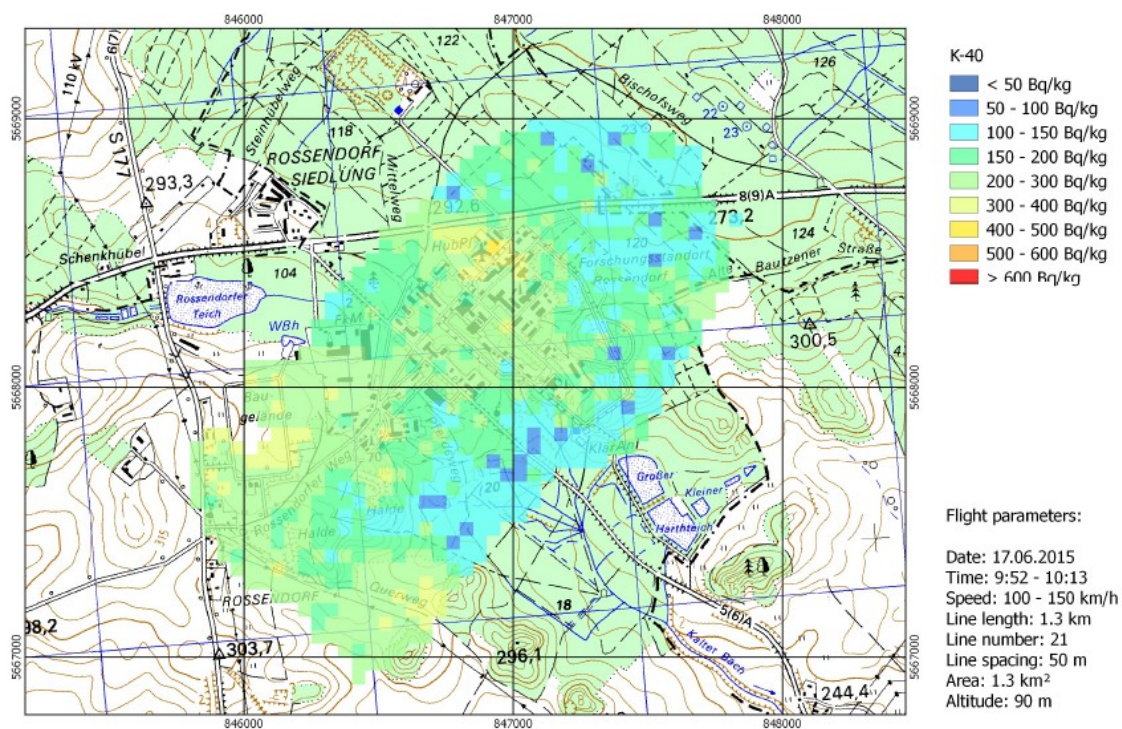


Figure 26: carte du potassium de la zone C, environs de Rossendorf



## Informations concernant l'ordre de mesure 4: Joint Mapping Area E - Zwickau

<b>Objectif:</b>	<b>mesures communes effectuées au-dessus d'une région avec l'équipe française</b>
<b>Date:</b>	17.06.2015
<b>Nombre de lignes:</b>	CH: 26 couloirs de 250 m de large / F: 24 couloirs de 250 m de large
<b>Durée du vol:</b>	CH: 1h 30 min / F: 1 h 50 min
<b>Zone survolée:</b>	zone E environs de Zwickau, CH: 51 km <sup>2</sup> / F: 47 km <sup>2</sup>
<b>Altitude au-dessus du sol:</b>	env. 90 m

**Remarque:** l'objectif de cette partie de l'exercice était de planifier et de réaliser de manière autonome des mesures dans une région avec deux équipes de mesure. Pour la zone E, il a été convenu entre les équipes suisse et française de mesurer des zones qui se chevauchaient partiellement. L'ordre des lignes a été défini de manière à ce que les deux équipes puissent opérer en même temps sans se gêner mutuellement.

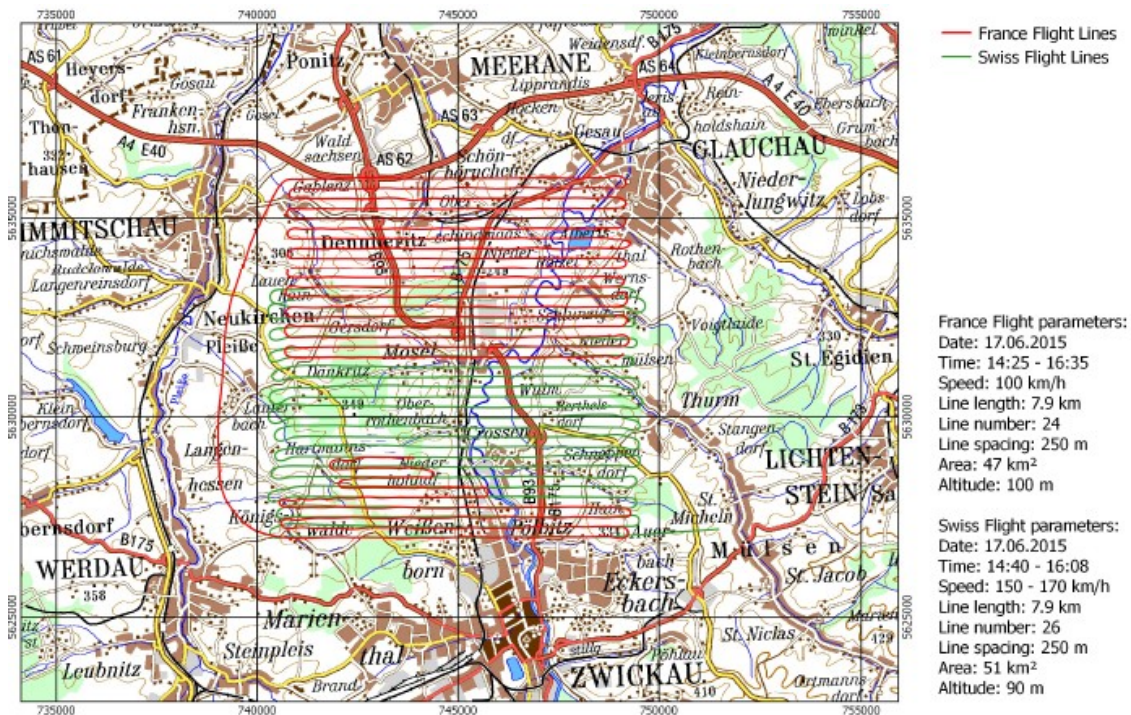


Figure 27: lignes de vol de la zone E, mesures communes des équipes CH et F, environs de Zwickau

Les valeurs mesurées par les équipes suisse et française concordaient. La seule augmentation observable du débit de dose ambiant est en corrélation avec l'augmentation de la concentration d'uranium. A l'emplacement correspondant se trouve le décanteur industriel de Helmsdorf, où des résidus de lixiviation de minerai ont été entreposés.



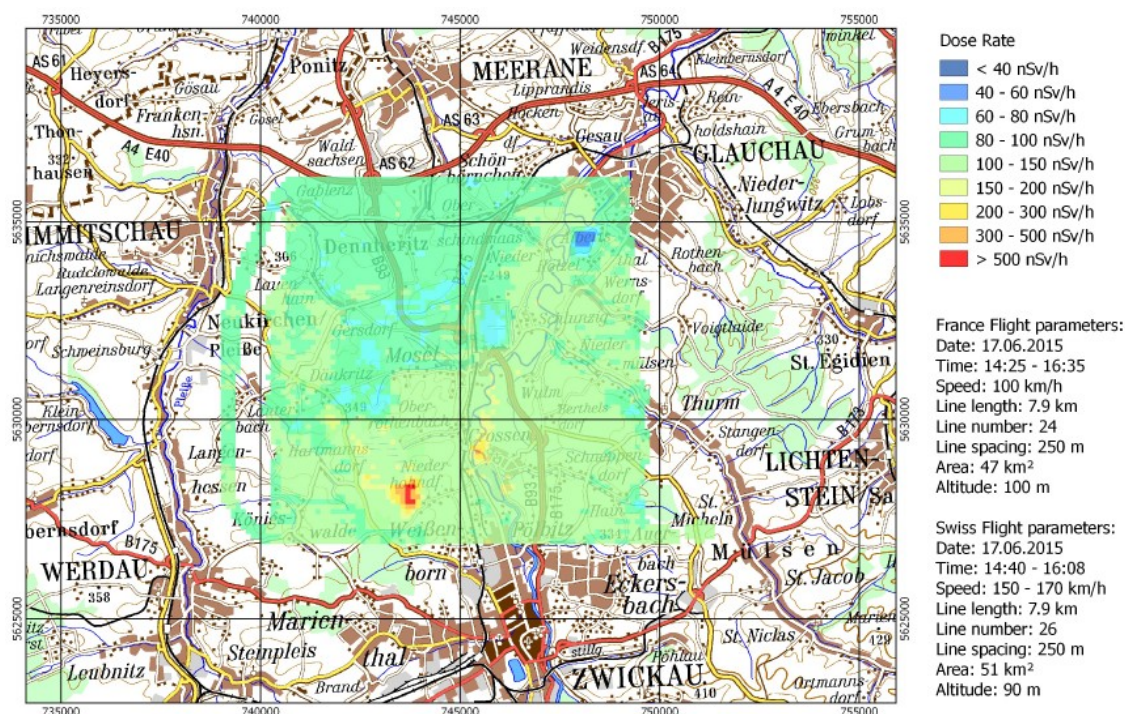


Figure 28: carte du débit de dose ambiant de la zone E, environs de Zwickau

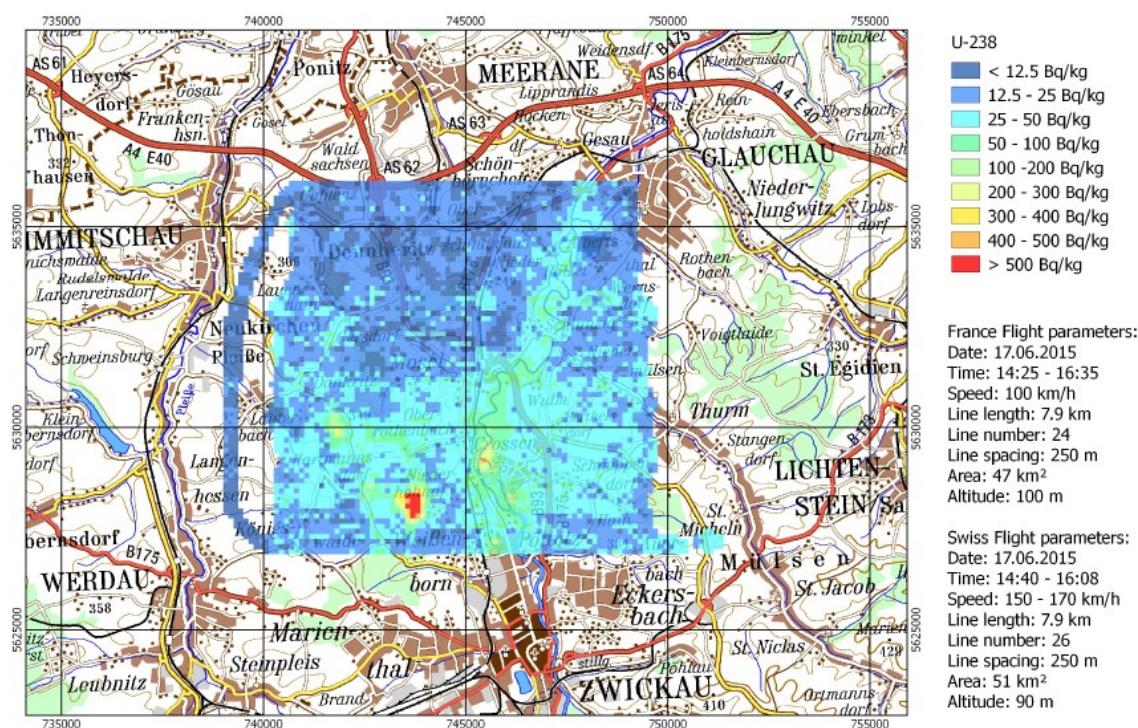


Figure 29: carte de l'uranium de la zone E, environs de Zwickau



## Informations concernant l'ordre de mesure 5: Joint Mapping Area F - Ronneburg

<b>Objectif:</b>	<b>mesure commune d'une région avec l'équipe allemande</b>
<b>Date:</b>	18.06.2015
<b>Nombre de lignes:</b>	CH: 19 couloirs de 250 m de large / D: 16 couloirs de 300 m de large
<b>Durée du vol:</b>	CH: 1h 20 min / D: 2 h
<b>Zone survolée:</b>	zone E environs de Zwickau, CH: 45 km <sup>2</sup> / F: 45 km <sup>2</sup>
<b>Altitude au-dessus du sol:</b>	env. 90 m

**Remarque:** l'objectif de cette partie de l'exercice était de planifier et de réaliser de manière autonome des mesures dans une région avec deux équipes de mesure. Pour la zone E, il a été convenu entre les équipes suisse et allemande de mesurer des zones qui se chevauchaient partiellement. L'ordre des lignes a été défini de manière à ce que les deux équipes puissent opérer en même temps sans se gêner mutuellement.

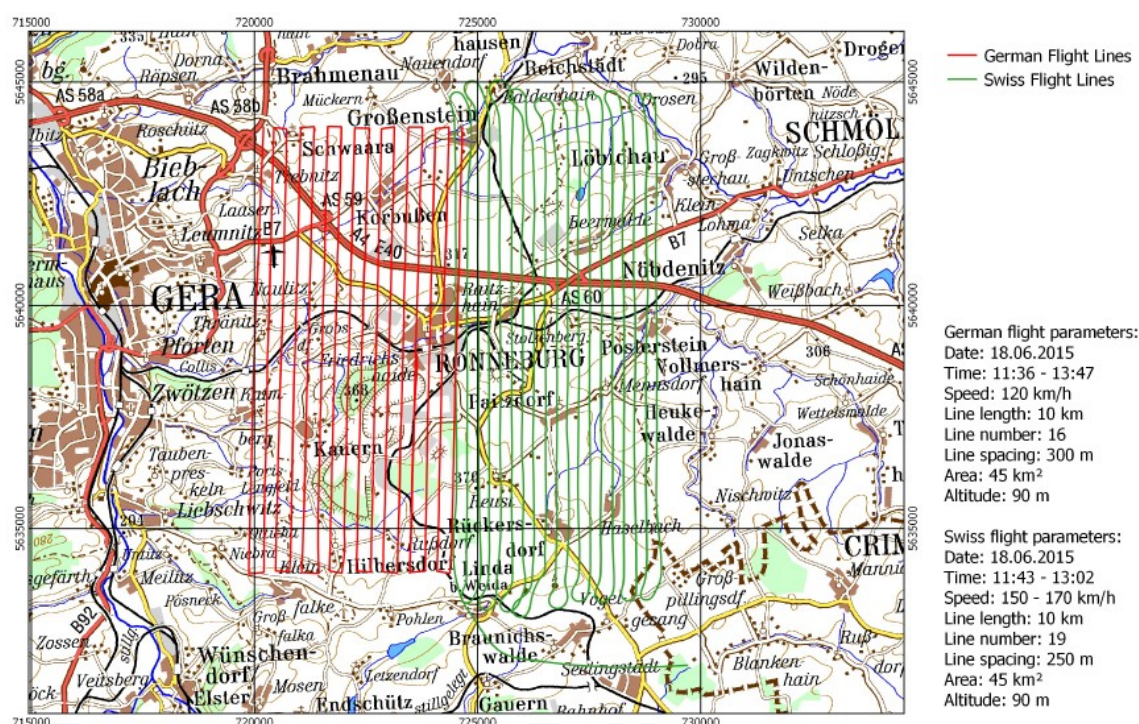


Figure 30: lignes de vol de la zone F, mesures communes des équipes CH et D, environs de Ronneburg

Les valeurs mesurées par les équipes suisse et allemande concordent. Sur les cartes d'activité du K 40 et l'U 238, de légères différences entre les résultats des deux équipes peuvent être constatées. Ces différences seront analysées plus en détail dans le cadre du suivi de l'exercice.



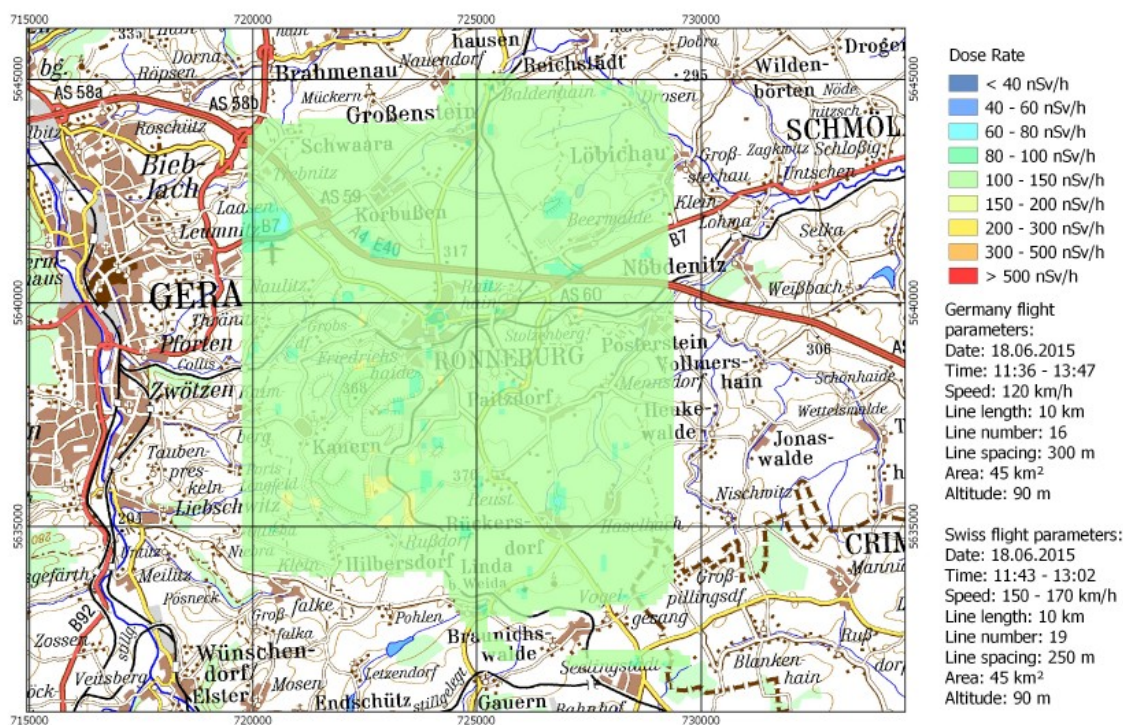


Figure 31: carte du débit de dose ambiant de la zone F, environs de Ronneburg

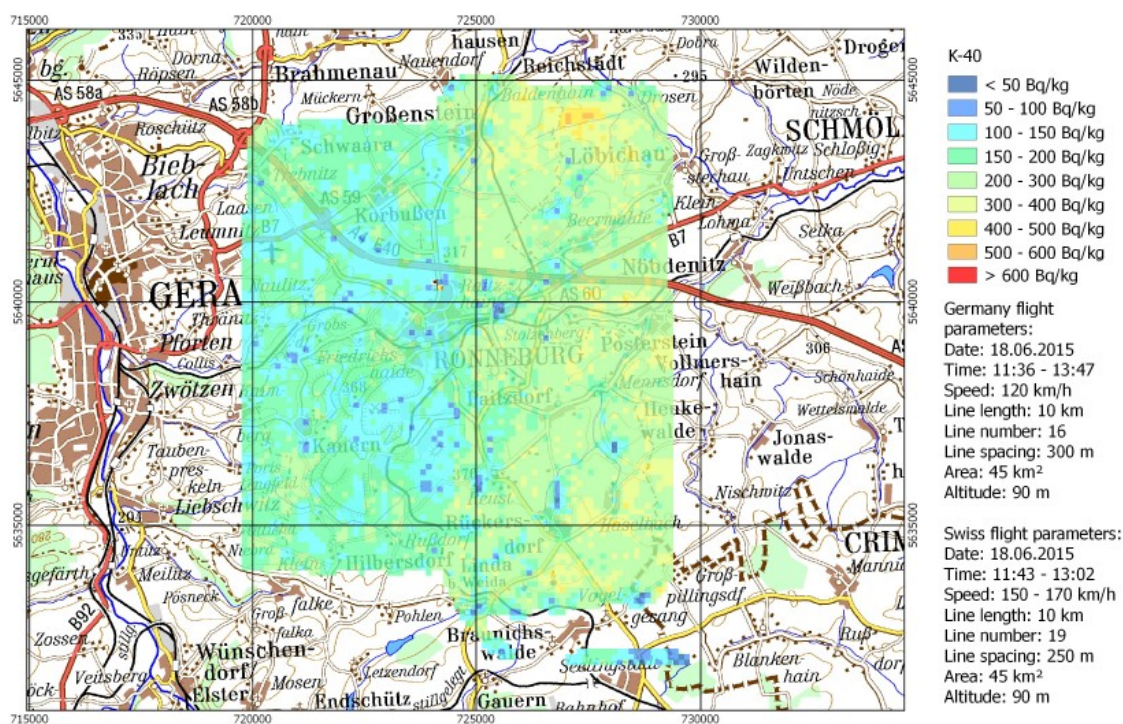


Figure 32: carte du potassium de la zone F, environs de Ronneburg



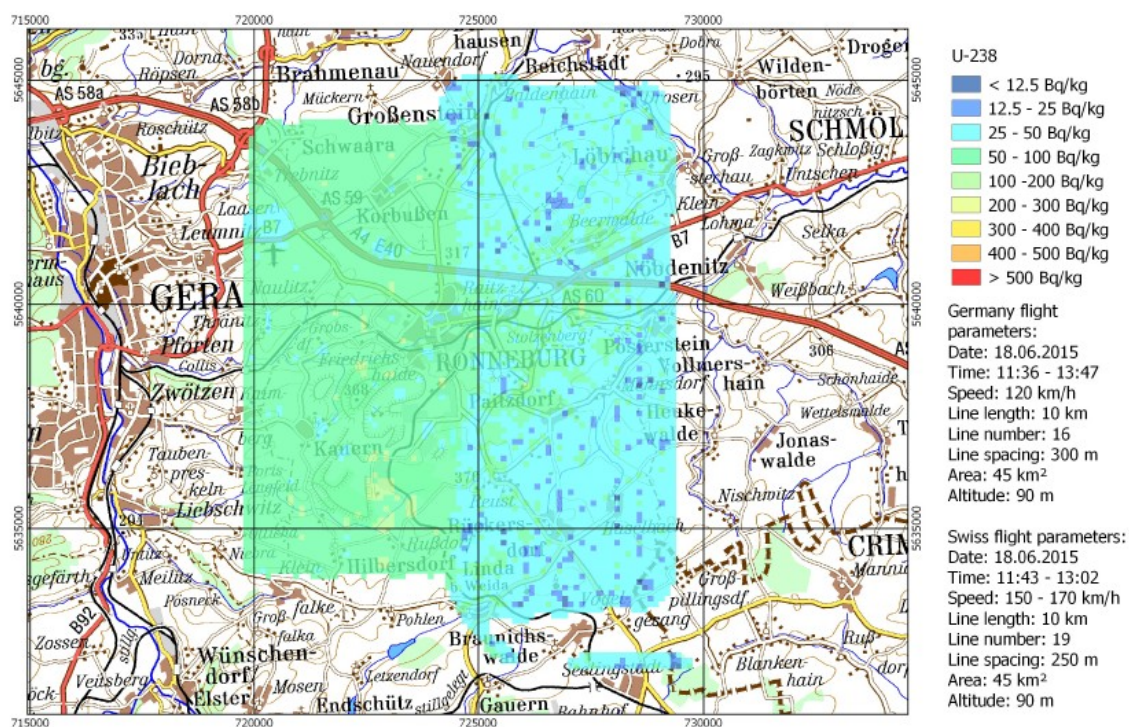


Figure 33: carte de l'uranium de la zone F, environs de Ronneburg

### Informations concernant l'ordre de mesure 6: Joint Mapping Area D - Freital

Date: 18.06.2015  
 Nombre de lignes: 20 couloirs de 250 m de large  
 Durée du vol: 1h 20 min  
 Zone survolée: zone D environs de Freital, 45 km<sup>2</sup>  
 Altitude au-dessus du sol: env. 90 m

Remarque: il était prévu de mesurer la zone D avec l'équipe tchèque, mais celle-ci y a renoncé à cause des conditions météo défavorables.



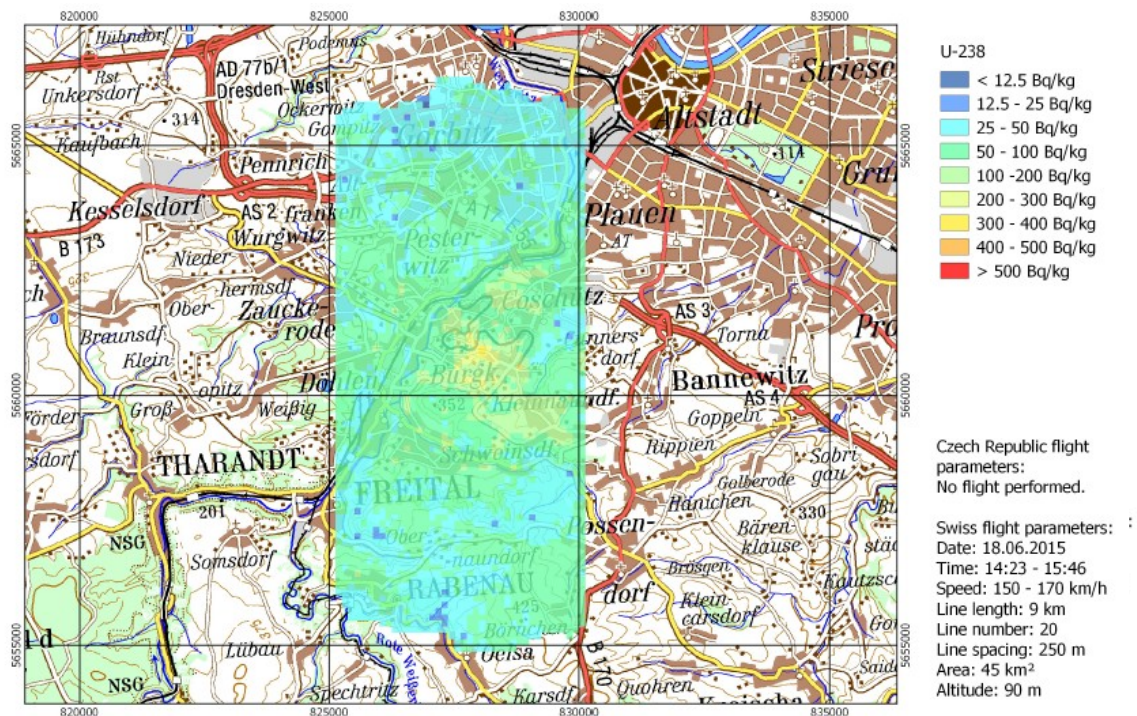


Figure 33: carte de l'uranium de la zone D, environs de Freital

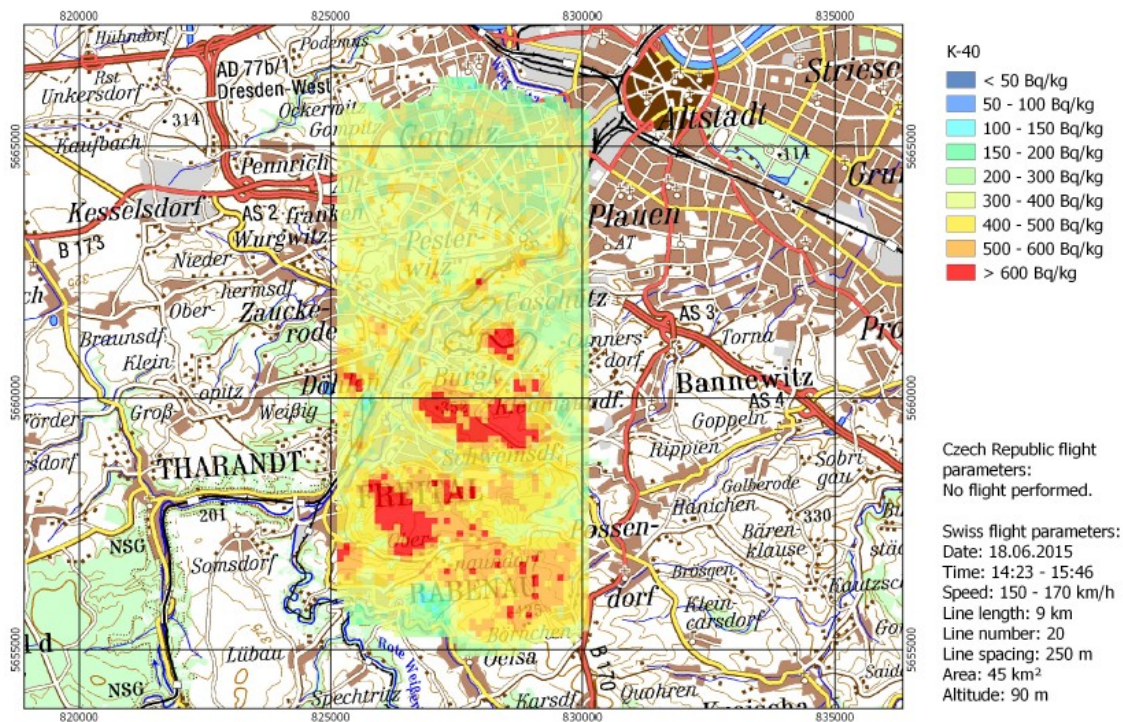


Figure 36: carte du potassium de la zone D, environs de Freital

### 3.5. Enseignements tirés de l'exercice d'aéroradiométrie 15

Les objectifs fixés pour la semaine d'exercice d'aéroradiométrie 2015 ont été pleinement atteints. Le programme de vols a dû être adapté en raison des conditions météorologiques. Tous les survols radiométriques prévus ont néanmoins pu être réalisés.

Le programme de mesure en Suisse comprenait des survols de routine des centrales de Gösgen et de Mühleberg ainsi que des mesures effectuées au-dessus de la vallée d'Urseren et du Val Piora à la demande de l'Université de Bâle.

Lors des survols de routine, les régions survolées habituellement ont été légèrement adaptées en raison de la topographie et de la situation des lignes électriques. Les vols effectués dans des conditions difficiles liées à la topographie alpine ont permis de constater une nouvelle fois le talent des pilotes.

L'exercice international de comparaison dans la région de Chemnitz en Allemagne a été l'occasion de s'entraîner à collaborer avec des équipes de mesure étrangères et d'échanger sur les expériences des uns et autres avec les équipes venues d'Allemagne, de France et de la République tchèque. Les résultats obtenus à l'issue des diverses tâches de mesure ont montré que la collaboration entre les cinq équipes de mesure avait bien fonctionné. D'une manière générale, les résultats concordaient. Les légères différences observées entre les équipes seront analysées dans le cadre du suivi de l'exercice.

La collaboration transfrontalière joue un rôle important en cas d'événement. La tâche consistant à établir une carte radiométrique commune a montré qu'il était possible d'établir rapidement des cartes cohérentes de la situation radiologique à partir des résultats des mesures d'équipes venues de quatre pays.

Le choix de réaliser l'exercice dans une région présentant de l'uranium naturel et une concentration en radon élevée corrélée représentait un défi intéressant pour les diverses méthodes d'évaluation. Les enseignements tirés lors des années précédentes concernant la localisation de sources ont été mis en pratique avec succès et ont porté leurs fruits.

Un contrôle du bruit de fond effectué en phase ascensionnelle au-dessus d'un lac à proximité avant le début de l'exercice a permis de détecter à temps une augmentation du bruit de fond intrinsèque du système de mesure. Le problème était dû à une batterie Ni-Cd de remplacement spécialement achetée pour l'engagement à l'étranger, dont l'électrolyte contenait une quantité nettement mesurable de radionucléides naturels K 40 et de potassium et qui avait été positionnée directement au-dessus du détecteur.

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. Un nouveau membre de l'équipe d'aéroradiométrie a pu être formé. La documentation d'intervention a été vérifiée et actualisée. Un premier relevé des résultats a pu être établi à chaque fois 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 ensuite 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 m<sup>2</sup>). A titre de comparaison, les mesures au sol ne couvrent qu'une surface de 80 m<sup>2</sup>.

### 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 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 qui est 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 qui n'est généralement pas



délectable.

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.