



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

**28.06.2013**

---

## Exercice d'aéroradiométrie 2013 du 24 au 28.06.2013



## Rapport d'exercice et résultats des mesures

---

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

## Table des matières

<b>1. Condensé .....</b>	<b>3</b>
<b>2. Exercice d'aéroradiométrie 2013.....</b>	<b>4</b>
2.1. Mesures des villes d'Olten, Aarau, Bienne et Thoune.....	4
2.2. Mesures aériennes sur mandat de l'IFSN .....	4
2.3. Vols de mesure et d'entraînement au-dessus de deux secteurs de la zone de protection 2 .....	4
2.4. Techniques de mesure spéciales: Kandertal, profil Berne-Dübendorf.....	4
2.5. Comparaison des moyens de mesure du groupe d'intervention du DDPS .....	5
2.6. Autres objectifs de l'équipe d'aéroradiométrie.....	5
2.7. Information de la population, des médias et des autorités .....	6
2.8. Organisations partenaires participantes.....	6
<b>3. Résultats de l'exercice ARM 13 .....</b>	<b>7</b>
3.1. Résultats des mesures des environs de la centrale nucléaire de Gösgen (CNG) et des villes d'Aarau et d'Olten .....	7
3.2. Résultats des mesures des environs de la centrale nucléaire de Mühleberg (CNM) et de la ville de Bienne .....	12
3.3. Résultats des mesures de l'Oberland bernois: ville de Thoune et Kandertal ..	19
3.4. Résultats des mesures comparatives effectuées avec les moyens de mesure du groupe d'intervention DDPS .....	23
3.5. Résultats des mesures du vol Berne-Dübendorf.....	28
3.6. Enseignements tirés de l'exercice d'aéroradiométrie 13 .....	30
<b>4. L'aéroradiométrie en général .....</b>	<b>31</b>
4.1. Comment fonctionne l'aéroradiométrie? .....	31
4.2. Evaluation des données aéroradiométriques.....	31
4.3. Résultats des mesures effectuées aux alentours des centrales nucléaires ....	31

## **1. Condensé**

L'exercice d'aéroradiométrie 2013 était consacré aux mesures des villes d'Olten, Aarau, Biel et Thoune (et environs), des environs des centrales nucléaires (CN) de Mühleberg et de Gösgen, à un exercice de mesures avec le groupe d'intervention du DDPS (GI DDPS) ainsi qu'à de plus petites mesures des sites de Linth-Limmern et du Kandertal. Un vol visant à établir le profil de radioactivité entre Berne et Dübendorf, via la Suisse centrale, a été effectué.

### **Principaux résultats de l'exercice d'aéroradiométrie 2013:**

1. Des cartes de la radioactivité ont été établies pour l'ensemble du territoire des villes d'Olten (et environs), Aarau (et environs), Biel (et environs) et Thoune. Elles affichent des valeurs tout à fait normales.
2. Aucune accumulation de radioactivité artificielle n'a été constatée aux alentours des sites d'exploitation des CN de Mühleberg et Gösgen, y compris dans deux secteurs des zones de protection en cas d'urgence.
3. Le Kandertal a été mesuré comme prévu, de Spiez à Kandersteg. Aucune valeur de radioactivité inhabituelle n'y a été relevée.
4. Lors d'un exercice de mesure avec l'équipe d'intervention A-EEVBS, plusieurs stratégies de mesures ont été comparées et des enseignements importants concernant le fonctionnement technique ont été tirés.
5. Des valeurs normales du débit de dose ambiant (DDA) ont été mesurées lors d'un vol établissant le profil entre Berne et Dübendorf.
6. Les spécialistes des mesures de la radioactivité, les techniciens et les pilotes de l'équipe d'aéroradiométrie possèdent tous un excellent niveau de formation et d'entraînement.

En raison de la situation météorologique, des vols de mesure dans la région de Linth-Limmern ainsi qu'un vol en ligne transversale ont dû être annulés. A la place, la ligne entre Berne et Dübendorf a été survolée et son profil a été dressé.

## **2. Exercice d'aéroradiométrie 2013**

Les mesures aériennes ont eu lieu du 24 au 27 juin 2013, principalement dans les cantons de Berne, d'Argovie et de Soleure. Les vols sont partis de la place d'aviation de Dübendorf et de l'aéroport de Berne-Belp.

### **2.1. Mesures des villes d'Olten, Aarau, Biel et Thoune**

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 ainsi que les principaux axes routiers de Suisse. Il peut être recouru aux référentiels lors d'une suspicion de radioactivité augmentée à la suite d'un événement. La comparaison des mesures effectuées alors avec les mesures initiales permet de mettre en évidence des divergences même minimes. C'est dans le cadre de ce programme qu'Olten, Aarau, Biel et Thoune ont été survolées cette année. La CENAL dispose désormais de cartes de mesures initiales de la plupart des grandes villes de Suisse et de nombreuses autres villes et infrastructures de transport (Bellinzone, Chiasso, Neuchâtel, La Chaux-de-Fonds, Davos, ligne CFF du Saint-Gothard, ligne CFF Berne-Zurich, gare de triage de Bâle Muttenz, etc.). Parmi les vingt plus grandes villes suisses, il manque encore les mesures de Winterthour, Lucerne, Saint-Gall, Lugano, Schaffhouse, Fribourg, Coire, Uster et Sion.

### **2.2. Mesures aériennes 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 Gösgen et de Mühleberg de se soumettre à ces mesures aéroradiométriques. La région de la centrale de Gösgen survolée habituellement a été étendue de manière à pouvoir inclure les mesures des villes d'Aarau et d'Olten lors des vols.

### **2.3. Vols de mesure et d'entraînement au-dessus de deux secteurs de la zone de protection 2**

Les surfaces survolées autour des centrales nucléaires ont été élargies à un secteur de la zone de protection d'urgence 2. Ce sont le secteur 3 de la centrale nucléaire de Gösgen et le secteur 5 de la centrale nucléaire de Mühleberg qui ont été choisis.

Les mesures effectuées devraient avant tout permettre de mettre en œuvre une stratégie de mesure rapidement après un événement dans le territoire touché. De plus, des valeurs de références des territoires survolés ont été récoltées. La distance choisie entre les lignes était de 1 km. Deux lignes ont été ajoutées à celles prévues, et trois lignes ont été allongées. Ce serait également la procédure en cas d'événement: au besoin, certaines lignes de vol pourraient être laissées de côté ou les mesures pourraient être densifiées au-dessus de localités plus importantes.

### **2.4. Techniques de mesure spéciales: Kandertal, profil Berne-Dübendorf**

L'équipe d'aéroradiométrie a reçu pour mandat d'effectuer et d'exercer des techniques de mesure spéciales lors de deux vols. On a renoncé à établir des tracés prédéfinis. Au-dessus du Kandertal, la

conduite était assurée par l'opérateur (en communication avec les pilotes), tandis que le vol Berne - Dübendorf a été effectué par les pilotes de manière autonome.

La vallée du Kandertal entre Spiez et Kandersteg possède une topographie difficile et comprend un axe de communication important (BLS Lötschberg). Lors du vol Berne - Dübendorf (via Berthoud, Langenthal, Sursee, Lenzbourg et Bremgarten) une surface relativement importante a été mesurée avec une grande largeur de couloir (10 km).

En raison de conditions topographiques difficiles et d'une stratégie de mesure intéressante, les deux secteurs offraient une aire d'exercice idéale pour la formation de l'équipe de mesure et des pilotes. Le vol Berne-Dübendorf a été ajouté au programme de mesures dans un court délai, un vol de mesure au-dessus de la région Linth-Limmern ainsi qu'un vol en ligne transversale au-dessus des Alpes ayant dû être annulés en raison des conditions météorologiques.

## **2.5. Comparaison des moyens de mesure du groupe d'intervention du DDPS**

L'exercice avec le groupe d'intervention du DDPS avait principalement pour objectif de comparer les données récoltées avec trois moyens de mesure différents de l'organisation de prélèvement et de mesure de la Confédération, soit l'aéroradiométrie (mesures depuis un aéronef), la radiométrie au sol (mesures depuis un véhicule) et la spectrométrie gamma in situ (appareil de mesure portable). Ces trois moyens de mesures se fondent sur la même technique de mesure (spectrométrie gamma) mais utilisent des instruments différents et appliquent d'autres stratégies (vols de mesure, trajets de mesure et mesures ponctuelles).

Des vols de mesures supplémentaires ont été effectués afin de mieux déterminer l'influence de la végétation (mesures comparatives avec des sources radioactives placées tour à tour dans une forêt et dans une prairie). L'influence de l'altitude de vol a également été analysée, au moyen de mesures effectuées à différents intervalles au-dessus du sol (vérification et optimisation des facteurs externes influant sur l'évaluation: pression plus faible de l'air et rayonnement cosmique).

## **2.6. 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;
- rafraîchissement des connaissances requises pour une intervention: préparation d'une intervention, manipulation de l'équipement durant l'intervention, lecture et interprétation des résultats, évaluation immédiate sur le terrain, entraînement du pilote;
- entraînement de la communication entre les pilotes et l'équipe de mesure (p. ex. guidage du vol par l'opérateur);
- présentation des résultats: 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;
- entraînement de l'équipe de mesure à effectuer les opérations en dehors de sa base aérienne (Dübendorf).

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

En raison des émissions sonores de l'hélicoptère de radiométrie, une vaste information préalable a paru 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.

Une conférence de presse a été organisée au Laboratoire de Spiez (LS). Lors de celle-ci, il était possible de visiter un laboratoire d'analyses de la radioactivité du LS, un laboratoire de mesure mobile du groupe d'intervention du DDPS et l'hélicoptère de mesure; quelques représentants des médias ont pu effectuer un bref vol de démonstration au-dessus de Thoune. Le 18 juin 2013, l'ensemble des vols 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. Les informations ayant été répercutées par les médias, la population a été bien avertie des vols. Les polices cantonales de Berne, Argovie et Soleure n'ont enregistré que des appels isolés au sujet des vols. La CENAL n'a reçu qu'une seule demande de renseignement de la population.

## **2.8. Organisations partenaires participantes**

Voici les organisations associées dans la réalisation de l'exercice d'aéroradiométrie 2013:

- CENAL
- EM CF CENAL
- Forces aériennes suisses
- Groupe spécialisé Aéroradiométrie
- IFSN
- Laboratoire de Spiez
- GI DDPS

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

### **3. Résultats de l'exercice ARM 13**

#### **3.1. Résultats des mesures des environs de la centrale nucléaire de Gösgen (CNG) et des villes d'Aarau et d'Olten**

Cette année, c'était au tour des centrales nucléaires de Mühleberg et de Gösgen de se soumettre à ces mesures aéroradiométriques. Une zone plus étendue autour de la CNG a été survolée, comprenant un secteur de la zone de protection en cas d'urgence 2 ainsi que les villes d'Aarau et d'Olten.

##### **Informations concernant le survol radiométrique de la CNG, des villes d'Olten et d'Aarau:**

Date:	24.06.2013
Nombre de lignes:	28 couloirs de 250 m de large
Durée du vol:	3 h 30 min
Zone survolée:	environs de la CNG, villes d'Olten et d'Aarau; env. 115 km <sup>2</sup>
Altitude au-dessus du sol:	env. 90 m

Remarque: la CNG est actuellement en révision.

##### **Carte du débit de dose ambiant**

La carte du DDA indique des valeurs normales hors du site d'exploitation de la CNG. Les variations observées dans la région survolée sont dues à la géologie, à la topographie des cours d'eau de même qu'à la végétation.

Comme prévu, les mesures des villes d'Olten et d'Aarau n'ont pas révélé de valeurs accrues. On distingue clairement l'Aar, qui traverse les deux villes. En raison de l'atténuation du rayonnement terrestre par l'eau, les valeurs mesurées au-dessus de l'Aar sont nettement plus basses.

Aucune valeur plus élevée que les années précédentes n'a été constatée dans les zones survolées dans les environs de la centrale nucléaire.

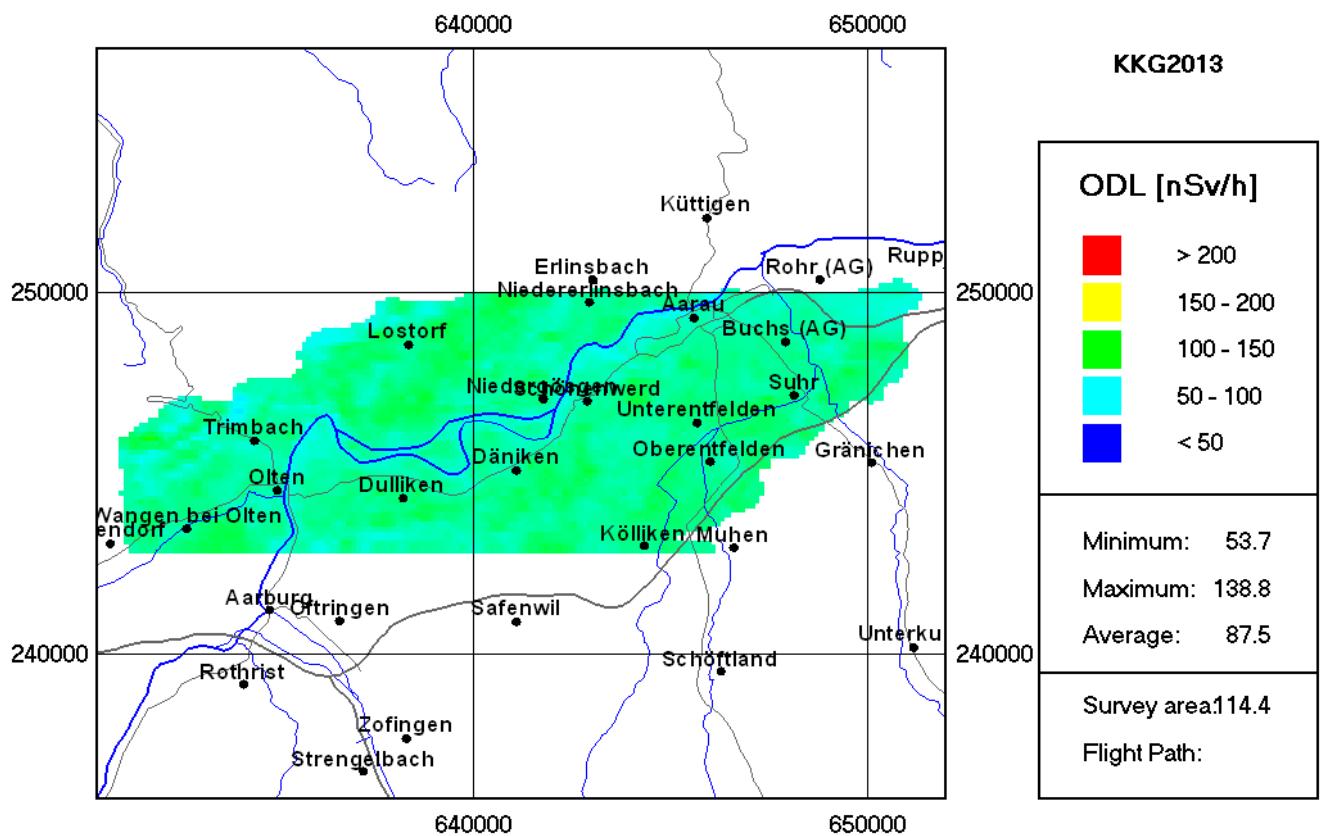


Figure 1: carte du DDA des environs de la CNG et des villes d'Aarau et d'Olten.

## Carte du césium (Cs-137)

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

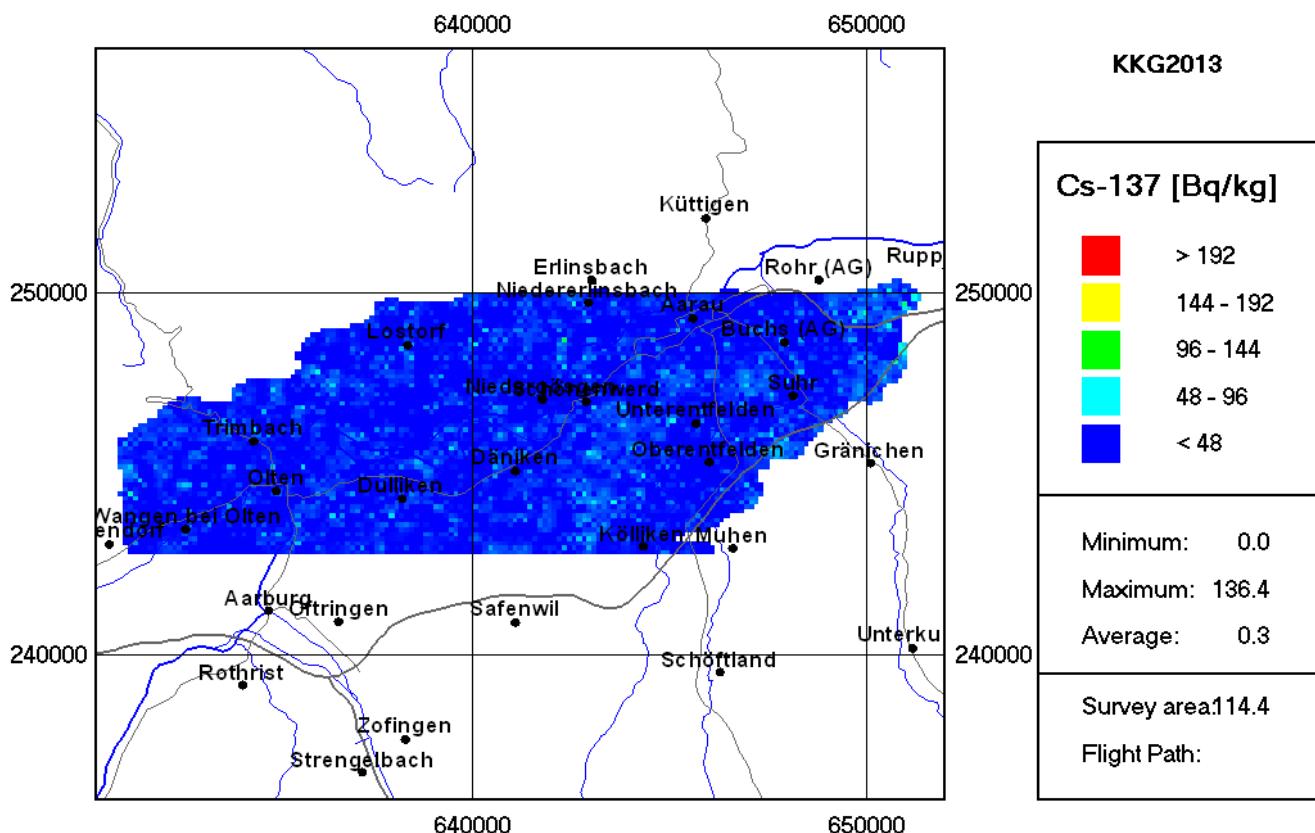


Figure 2: carte du Cs des environs de la CNG et des villes d'Aarau et d'Olten.

## Informations concernant le survol radiométrique de la CNG, secteur 3 de la zone de protection en cas d'urgence 2:

Date:	24.06.2013
Nombre de lignes:	16 couloirs de 1000 m de large
Durée du vol:	2 h
Zone survolée:	CNG, secteur 3; env. 380 km <sup>2</sup>
Altitude au-dessus du sol:	env. 90 m

## Carte du débit de dose ambiant

La carte du DDA indique des valeurs normales sur tout le territoire exploré. Les variations observées dans la région survolée sont dues à la géologie, à la topographie des cours d'eau de même qu'à la végétation.

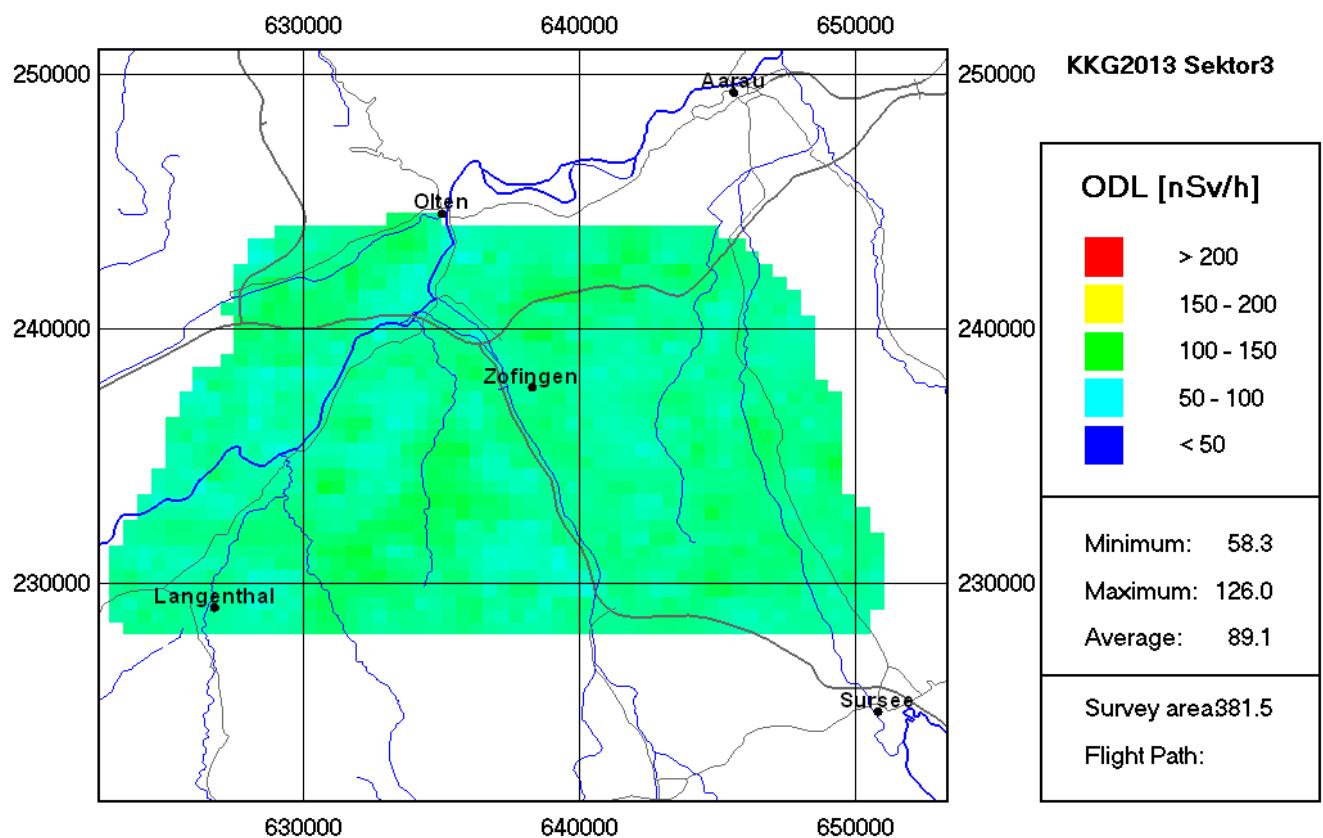


Figure 3: carte du DDA du secteur 2 de la zone de protection en cas d'urgence 2 de la CNG.

## Carte du césium (Cs-137)

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

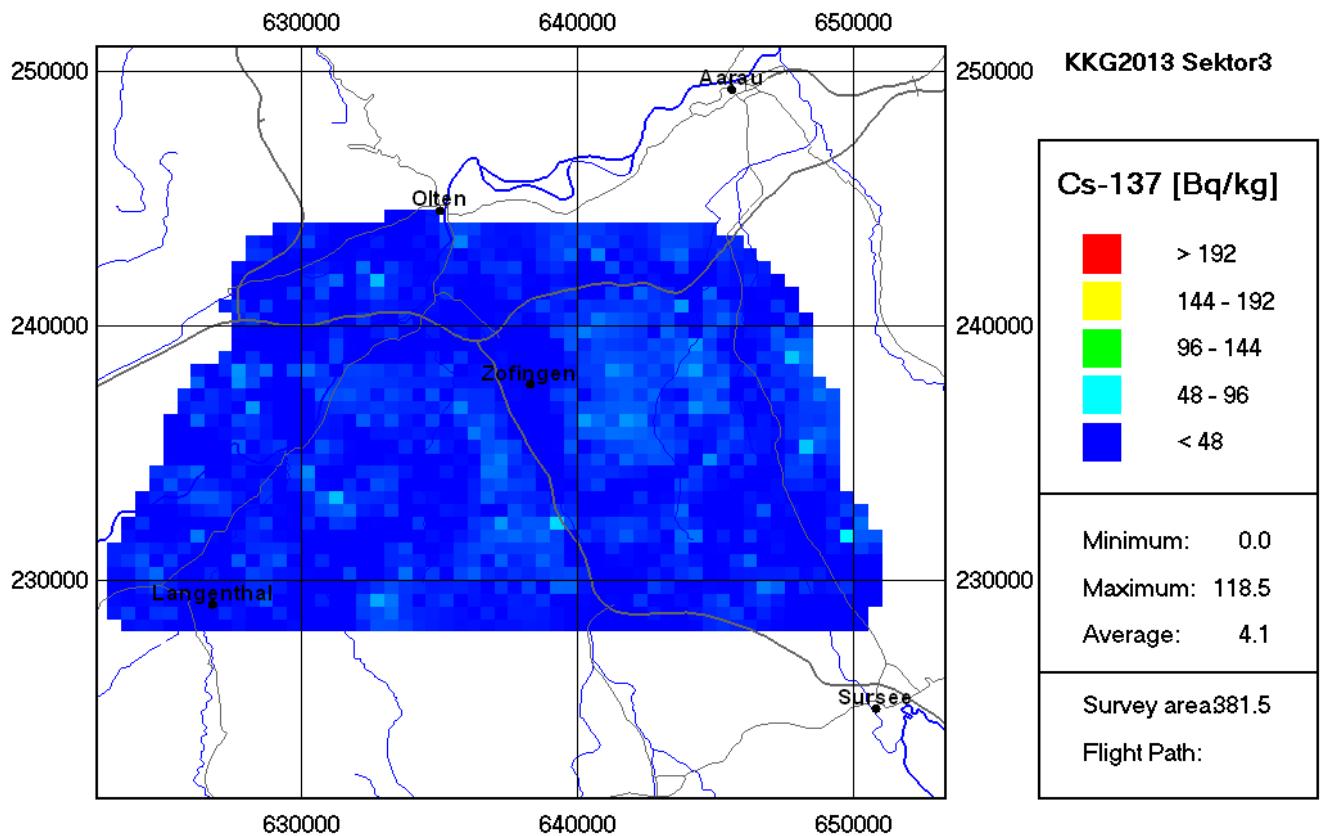


Figure 4: carte du Cs du secteur 3 de la zone de protection en cas d'urgence 2 de la CNG.

### **3.2. Résultats des mesures des environs de la centrale nucléaire de Mühleberg (CNM) et de la ville de Bienne**

Cette année, une zone plus étendue autour de la centrale nucléaire de Mühleberg a été survolée, comprenant un secteur de la zone de protection en cas d'urgence 2 et la ville de Bienne.

#### **Informations concernant le survol radiométrique de la CNM**

Date:	25.06.2012
Nombre de lignes:	14 couloirs de 250 m de large
Durée du vol:	2 h
Zone survolée:	environs de la CNM; env. 90 km <sup>2</sup>
Altitude au-dessus du sol:	env. 90 m

#### **Carte du débit de dose ambiant**

La CNM 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.

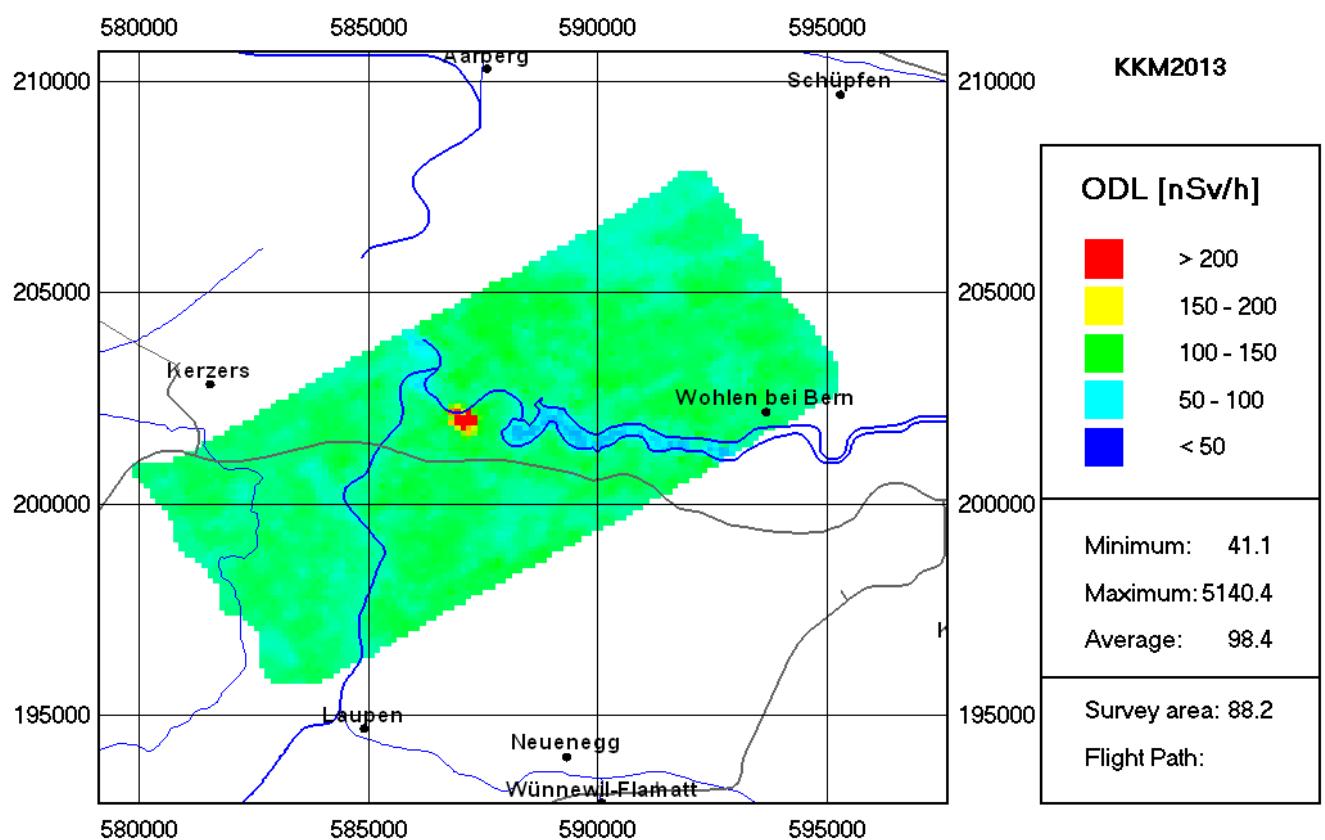


Figure 5: carte du DDA des environs de la CNM.

## Carte du césium

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

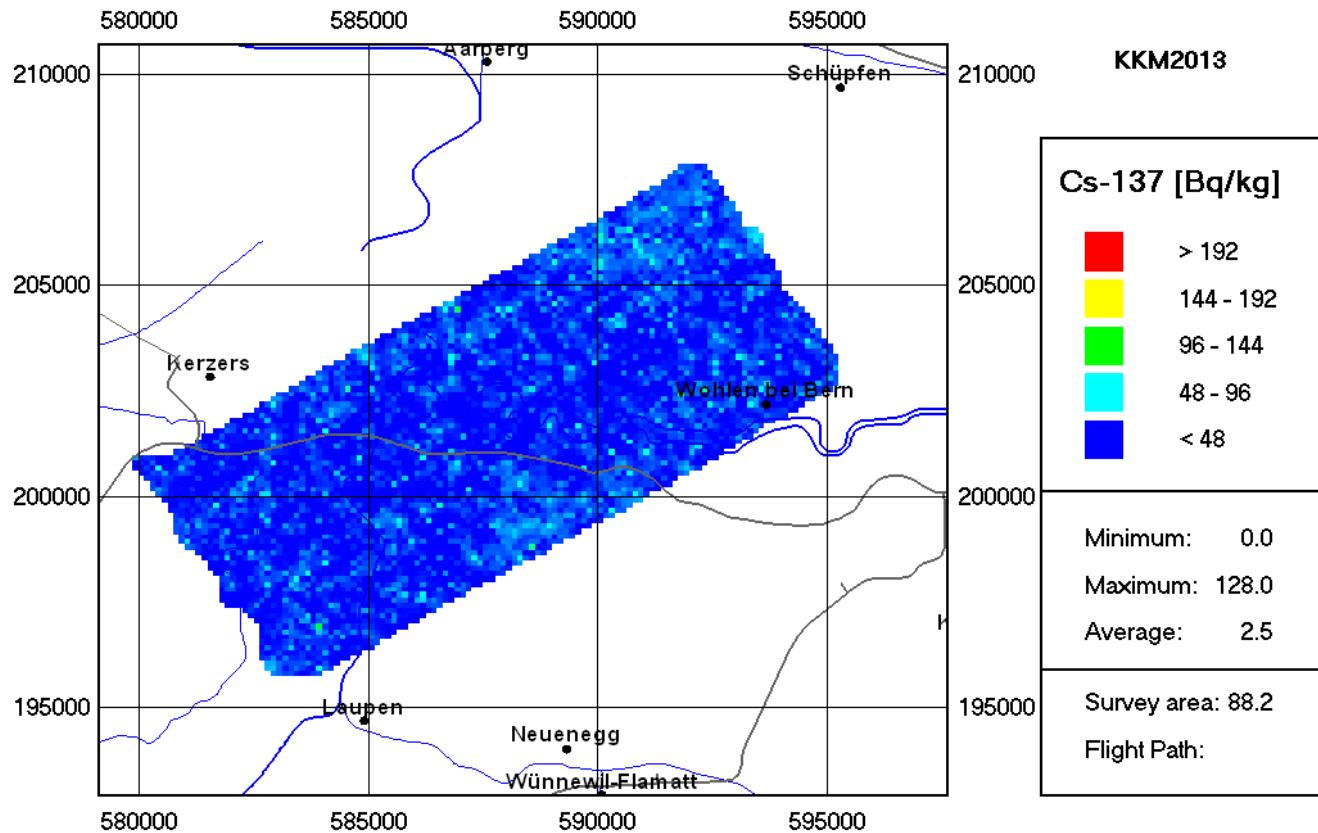


Figure 6: carte du Cs aux environs de la CNM.

## Informations concernant le survol radiométrique de la CNM, secteur 5 de la zone de protection en cas d'urgence 2:

Date:	25.06.2013
Nombre de lignes:	11 couloirs de 1000 m de large
Durée du vol:	1 h
Zone survolée:	CNM, secteur 5; 210 km <sup>2</sup>
Altitude au-dessus du sol:	env. 90 m

## Carte du débit de dose ambiant

La carte du DDA indique des valeurs normales. 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 clairement le lac de Bienna qui a des valeurs faibles.

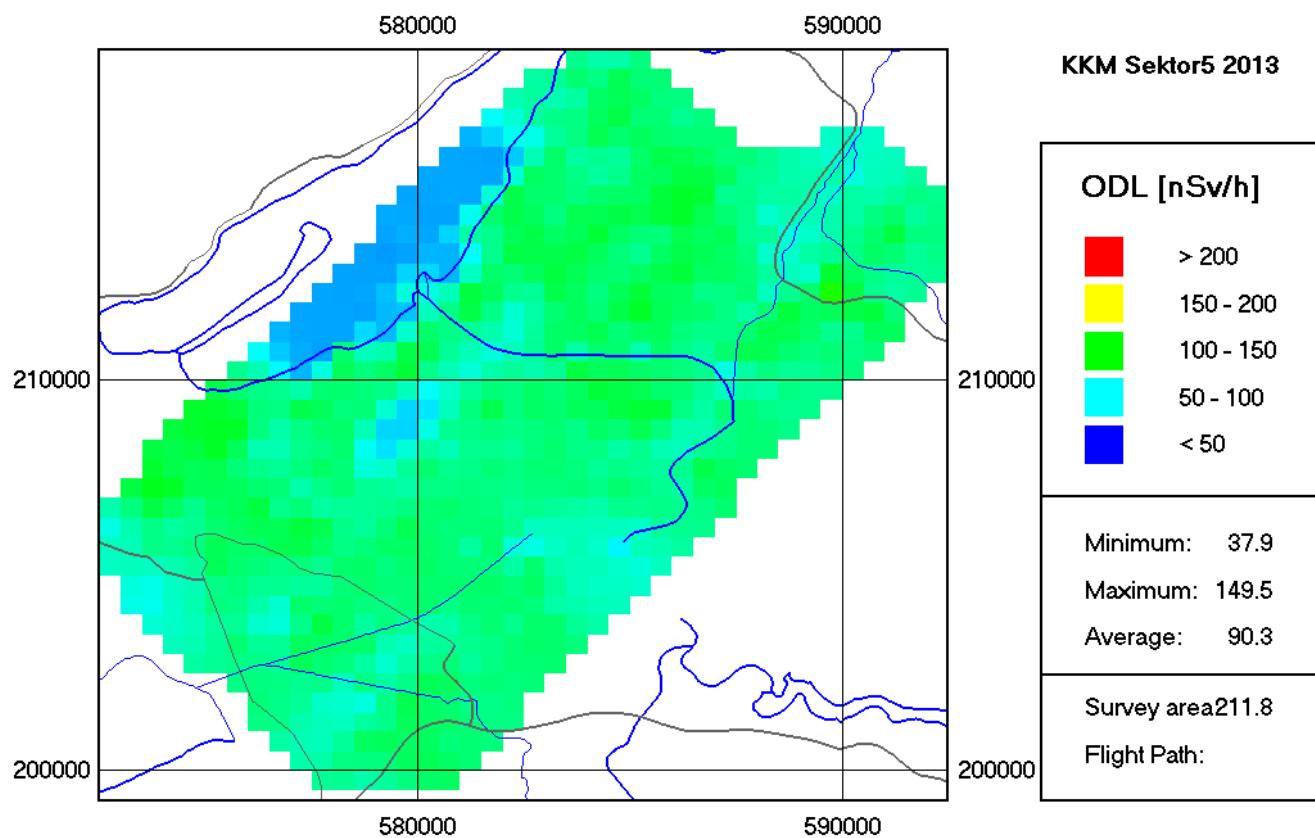


Figure 7: carte du DDA du secteur 5 de la zone de protection en cas d'urgence 2 de la CNM.

## Carte du césium

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

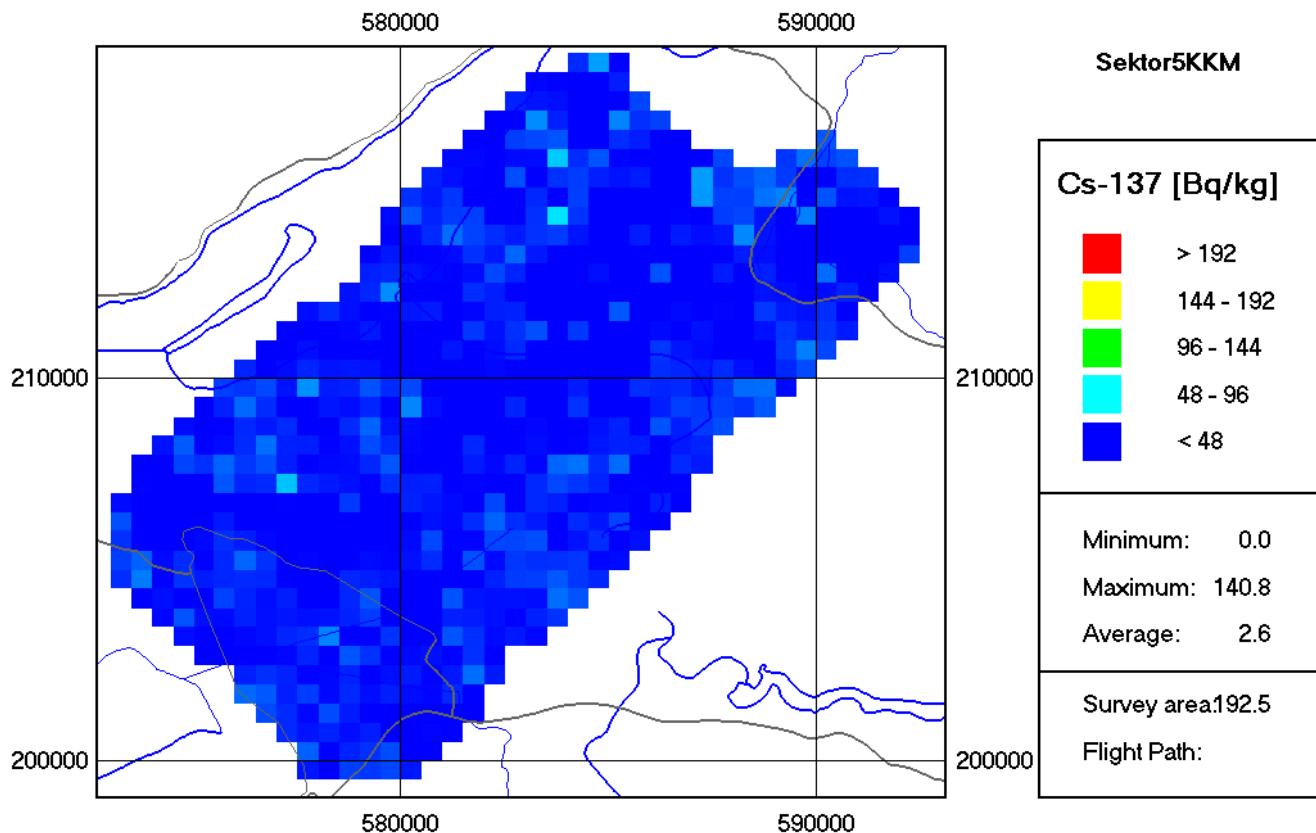


Figure 8: carte du Cs du secteur 5 de la zone de protection en cas d'urgence 2 de la CNM.

## Informations concernant le survol radiométrique de la ville de Bienne:

Date:	25.06.2012
Nombre de lignes:	23 couloirs de 250 m de large
Durée du vol:	1 h 30
Zone survolée:	Bienne; 56 km <sup>2</sup>
Altitude au-dessus du sol:	env. 90 m

## Carte du débit de dose ambiant

Comme attendu, aucune valeur excessive n'a été enregistrée à Bienne. On distingue clairement le lac de Bienne, le canal de Nidau-Büren et la Vieille Aar. Des valeurs plus faibles y ont été mesurées en raison de l'atténuation du rayonnement terrestre par l'eau.

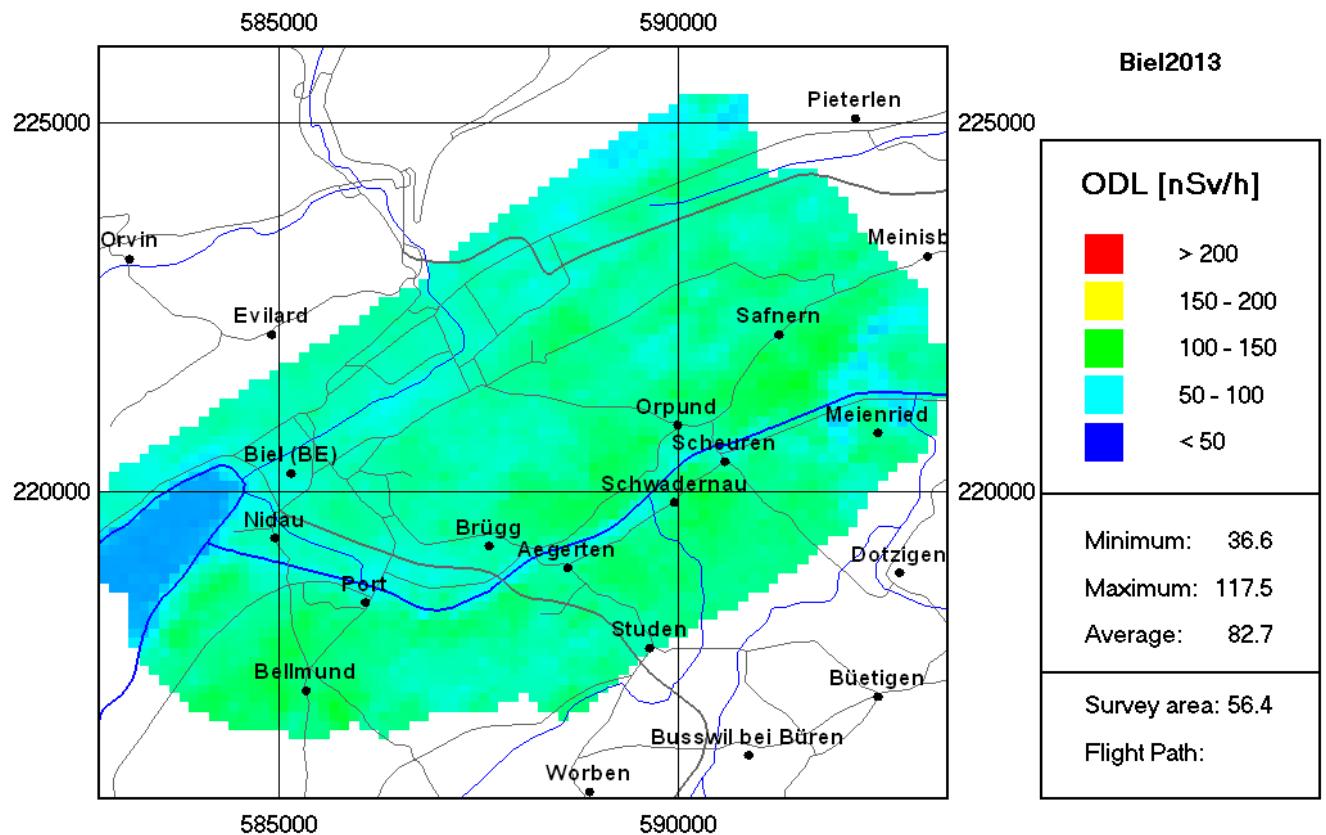


Figure 9: carte du DDA de Bienne.

## Carte du césium

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

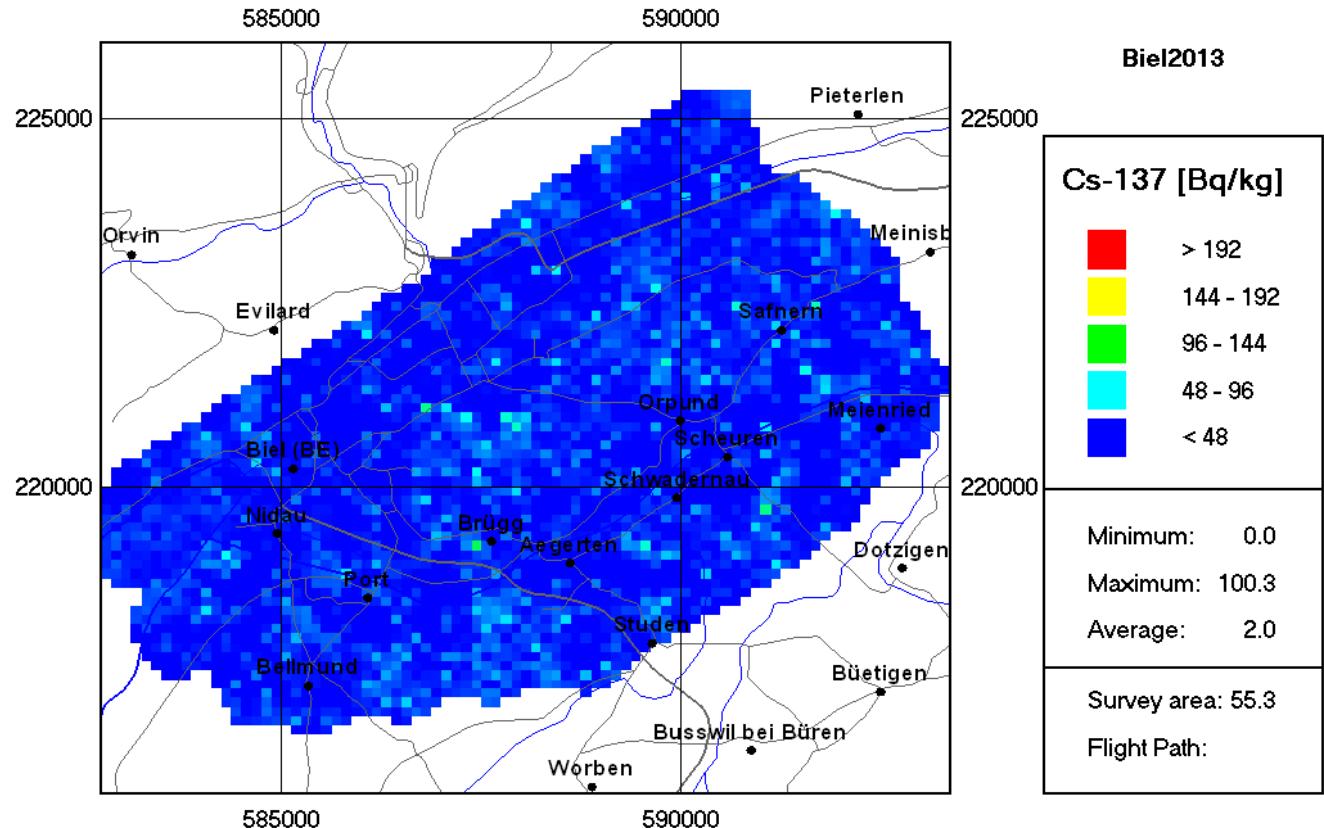


Figure 10: carte du Cs de Bienne.

### 3.3. Résultats des mesures de l'Oberland bernois: ville de Thoune et Kandertal

Les vols de mesure au-dessus de la ville de Thoune ont été effectués en deux temps. La première partie des vols ont été utilisés pour l'information des médias, des journalistes pouvant observer l'équipe de mesure au travail à bord de l'hélicoptère à la fin du point de presse.

#### Informations concernant le survol radiométrique de Thoune:

Date:	26.06.2013
Nombre de lignes:	15 couloirs de 250 m de large
Durée du vol:	1 h
Zone survolée:	Thoune; env. 30 km <sup>2</sup>
Altitude au-dessus du sol:	env. 90 m

#### Carte du débit de dose ambiant

Comme attendu, aucune valeur excessive n'a été enregistrée à Thoune. Les valeurs correspondent à la moyenne du Plateau suisse (entre 50 et 120 nSv/h). On distingue clairement le lac de Thoune et l'Aar. Des valeurs plus faibles y ont été mesurées en raison de l'atténuation du rayonnement terrestre par l'eau.

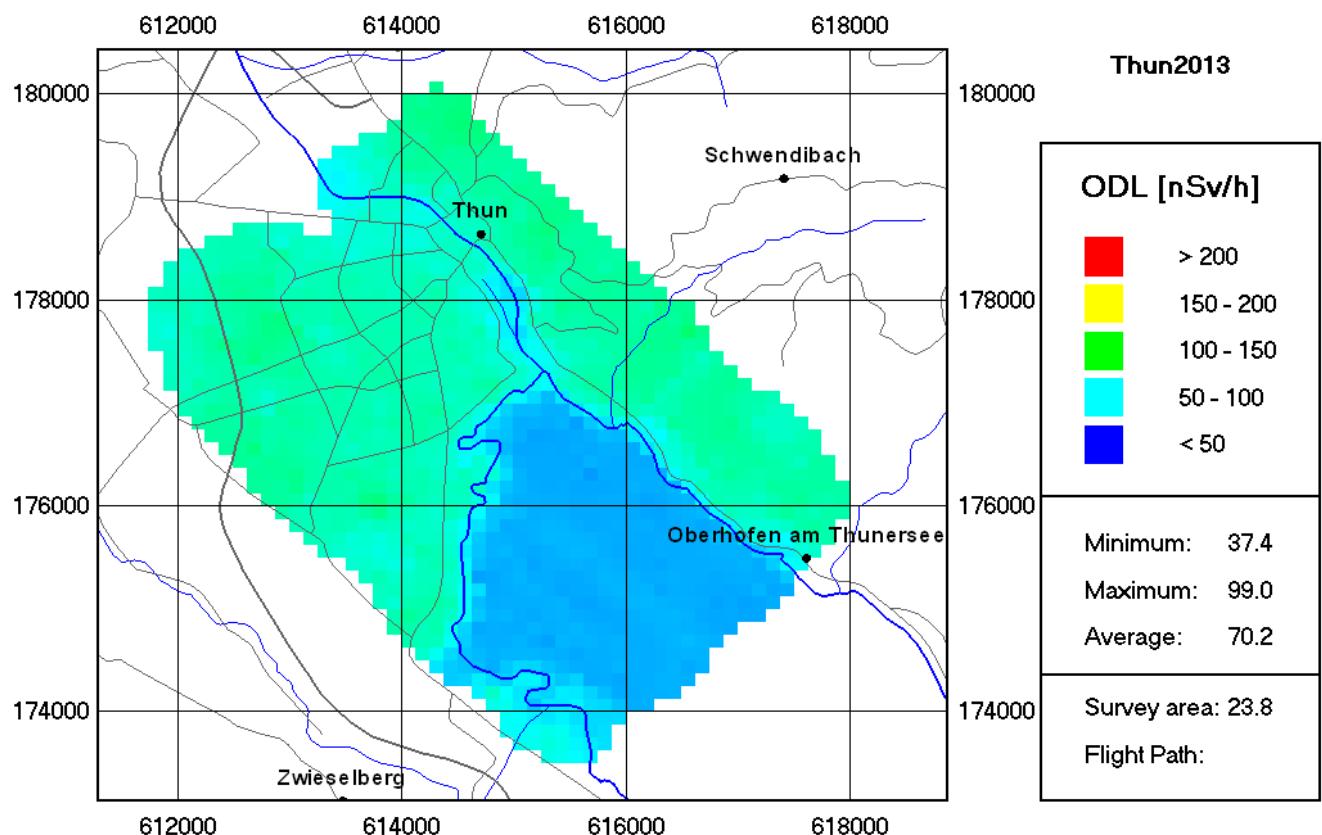


Figure 11: carte du DDA de la ville de Thoune.

## Carte du césium

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

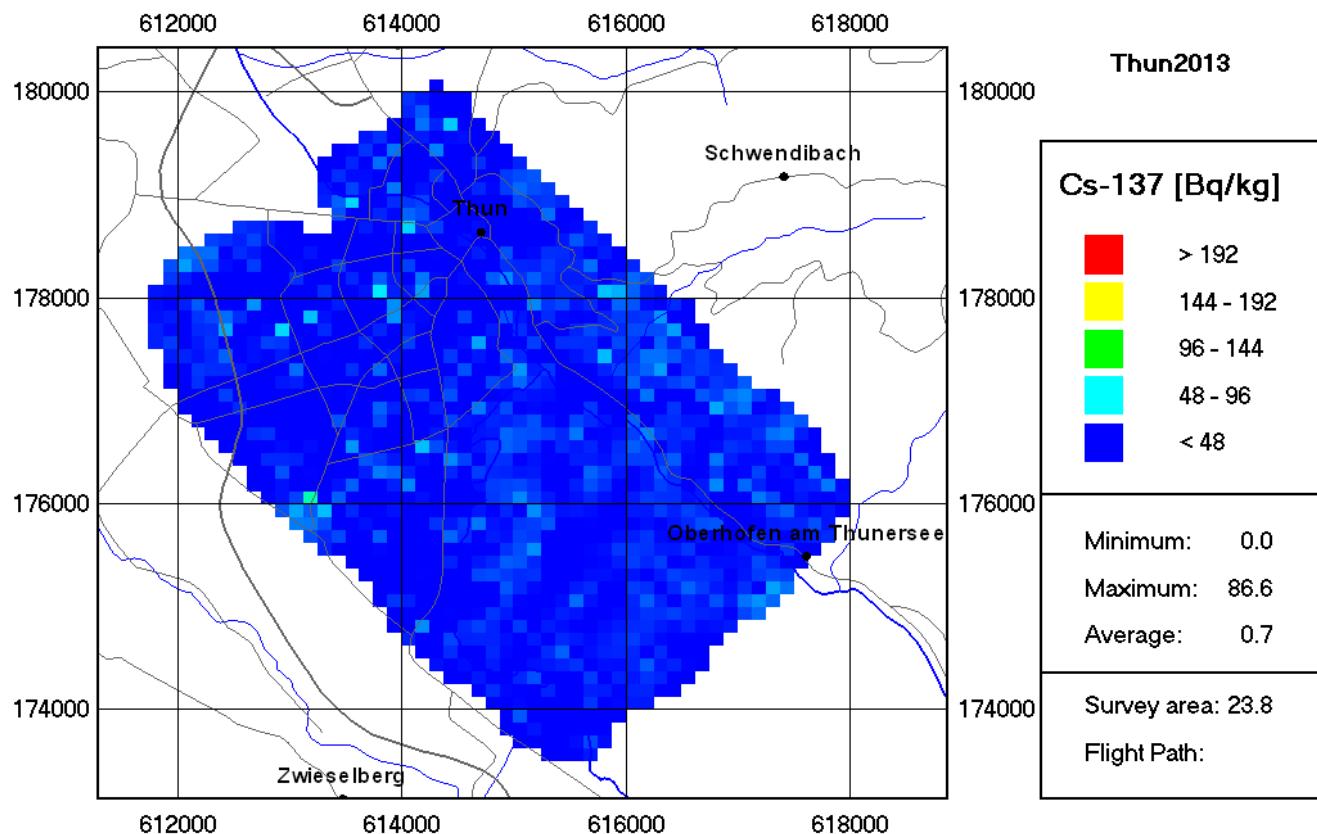


Figure 12: carte du Cs de la ville de Thoune

## Informations concernant le survol radiométrique Spiez-Kandersteg:

Date:	26.06.2013
Nombre de lignes:	5 couloirs de 100 à 250 m de large (vol à vue)
Durée du vol:	1 h
Zone survolée:	Kandertal (Spiez-Frutigen-Kandersteg); env. 56 km <sup>2</sup>
Altitude au-dessus du sol:	env. 90 m

## Carte du débit de dose ambiant

La carte du DDA indique des valeurs normales. Les variations observées dans la région survolée sont dues à la géologie, à la topographie des cours d'eau de même qu'à la végétation. Comme prévu, il y avait un effet topographique sur les bords de la vallée (voir les explications ci-après).

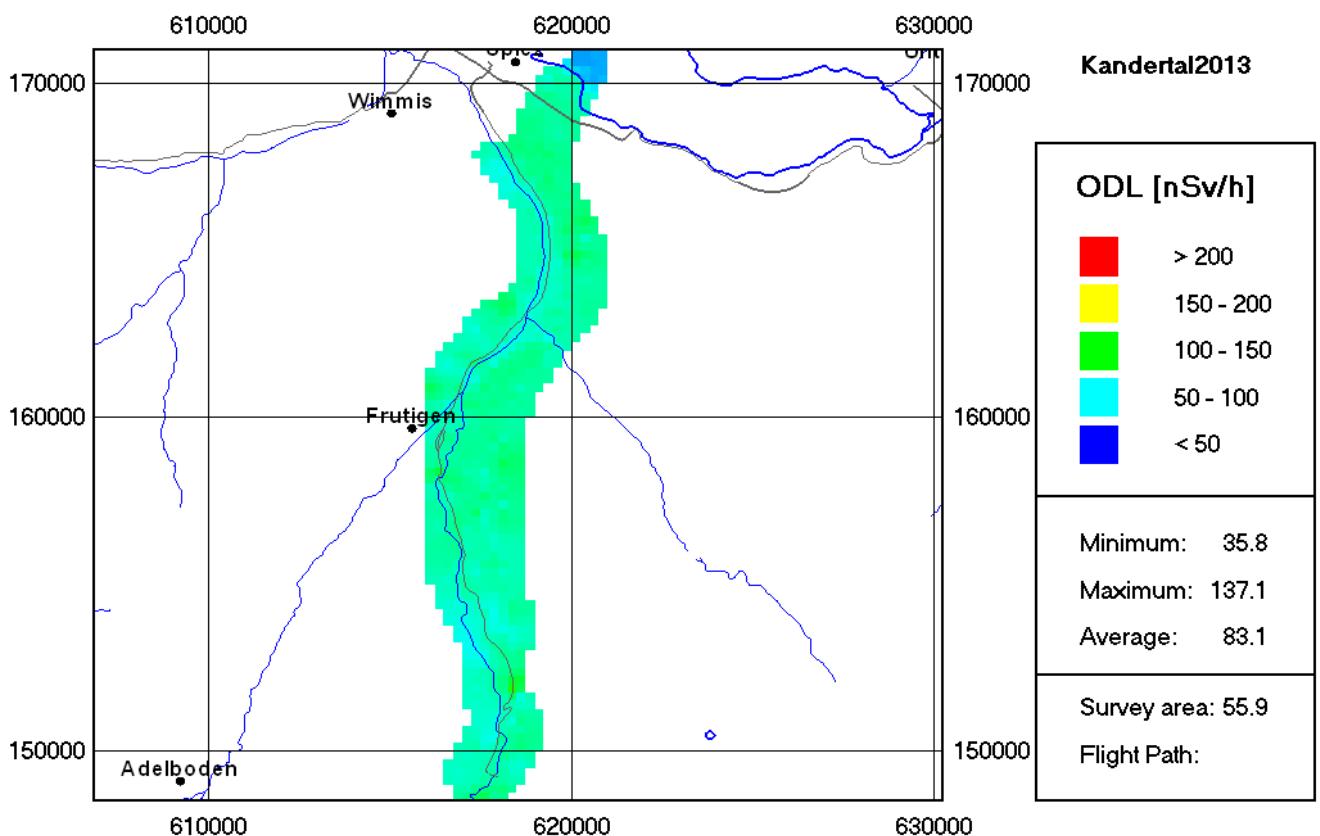
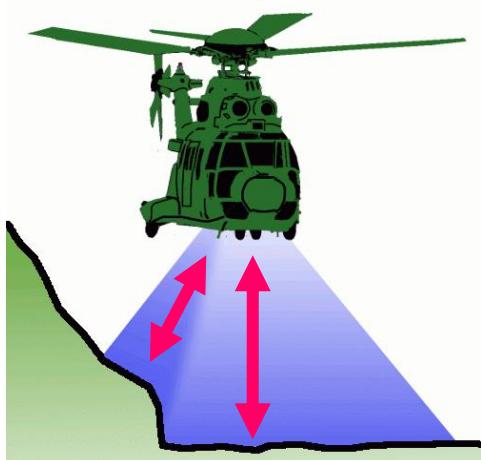


Figure 13: carte du DDA du Kandertal Spiez-Kandersteg.

#### 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 fait 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 trop élevés d'un nucléide.

Figure 14: Effet topographique. Les flancs hauts et raides de la montagne se trouvant plus près de l'appareil de mesure que le fond de la vallée.

## Carte du césium

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

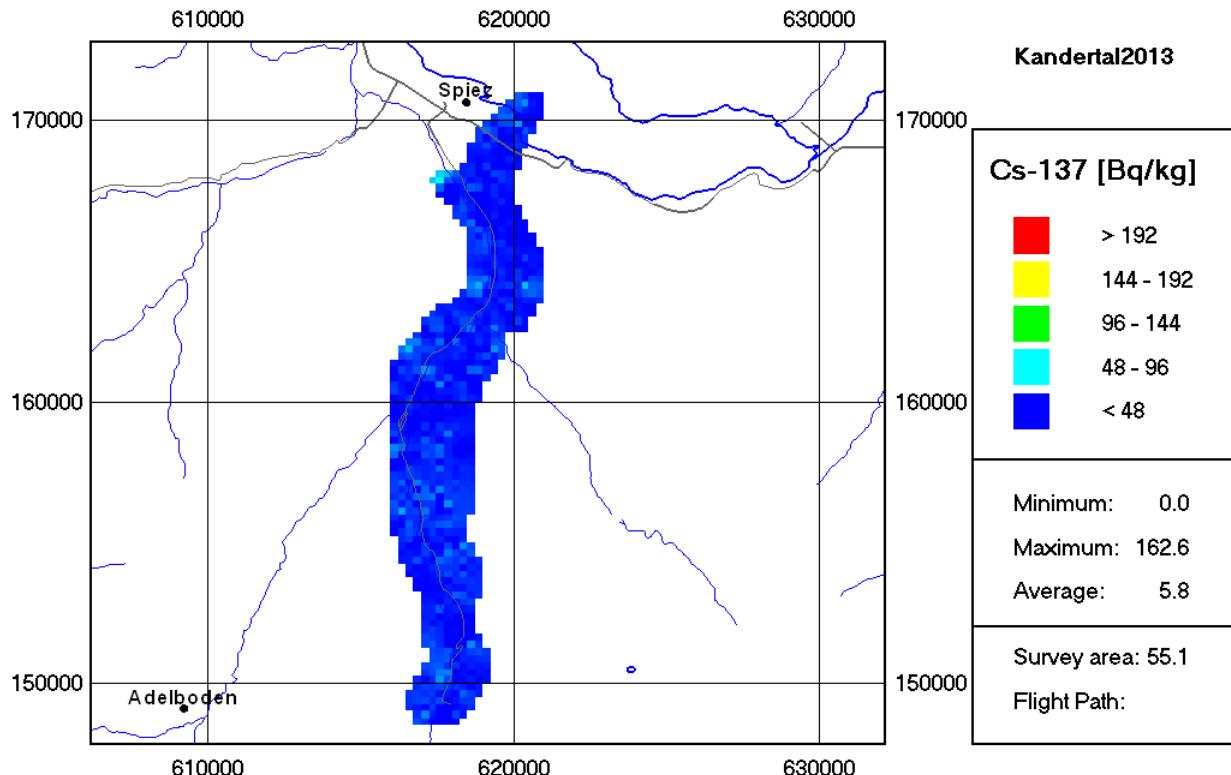


Figure 15: carte du Cs du Kandertal Spiez-Kandersteg.

### **3.4. Résultats des mesures comparatives effectuées avec les moyens de mesure du groupe d'intervention du DDPS**

L'exercice avec le groupe d'intervention du DDPS s'est bien déroulé. L'objectif principal était de comparer les données récoltées au moyen de trois moyens de mesure différents, soit l'aéroradiométrie (mesures depuis un aéronef), la radiométrie au sol (mesures depuis un véhicule) et la spectrométrie gamma in situ (appareil de mesure portable), trois moyens qui se fondent sur la même technique de mesure (spectrométrie gamma) mais qui utilisent des instruments différents et appliquent d'autres stratégies.

Des vols de mesures supplémentaires ont été effectués afin de mieux déterminer l'influence de la végétation sur les mesures (mesures comparatives avec des sources radioactives placées tour à tour dans une forêt et dans une prairie). L'influence de l'altitude de vol a également été analysée, au moyen de mesures effectuées à différents intervalles au-dessus du sol lors de la montée ou de la descente (vérification et optimisation des facteurs externes influant sur l'évaluation: pression plus faible de l'air et rayonnement cosmique).

L'évaluation détaillée de l'ensemble des mesure sera effectuée après cette semaine d'exercice. Les résultats seront publiés dans le rapport scientifique des vols de mesures 2013 de l'Institut Paul Scherrer.



*Figures 16-18: différents moyens de mesure utilisés lors de l'exercice.*

#### **Informations concernant la localisation aérienne de sources radioactives dans la forêt de l'Allmend de Thoune:**

Date:	27.06.2013
Nombre de lignes:	3 couloirs de 50 m de large
Durée du vol:	10 min
Zone survolée:	forêt de l'Allmend de Thoune: env. 0,4 km <sup>2</sup>
Altitude au-dessus du sol:	env. 90 m

#### **Carte du débit de dose ambiant**

Sur la carte du débit de dose ambiant (DDA), on distingue clairement la source de Cs-137 de 4,5 GBq (propriétaire: cen comp NBC-DEMUNEX).

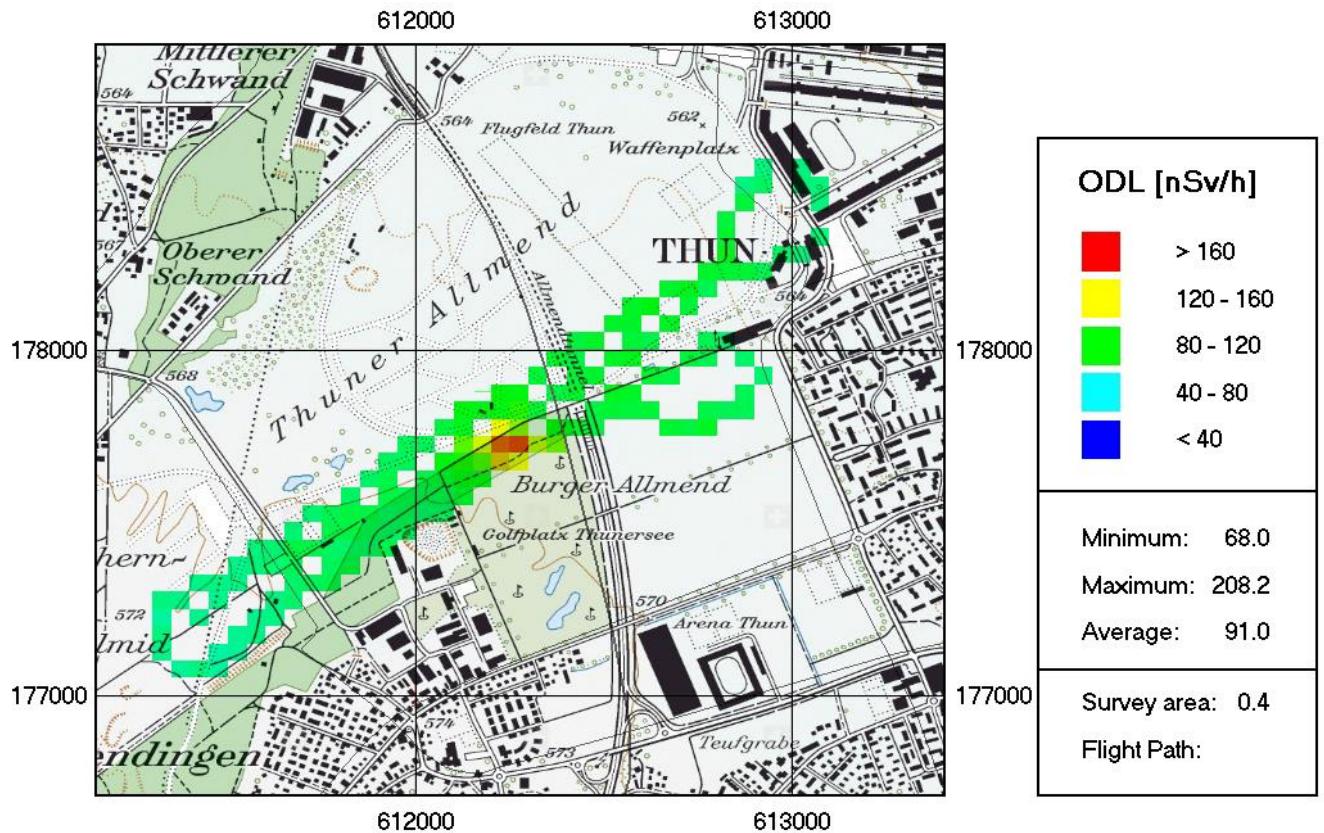


Figure 19: carte du DDA de la localisation aérienne de sources radioactives dans la forêt de l'Allmend de Thoune (source de Cs-137).

## Carte du césium

Sur la carte du césium, la source de Cs-137 a pu être localisée précisément et être identifiée comme source de césium. L'activité a été estimée dans le bon ordre de grandeur.

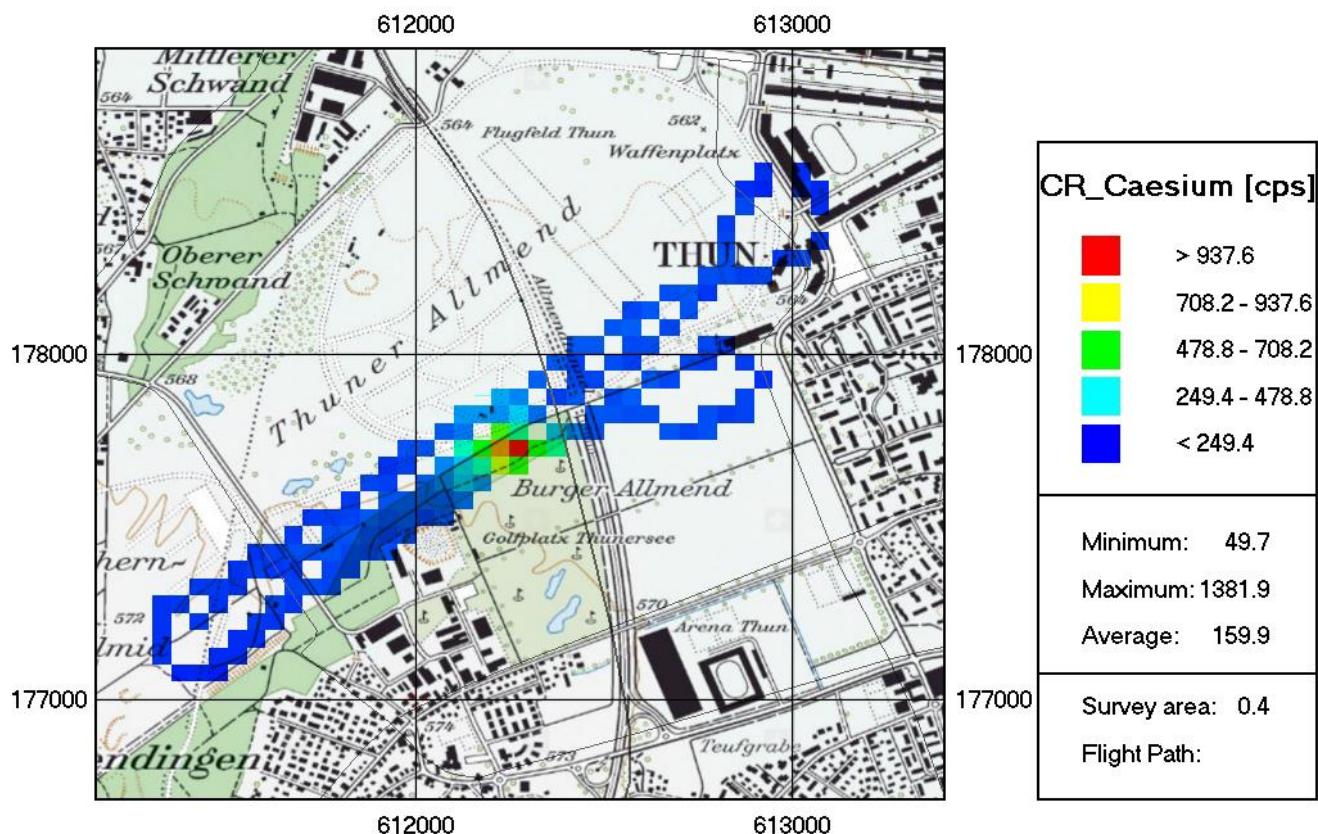


Figure 20: carte du Cs de la localisation aérienne de sources radioactives de la forêt de l'Allmend de Thoune (source de Cs-137).

**Informations concernant la localisation aérienne de sources radioactives sur la prairie de la place d'armes de Thoune:**

Date:	27.06.2013
Nombre de lignes:	3 couloirs de 50 m de large
Durée du vol:	10 min.
Zone survolée:	prairie sur la place d'armes de Thoune: env. 0.2 km <sup>2</sup>
Altitude au-dessus du sol:	env. 90 m

## Carte du débit de dose ambiant

Sur la carte du DDA, on distingue clairement la source de Co-60 d'1 GBq (propriétaire: cen comp NBC-DEMUNEX).

Cette mesure a été effectuée par le véhicule de radiométrie au sol de l'équipe d'intervention A-EEVBS. Les résultats sont en corrélation.

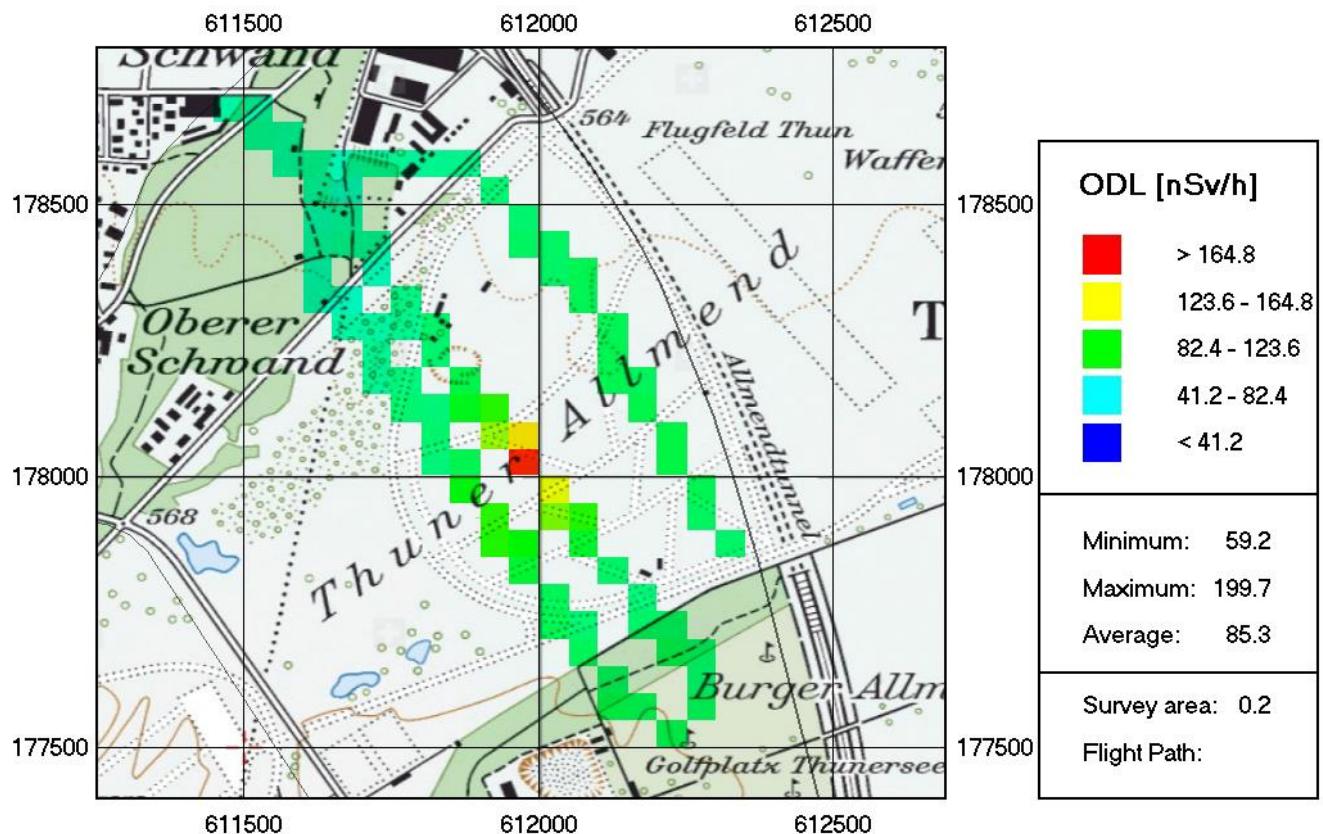


Figure 21: carte du DDA de la localisation aérienne de sources radioactives sur la prairie de la place d'armes de Thoune (source de Co-60).

## Carte du cobalt

Sur la carte du cobalt, la source de Co-60 a pu être localisée précisément et être identifiée comme source de cobalt. L'activité a été estimée dans le bon ordre de grandeur.

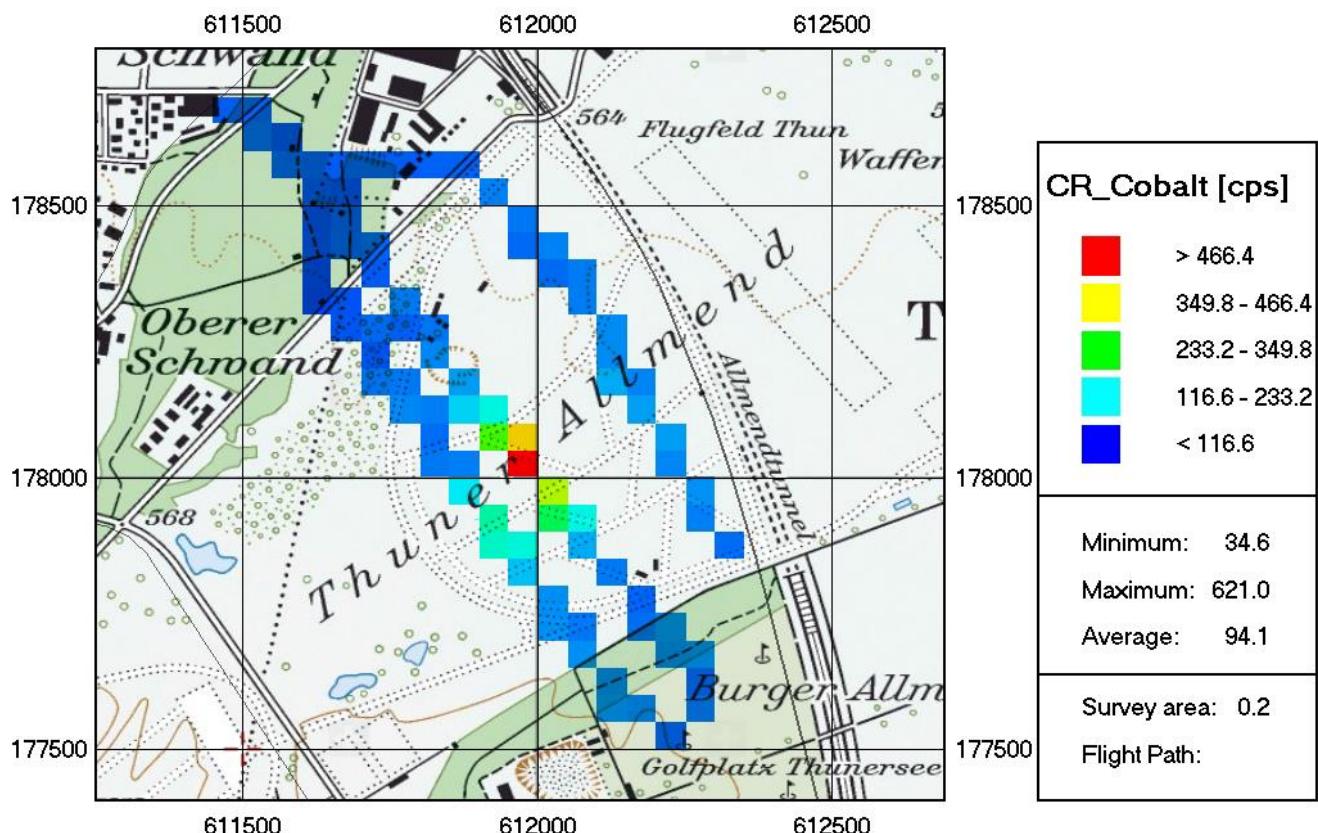


Figure 22: carte du Co de la localisation aérienne de sources radioactives sur la prairie de la place d'armes de Thoune (source de Co-60).

### 3.5. Résultats des mesures du vol Berne-Dübendorf

Des mesures de profils a été récoltées lors d'un vol au-dessus du Plateau afin d'améliorer la couverture radiométrique de la Suisse.

#### Informations concernant le survol radiométrique Berne-Dübendorf:

Date:	27.06.2012
Nombre de lignes:	1 couloir (d'environ 10 km de large)
Durée du vol:	1 h
Zone survolée:	Berne – Berthoud – Langenthal – Sursee – Lenzbourg – Bremgarten - Menzingen; 130 km <sup>2</sup>
Altitude au-dessus du sol:	env. 90 m

#### Carte du débit de dose ambiant:

La carte du DDA n'indique que des valeurs normales, se situant entre 50 et 150 nSv/h. Ces valeurs sont normales pour le Plateau. Les variations observées dans la région survolée sont dues à la topographie et à la nature des sols ainsi qu'aux atténuations des débits de dose ambiant causés par les fleuves et les lacs.

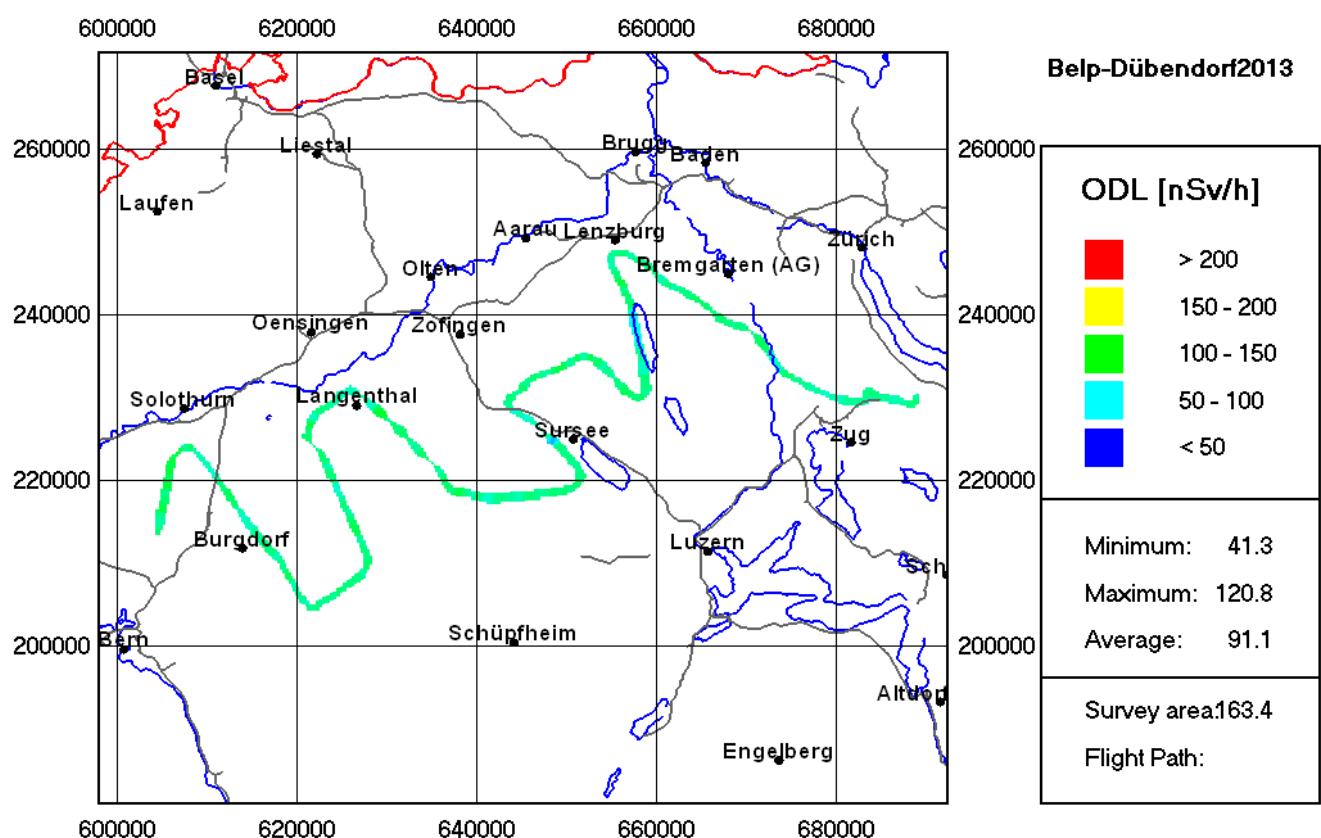


Figure 23: carte du DDA du vol Berne-Dübendorf

## Carte du potassium (K-40)

On peut expliquer les valeurs de DDA élevées par la présence de radionucléides naturels (K-40, Th-232, U-238). La carte du potassium est en corrélation avec la carte du DDA.

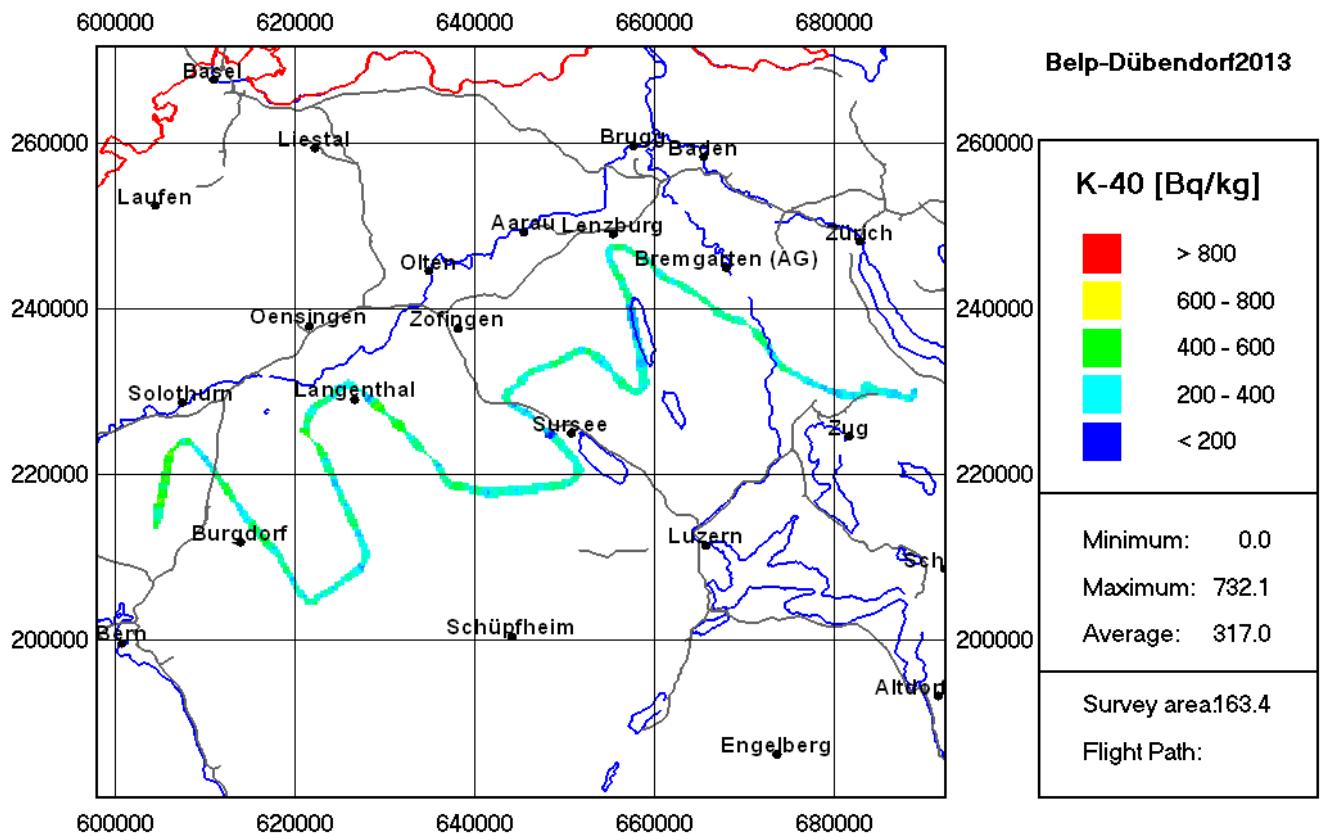


Figure 24: carte du K-40 du vol Berne-Dübendorf

### **3.6. Enseignements tirés de l'exercice d'aéroradiométrie 13**

Les objectifs fixés pour la semaine d'exercice d'aéroradiométrie 2013 ont été pleinement atteints. Le programme de vols a dû être adapté en raison des conditions météorologiques. Les mesures de la zone Linth-Limmern et de la ligne transversale correspondante n'ont pas pu être effectuées. A la place, un vol relevant les mesures de profil entre Berne et Dübendorf a eu lieu.

De nombreux enseignements liés aux techniques de mesure ont été tirés. Par exemple, lors de valeurs mesurées élevées, des problèmes liés au spectromètre (saturation) peuvent être évités en commençant la mesure à une plus grande altitude de vol, puis en diminuant graduellement l'altitude (au lieu de débuter la mesure à une altitude plus basse avant de monter).

En outre, le fait que les lignes de vol n'étaient pas prédéfinies a permis d'entrainer et de vérifier des procédés spéciaux. Les pilotes ont aussi bien effectué les vols en étant guidé par l'opérateur qu'en volant de manière autonome.

Différents enseignements ont été tirés. Le déplacement de l'équipe à Berne/Spiez a permis de tirer différents enseignements en ce qui concerne son travail en dehors de sa base de Dübendorf.

La documentation d'intervention a été vérifiée et actualisée. La présentation des résultats s'est toujours faite dans les deux heures qui ont suivi la fin des survols radiométriques.

Les spécialistes des mesures de la radioactivité, les techniciens et les pilotes de l'équipe d'aéroradiométrie possèdent tous un excellent niveau de formation et d'entraînement.

## **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 aéroradiométriques 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 aux alentours 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 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 gamma et ne sont généralement pas détectables.

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.