



Cristina Poretti, Franziskus Stoffel

19 juin 2026

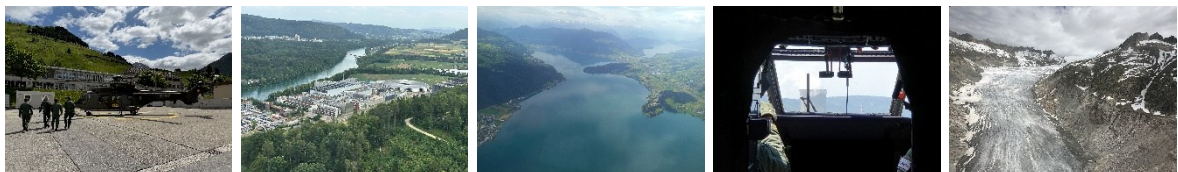
---

# Campagne de mesures aéroradiométriques 2026

du 15 au 18 juin 2026

Rapport d'exercice et résultats des mesures

---



## Table des matières

<b>1</b>	<b>Condensé</b> .....	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Exercice d'aéroradiométrie 2026</b> .....	<b>5</b>
2.1	Objectifs généraux de l'équipe d'aéroradiométrie .....	5
2.2	Vols de mesure au-dessus du massif du Saint-Gothard et de la Surselva .....	5
2.3	Vols de mesure sur le secteur Baar – Wädenswil – Einsiedeln .....	5
2.4	Vols de mesure aux alentours des centrales nucléaires suisses .....	6
2.5	Vols de mesure à des fins d'acquisition d'expérience technique .....	6
2.6	Information de la population, des médias et des autorités.....	6
2.7	Rapport scientifique .....	7
2.8	Organisations partenaires participantes.....	7
<b>3</b>	<b>Résultats des mesures</b> .....	<b>8</b>
3.1	Massif du Saint-Gothard et Surselva .....	8
3.2	Zone de mesure Baar – Wädenswil – Einsiedeln.....	17
3.3	Programme de mesures standard aux alentours des centrales nucléaires de Leibstadt et Beznau, de l'Institut Paul Scherrer et du ZWILAG .....	19
3.4	Vols de mesure dans les secteurs Mandach/Rotbergegg (AG)et Berg/Schwaderloh (TG).....	24
3.5	Vol d'intérêt technique au-dessus du mont Chrüz dans le Prättigau (GR).....	28
<b>4</b>	<b>Bilan</b> .....	<b>32</b>
<b>Annexe A :</b>	<b>Généralités</b> .....	<b>34</b>

## 1 Condensé

Après les campagnes de mesures de 2024 et 2025, qui comportaient des exercices internationaux en République tchèque et en Suisse, celle de 2026 s'est limitée au cadre national et à l'application des procédures habituelles.

Le lundi, des vols ont eu lieu au-dessus du massif du Saint-Gothard et de la Surselva. Certains secteurs dans lesquels des mesures avaient été réalisées à la fin des années 1980 ont fait l'objet de nouveaux relevés à des fins de comparaison, principalement sur le plan qualitatif.

Depuis plusieurs années, la CENAL effectue des vols de mesure au-dessus de villes, de zones densément peuplées et aux alentours d'infrastructures critiques. Le mardi, c'est la région située au sud du lac de Zurich qui a été survolée, du hameau de Sihlbrugg au lac de Sihl en passant par les villes de Wädenswil (ZH), Einsiedeln (SZ) et Baar (ZG). Le même jour, un vol ascendant a eu lieu au-dessus du lac de Zoug afin de déterminer les contributions du rayonnement cosmique et du rayonnement de fond de l'hélicoptère au débit de dose ambiant (DDA) mesuré.

Le programme de mesure standard, mené tous les deux ans aux abords des centrales nucléaires de Beznau (CNB) et de Leibstadt (CNL), où se trouvent également l'Institut Paul Scherrer (PSI) et le centre de stockage intermédiaire des déchets radioactifs (ZWILAG), a été réalisé le mercredi. Ce programme comprenait également une zone située sur le territoire allemand qui n'avait pas pu être survolée en 2024 en raison de mauvaises conditions météorologiques. Dans ce même secteur, où se trouve une anomalie connue due au thorium, près de Rotbergeg (AG), un vol de mesure supplémentaire a été effectué dans l'après-midi afin de valider la correction d'altitude. De plus, une nouvelle ligne de référence a été mesurée entre cet endroit et le PSI.

Le jeudi matin, une mesure comparative a été effectuée sur le mont Chrüz, dans le Prättigau (GR). Cette zone avait déjà fait l'objet d'un survol en 2023 dans le cadre d'une stratégie de mesure alternative. La campagne s'est finalement achevée l'après-midi par un nouveau vol de mesure visant à valider une correction d'altitude, cette fois-ci entre Schwaderloh (TG) et la commune de Berg (TG).

### **Principaux résultats de l'exercice d'aéroradiométrie (ARM) 2026 :**

1. Des cartes de mesures radiologiques ont pu être établies pour toutes les régions survolées. Aucune valeur inhabituelle n'a été constatée.
2. Les mesures de contrôle ont pu être effectuées en collaboration avec l'Inspection fédérale de la sécurité nucléaire (IFSN) aux environs des centrales nucléaires de Beznau et de Leibstadt ainsi que du PSI. Aucune valeur accrue par rapport à la radioactivité naturelle du sous-sol n'a été relevée en dehors des sites d'exploitation. Aucun changement n'a été observé par rapport aux résultats des mesures des années précédentes.
3. Le survol du secteur Baar – Wädenswil – Einsiedeln a permis de relever des valeurs de référence et de combler une autre lacune dans les zones urbaines.
4. Les vols de mesure effectués au-dessus du massif du Saint-Gothard et de la Surselva ont confirmé les valeurs relevées à la fin des années 1980 et au début des années 1990. Les variations naturelles des concentrations de radionucléides correspondent tout à fait aux anciennes valeurs. En outre, on a détecté dans le val Bedretto (TI) des traces de  $^{137}\text{Cs}$  qui remontent à la catastrophe de Tchernobyl en 1986. Ce fait confirme les attentes, à savoir que 40 % environ de ce radionucléide soit encore présent sur place.

5. Les mesures de cette année dans le secteur du Chrüz (GR) ont montré une bonne concordance et comparabilité des résultats obtenus avec les deux méthodes. Une possibilité d'optimisation consiste à voler principalement le long des courbes de niveau et à prévoir des lignes de mesure supplémentaires dans les zones où l'espacement entre les courbes de niveau est supérieur à 250 m.
6. Les vols de validation effectués à altitude constante confirment l'efficacité de la correction d'altitude jusqu'à 200 m au-dessus du sol. Entre 200 et 300 m, la précision de la quantification diminue progressivement. À partir d'environ 300 m au-dessus du sol, le signal est trop faible pour que la correction d'altitude puisse compenser de manière fiable son affaiblissement.
7. Les spécialistes des mesures, les techniciens et les pilotes de l'équipe d'aéroradiométrie bénéficient d'un excellent niveau de formation et de pratique.

## 2 Exercice d'aéroradiométrie 2026

Les vols de mesure de cette année ont eu lieu du 15 au 18 juin au départ de l'aérodrome de Dübendorf.

### 2.1 Objectifs généraux de l'équipe d'aéroradiométrie

La semaine de mesure poursuivait les objectifs suivants :

- installation et disponibilité opérationnelle de l'équipement de mesure dans les délais impartis ;
- mise en pratique des connaissances requises pour un engagement :
  - préparation d'un engagement,
  - utilisation des appareils pendant l'engagement,
  - évaluation et interprétation des résultats pendant et après le vol,
  - entraînement des pilotes aux vols aéroradiométriques ;
- 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 dans les deux heures suivant le vol ;
- perfectionnement et renforcement des connaissances pour l'exploitation du système ARM de la CENAL ;
- vérification et mise à jour de la documentation d'intervention.

### 2.2 Vols de mesure au-dessus du massif du Saint-Gothard et de la Surselva

De nombreux vols de mesure ont eu lieu dans cette région entre 1986 et 1991 à la demande de la Commission suisse de géophysique. Des valeurs de radioactivité naturelle élevées (thorium et uranium) avaient été constatées localement. Les vols de cette année visaient à effectuer de nouveaux relevés afin de comparer qualitativement les résultats avec ceux des mesures historiques. La topographie et l'altitude (jusqu'à 3000 m) représentaient en outre une difficulté technique particulière pour le Super Puma et son équipage.

Il fallait également rechercher des traces de  $^{137}\text{Cs}$  dans le val Bedretto, au sud du massif du Saint-Gothard. Lors de la catastrophe nucléaire de Tchernobyl, en 1986, des radionucléides ont été libérés et une partie a été entraînée vers l'Europe centrale, causant des contaminations au  $^{137}\text{Cs}$  au sud des Alpes et dans la région du Saint-Gothard.

Pour cette raison, deux vols au-dessus d'une zone d'environ 500 km<sup>2</sup>, dans la région du Saint-Gothard et de la Surselva, ont été effectués le lundi afin de vérifier si les concentrations de  $^{137}\text{Cs}$  ont évolué après 40 ans, compte tenu d'une demi-vie de 30 ans, et si les techniques modernes permettent de détecter des changements dans la qualité des mesures.

### 2.3 Vols de mesure sur le secteur Baar – Wädenswil – Einsiedeln

Afin de compléter les données de référence dans les environs de la centrale nucléaire de Beznau, dans les zones densément peuplées et à proximité d'infrastructures critiques, un survol a été effectué mardi au-dessus d'une surface d'environ 200 km<sup>2</sup> qui n'avait pas encore été mesurée, située au sud du lac de Zurich et englobant des quartiers de Baar (ZG), Wädenswil (ZH) et Einsiedeln (SZ), ainsi que la plus grande partie du lac de Sihl. Dans l'après-midi, un vol ascendant a encore été effectué au-dessus du lac de Zoug afin de déterminer les

contributions du rayonnement cosmique et du rayonnement de fond de l'hélicoptère au DDA mesuré.

## **2.4 Vols de mesure aux alentours des centrales nucléaires suisses**

Les centrales nucléaires suisses font l'objet de mesures aéroradiométriques bisannuelles sur mandat de l'IFSN. Cette année, les vols de mesure ont été effectués au-dessus des centrales de Leibstadt et Beznau ainsi qu'au-dessus du PSI et du ZWILAG. En 2024, il avait fallu réduire ce vol de contrôle au minimum en raison de conditions météorologiques défavorables. Pour cette raison, la partie située en territoire allemand n'avait pas été survolée. Ce volet du programme a été effectué cette année.

## **2.5 Vols de mesure à des fins d'acquisition d'expérience technique**

L'après-midi du mercredi et la journée du jeudi ont été consacrés à l'acquisition d'expérience avec le système de mesure. Un vol de mesure a été effectué au-dessus du mont Chrüz, dans le canton des Grisons. En 2023, cette montagne avait été mesurée selon un schéma de vol modifié, suivant les courbes de niveau topographiques. Cela s'était traduit par un vol très sinueux et des espacements variables entre les lignes de vol. En revanche, aucun mouvement vertical important n'avait été nécessaire pour maintenir l'altitude de vol (distance par rapport au sol). Dans le cadre de la campagne de mesure actuelle, la même zone a été survolée une nouvelle fois selon la méthode standard, avec des lignes de vol parallèles, afin de pouvoir détecter d'éventuels écarts dans les valeurs mesurées avec le schéma de vol alternatif.

Les deux petites zones de mesure situées au nord de la commune de Berg (TG) et au-dessus de l'anomalie de thorium bien connue de Rotbergeg, près de Mandach (AG), ont fait l'objet de trois survols : deux à une altitude constante de 90 mètres au-dessus du sol et un à une altitude constante au-dessus du niveau de la mer. L'objectif est d'évaluer l'efficacité de la correction pour les altitudes dynamiques au-dessus du sol, qui varient en fonction de la topographie. Ces vols ont été complétés par un trajet rectiligne de 6666 m de long, orienté est-ouest, entre les communes de Gansingen (AG) et de Würenlingen (AG), qui a été parcouru à plusieurs reprises à une hauteur constante de 90 m au-dessus du sol. L'objectif est de définir une ligne de référence en Suisse, qui servira de base à la comparaison de différents systèmes de mesure (hélicoptères, véhicules, équipes de mesure) et à l'assurance qualité des résultats de mesure.

## **2.6 Information de la population, des médias et des autorités**

### **2.6.1 Vols de mesure**

En raison des nuisances sonores émises par les hélicoptères de radiométrie, il a été jugé indispensable d'informer largement le public au préalable. Les autorités des communes survolées et les polices cantonales concernées ont toutes été averties par écrit des vols prévus et invitées à renvoyer à la CENAL les éventuelles questions de la population.

Le 8 mai 2026, les vols de mesure ont été annoncés par un communiqué de presse. Les partenaires et les autorités avaient déjà été avisés.

Pendant la semaine de mesure, des informations ont été diffusées quotidiennement sur les canaux [Alertswiss](#) de l'OFPP et sur les réseaux sociaux. Le plan de vol a en outre été publié sur le site Internet de la CENAL.

Plusieurs demandes des autorités, des médias et de la population ont été traitées avant et pendant la semaine de mesure.

## 2.7 Rapport scientifique

Le PSI devrait publier d'ici à la fin de l'année un rapport scientifique détaillé.

## 2.8 Organisations partenaires participantes

Les organisations suivantes ont été impliquées dans la préparation et la réalisation du programme de mesures standard autour des installations nucléaires suisses de Beznau et Leibstadt et au-dessus du PSI et du ZWILAG :

- Centrale nationale d'alarme (CENAL) et EM CF CENAL
- Forces aériennes suisses (FA)
- Institut Paul Scherrer (PSI)
- Centre de compétences NBC-DEMUNEX
- Inspection fédérale de la sécurité nucléaire (IFSN)
- Autorités de surveillance : Office fédéral de la santé publique (OFSP) et Suva
- Armée : place d'armes d'Andermatt
- Polices cantonales et coordinateurs NBC des cantons AG, GR, SZ, TG, TI, UR, VS, ZG et ZH

La CENAL et l'équipe d'aéroradiométrie remercient tous les participants pour leur collaboration aussi fructueuse qu'amicale.



### 3 Résultats des mesures

#### 3.1 Massif du Saint-Gothard et Surselva

Dans la région du Saint-Gothard et de la Surselva, de nombreux vols de mesure ont été effectués entre 1986 et 1991 à la demande de la Commission suisse de géophysique. Ces mesures ont permis de constater localement des niveaux de radioactivité naturelle plus élevés pour le thorium (fig. 11) et l'uranium. Dans le cadre de la campagne ARM actuelle, des vols de mesure ont été effectués lundi dans la zone située entre Andermatt, le Grimsel et le Val Bedretto, ainsi que dans la Surselva, afin de comparer qualitativement ces résultats avec les mesures historiques et, le cas échéant, de détecter des traces de  $^{137}\text{Cs}$  provenant de la catastrophe nucléaire de Tchernobyl en 1986.

##### 3.1.1 Massif du Saint-Gothard : informations sur le vol

Date / heure :	15.06.2026, 09 h 06 – 11 h 06	Durée du vol :	2 h 00 min
Lignes de vol :	manuelles, ad hoc	Zone survolée :	135 km <sup>2</sup>
Hauteur :	60 – 600 m		

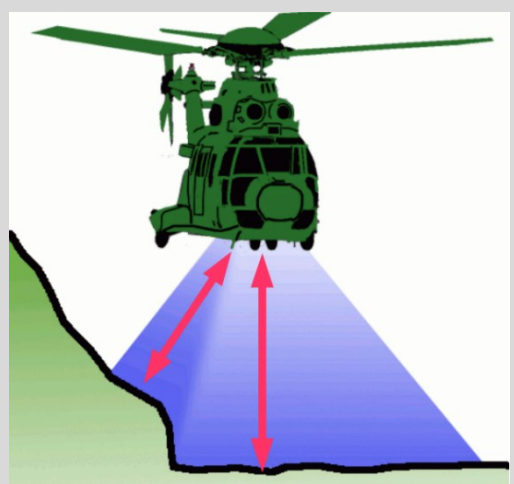
##### 3.1.2 Massif du Saint-Gothard : débit de dose ambiant et concentrations spécifiques de radionucléides naturels

La carte du DDA à la figure 1 présente des valeurs deux fois plus élevées que celles typiquement mesurées sur le Plateau suisse (env. 100 nSv/h). Cela s'explique par la présence de concentrations accrues, d'origine naturelle, d'uranium, de thorium et de potassium (fig. 2 et 3) dans les roches alpines.

Les variations observées dans la zone de mesure s'expliquent par l'influence de la géologie, des cours d'eau, des champs de neige et des glaciers, ainsi que par la végétation. La topographie influe également sur les mesures, car la distance entre le détecteur et le sol varie en fonction de la pente. Enfin, les valeurs de DDA sont également influencées par le rayonnement cosmique, qui dépend de l'altitude de vol.

##### Explication : effet topographique

En montagne, les pentes ont une influence sur le signal de mesure, car les flancs escarpés sont plus proches de l'appareil de mesure que le fond de la vallée. Cela peut entraîner des erreurs d'interprétation de la part du logiciel d'analyse, qui surestime les valeurs calculées pour le débit de dose ambiant et les concentrations de radionucléides.



Le spectre d'énergie des mesures effectuées dans le secteur Haute vallée de Geren / Pizzo Rotondo présenté à la figure 4 montre que la radioactivité mesurée est d'origine naturelle.

### Gotthardmassiv

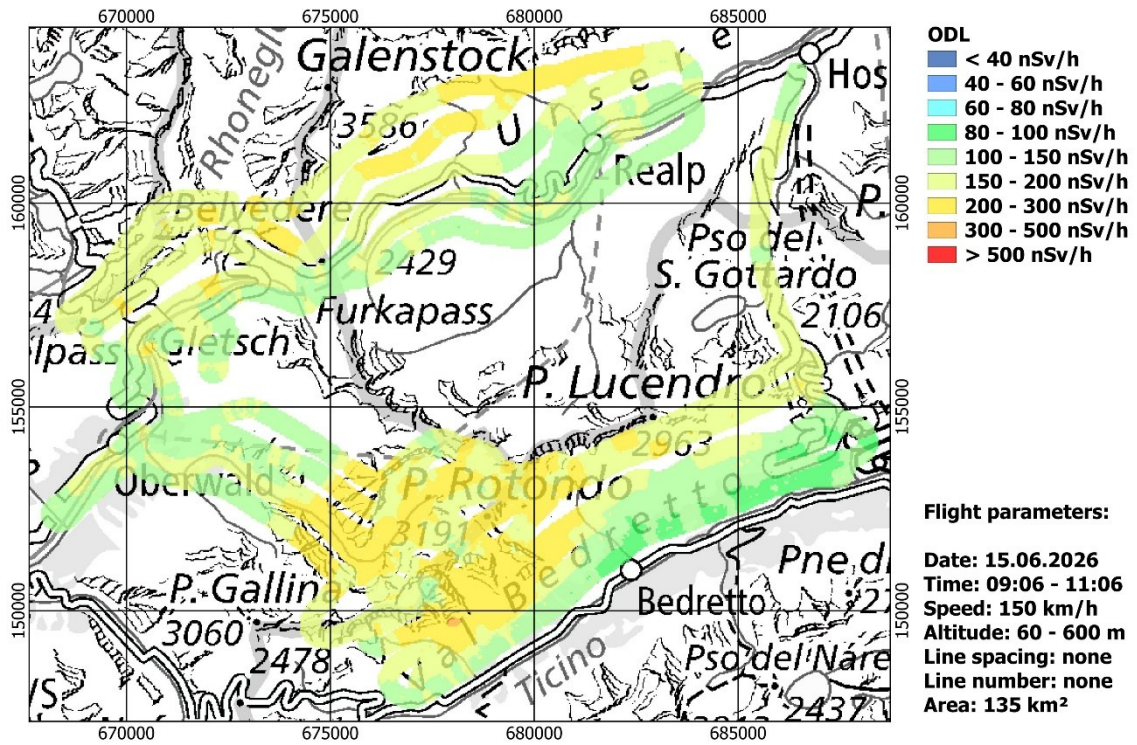


Figure 1 : Carte du DDA du massif du Saint-Gothard

### Gotthardmassiv

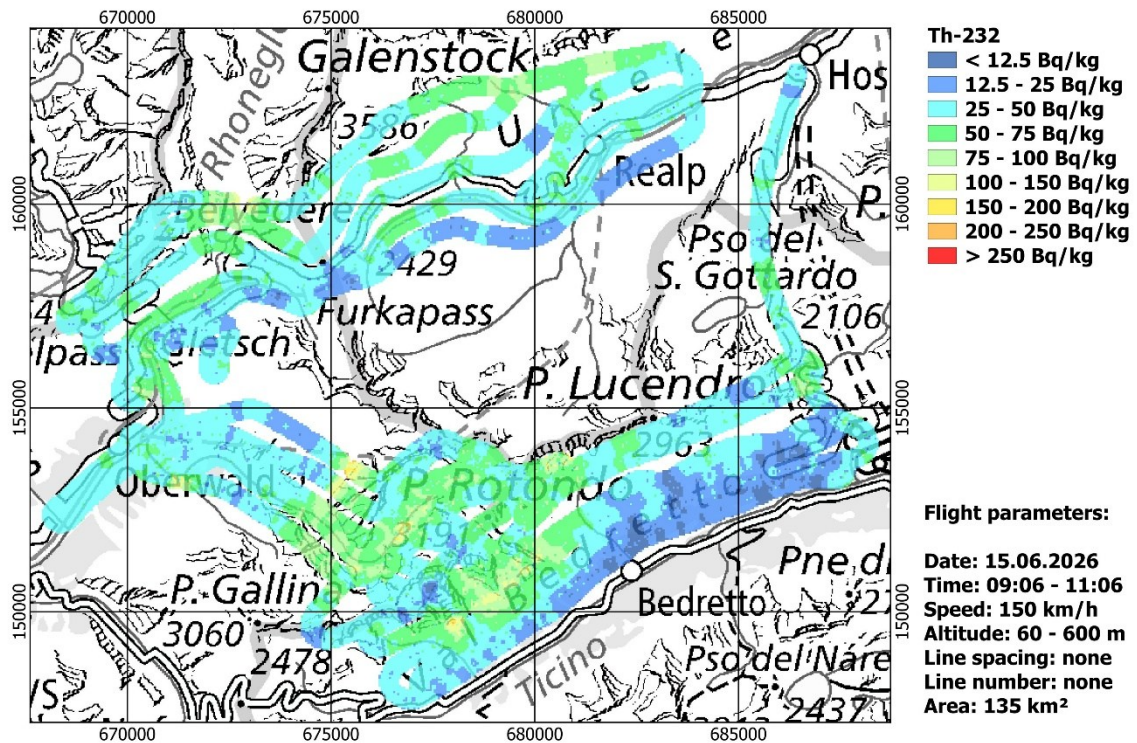


Figure 2 : Carte du <sup>232</sup>Th du massif du Saint-Gothard

### Gotthardmassiv

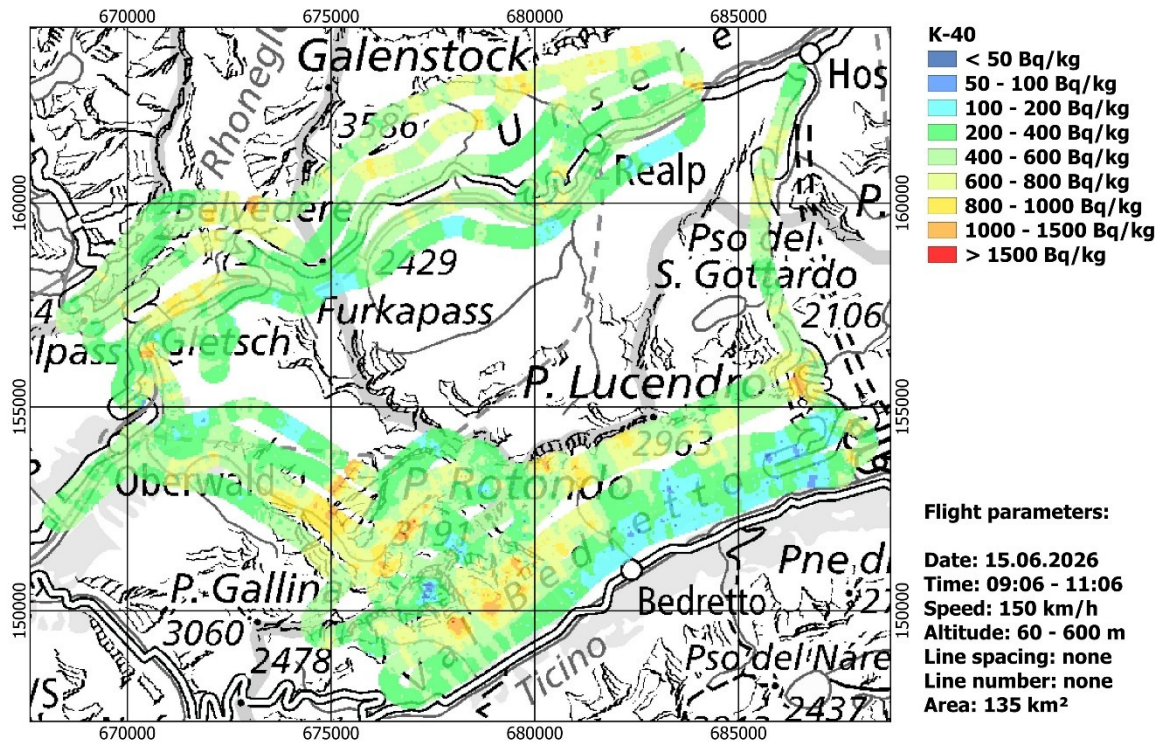


Figure 3 : Carte du <sup>40</sup>K du massif du Saint-Gothard

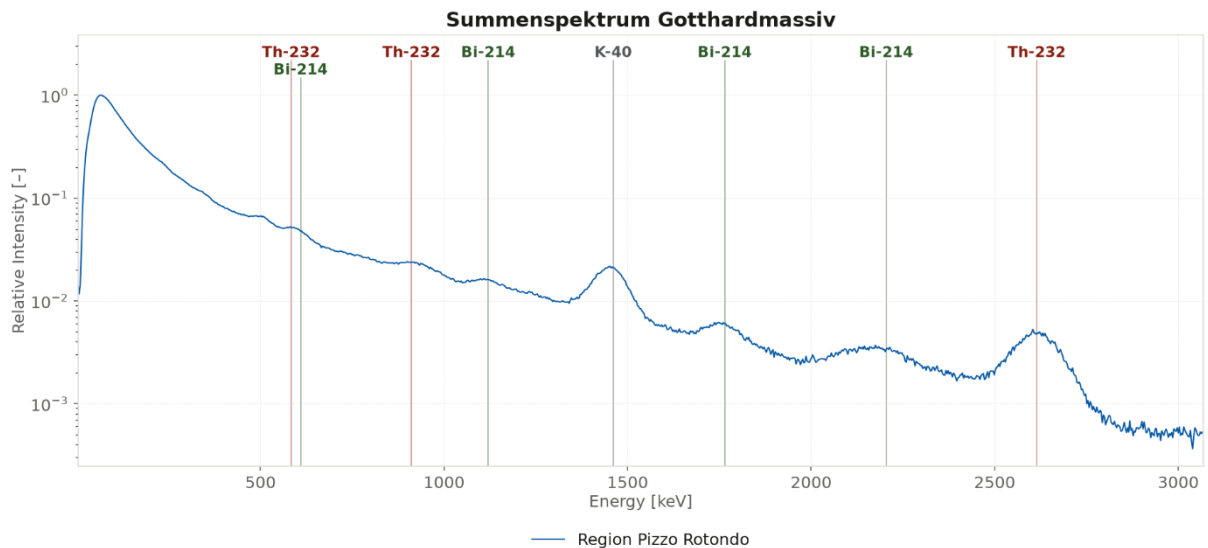


Figure 4 : Spectre d'énergie des mesures effectuées dans le secteur Haute vallée de Geren / Pizzo Rotondo. Le <sup>214</sup>Bi est un produit de désintégration à courte durée de vie de l'uranium 238.

### 3.1.3 Massif du Saint-Gothard : le rapport MMGC ou la recherche de radionucléides artificiels

La carte de la figure 5 représente le rapport entre la composante à faible énergie et la composante à haute énergie du spectre de rayonnement. Les radio-isotopes artificiels émettant généralement un rayonnement  $\gamma$  de faible énergie, ce rapport correspond approximativement à celui qui existe entre le rayonnement artificiel et le rayonnement naturel. Il est désigné sous le nom de « Man made gross count (MMGC) ». Sur la zone de mesure, un rapport MMGC accru a été constaté principalement dans la partie nord-est du Val Bedretto, ce qui indique la présence de radionucléides artificiels. L'analyse du spectre d'énergie (fig. 6) montre, par rapport à un spectre de référence dépourvu de radionucléides artificiels, la présence de  $^{137}\text{Cs}$  dans cette zone. Celui-ci provient de la catastrophe de Tchernobyl de 1986, mentionnée en introduction.

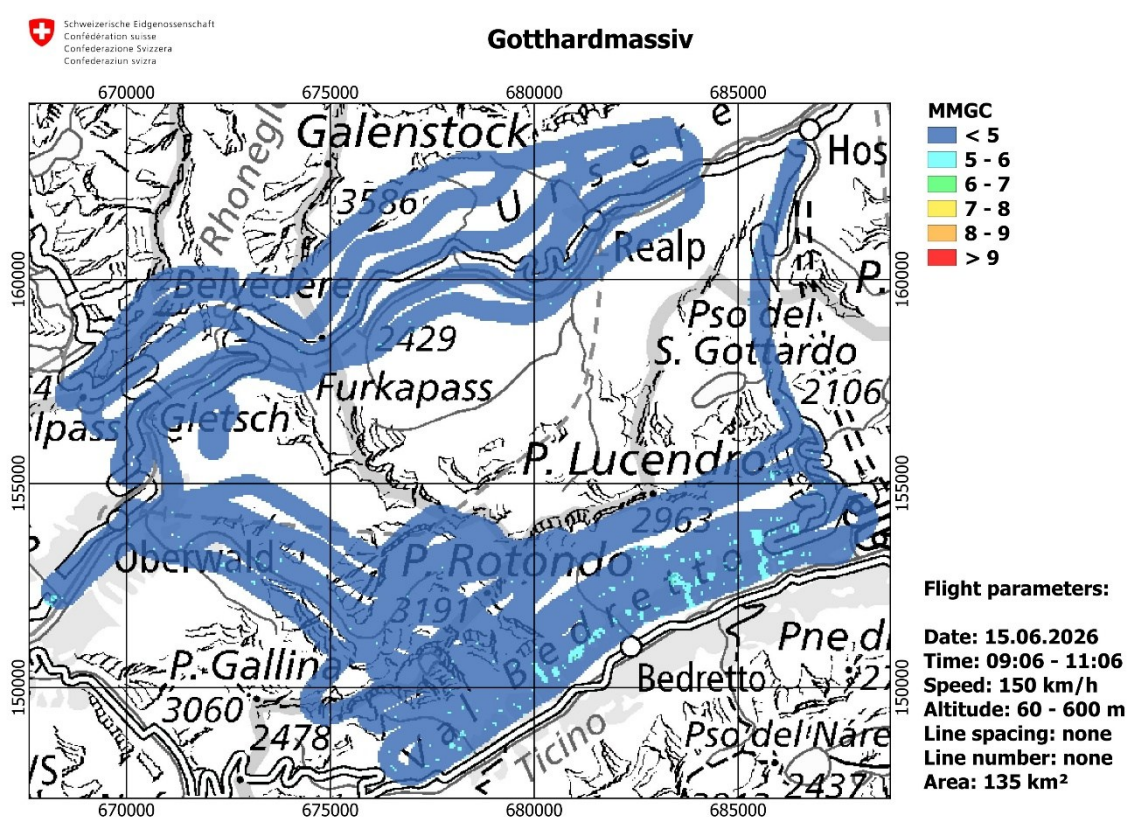


Figure 5 : Carte MMGC du massif du Saint-Gothard

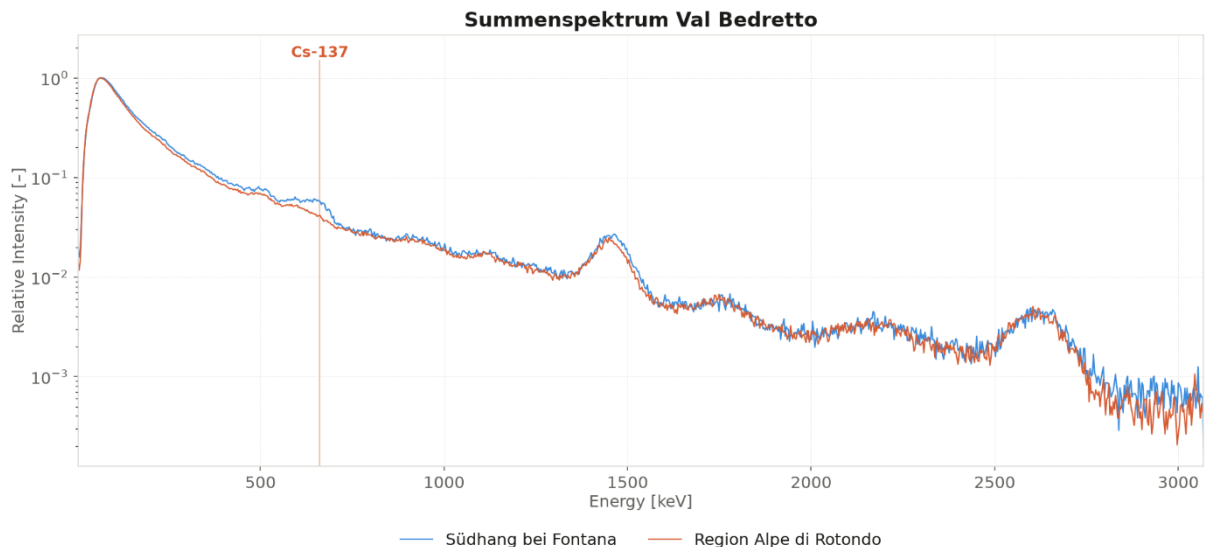


Figure 6 : Spectre d'énergie des mesures effectuées au nord-est du val Bedretto (ligne bleue), avec un pic de  $^{137}\text{Cs}$  légèrement plus élevé à 661 keV. La ligne rouge représente, à titre de comparaison, le spectre d'énergie d'une zone voisine peu touchée.

### 3.1.4 Surselva : informations sur le vol

Date / heure :	15.06.2026, 13 h 08 – 15 h 01	Durée du vol :	1 h 53 min
Lignes de vol :	manuelles, ad hoc	Zone survolée :	340 km <sup>2</sup>
Hauteur :	60 – 600 m		

### 3.1.5 Surselva : débit de dose ambiant et concentrations spécifiques de radionucléides naturels

La carte du DDA de la figure 7 montre, là encore, des valeurs plus élevées que celles habituellement observées sur le Plateau suisse. Dans cette région également, cela s'explique par les concentrations élevées et d'origine naturelle d'uranium, de thorium et de potassium (fig. 8 et 9) présentes dans les roches alpines, ainsi que, dans une certaine mesure, par l'influence de la topographie. De plus, comme déjà indiqué, des valeurs de DDA élevées peuvent également provenir de l'altitude de vol (rayonnement cosmique).

L'interruption de la mesure au niveau du Lag da Pigniu est due aux caractéristiques du terrain. À l'extrémité nord du lac se trouve une grande paroi rocheuse qui, lors du survol, a entraîné une augmentation instantanée et significative de l'altitude par rapport au sol. Les valeurs mesurées à cet endroit n'ont pas pu être correctement corrigées en fonction de l'altitude.

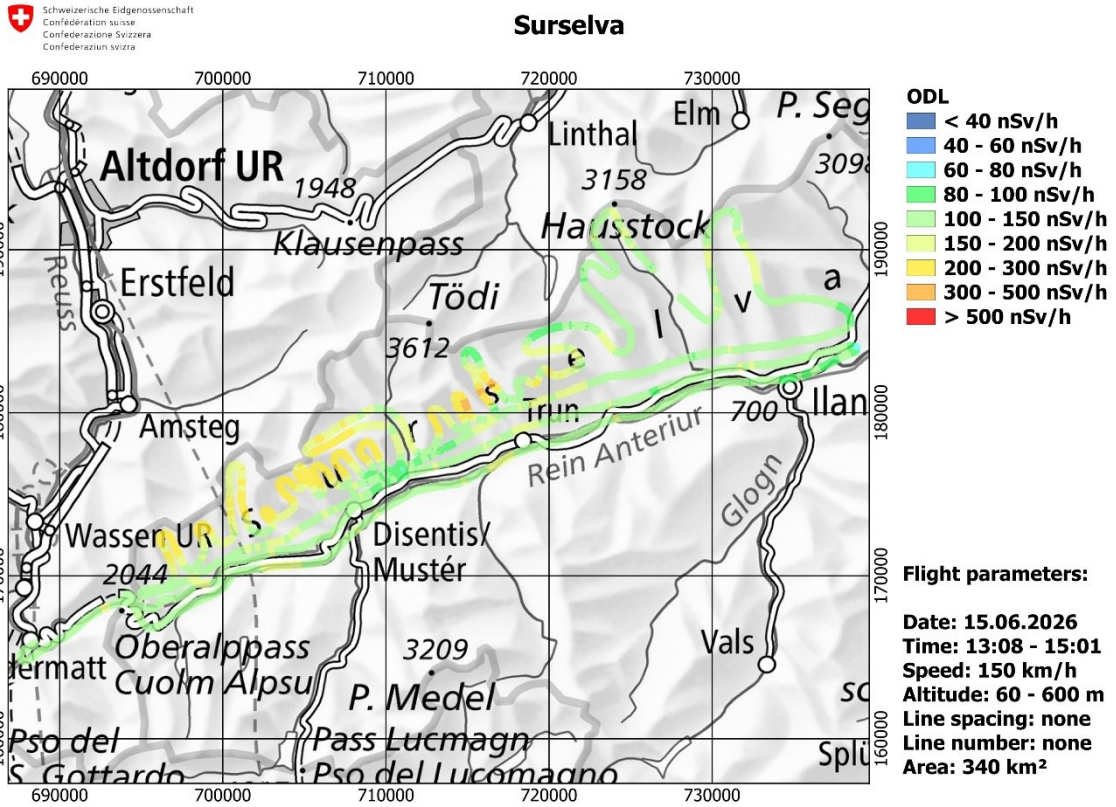


Figure 7 : Carte du DDA de la Surselva

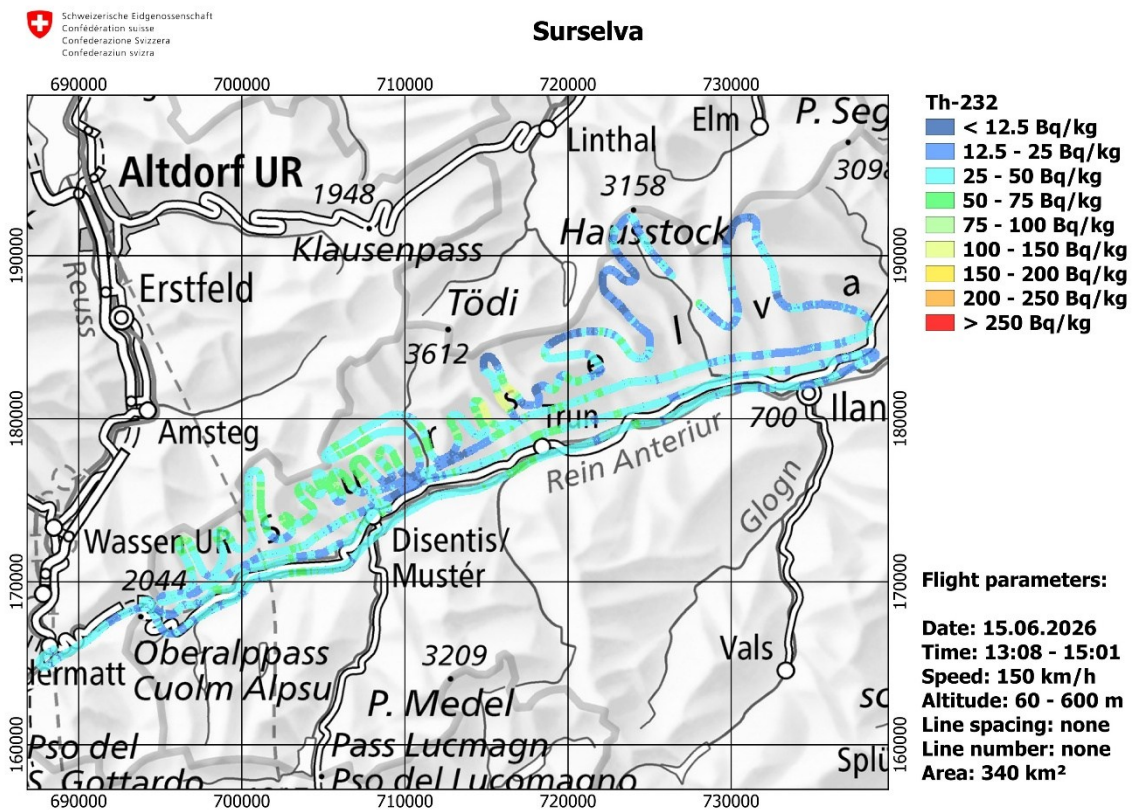


Figure 8 : Carte du <sup>232</sup>Th de la Surselva

**Surselva**

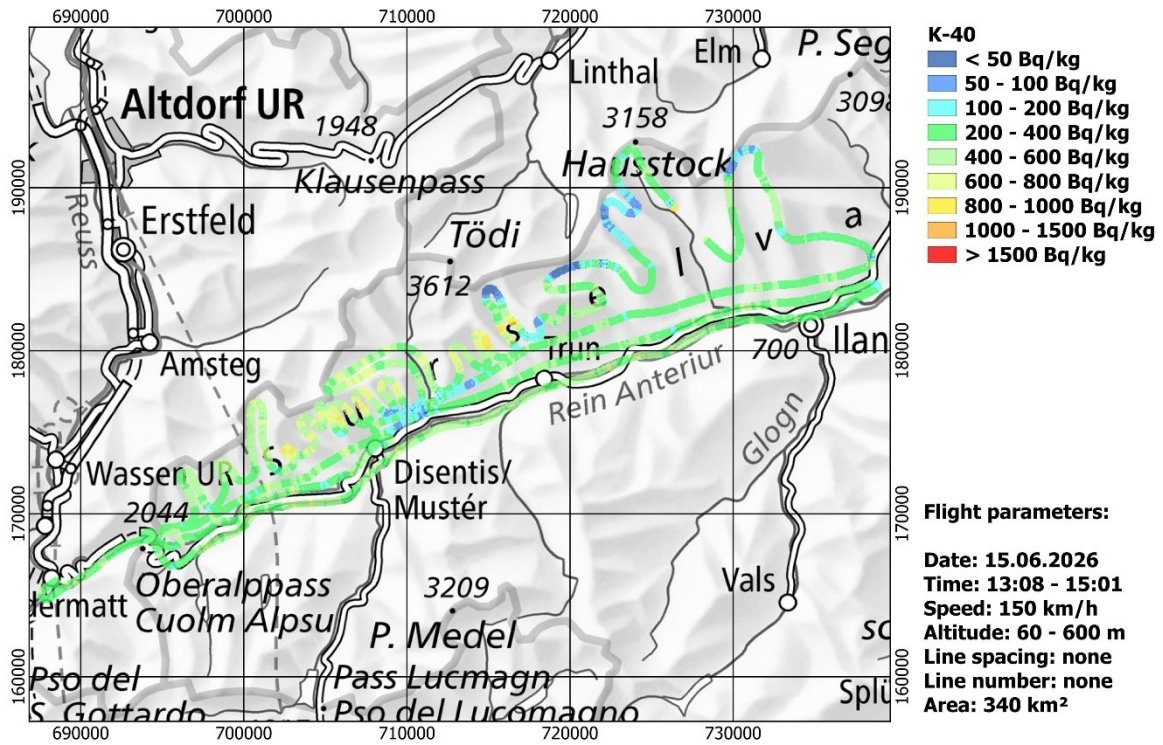


Figure 9 : Carte du <sup>40</sup>K de la Surselva

### 3.1.6 Surselva : le rapport MMGC ou la recherche de radionucléides artificiels

Comme prévu, la carte du rapport MMGC (fig. 10) ne fait apparaître aucune valeur inhabituelle dans cette zone de mesure. Les retombées radioactives dues à la catastrophe de Tchernobyl en 1986 ont été faibles dans cette région.

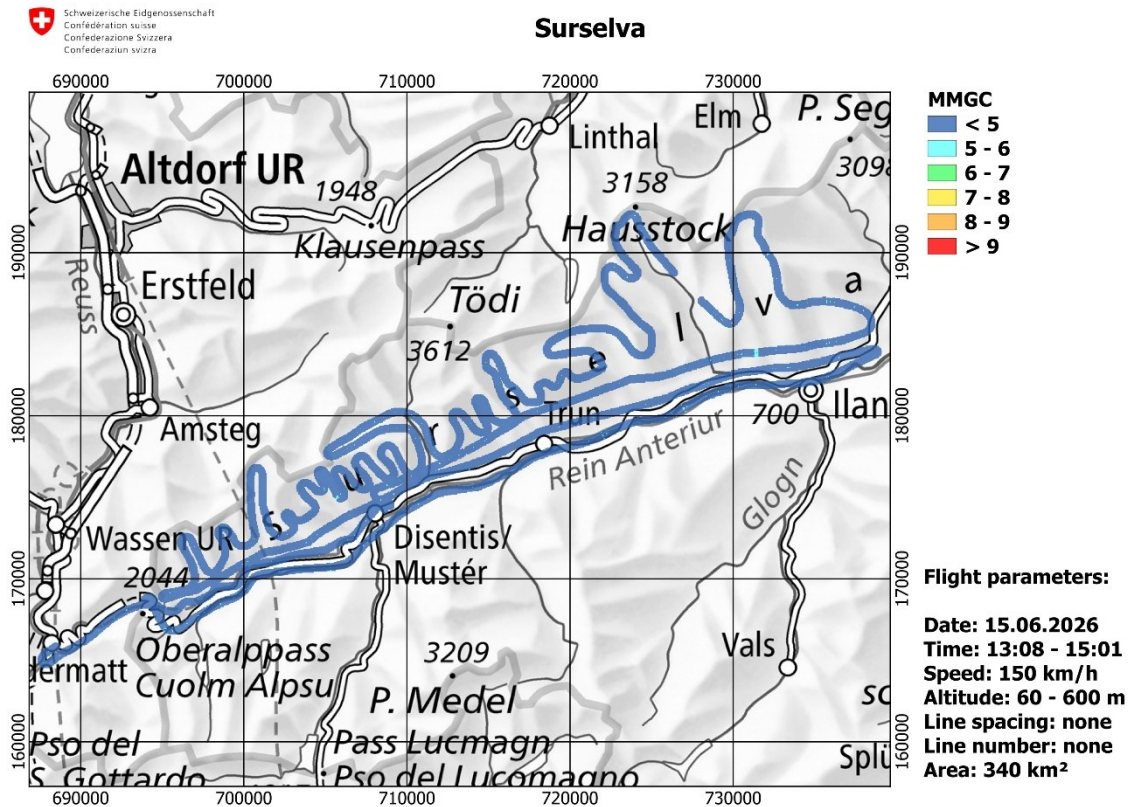


Figure 10 : Carte du rapport MMGC de la Surselva

### 3.1.7 Comparaison avec les mesures historiques de la fin des années 1980 et du début des années 1990 sur la base de la carte du thorium

La comparaison avec les résultats des mesures effectuées dans les années 1980 et 1990 a montré une nette amélioration de la résolution des mesures. Cela s'explique sans doute notamment par la meilleure qualité des données de positionnement grâce au GPS et par l'amélioration des modèles de terrain utilisés pour la correction topographique. Lors des mesures plus anciennes, le positionnement s'effectuait à l'aide de photos aériennes et d'un recoupement avec des cartes analogiques.

La figure 11 représente la carte <sup>232</sup>Th issue des campagnes de mesure précédentes et la figure 12 celle des deux mesures du 15.06.26.

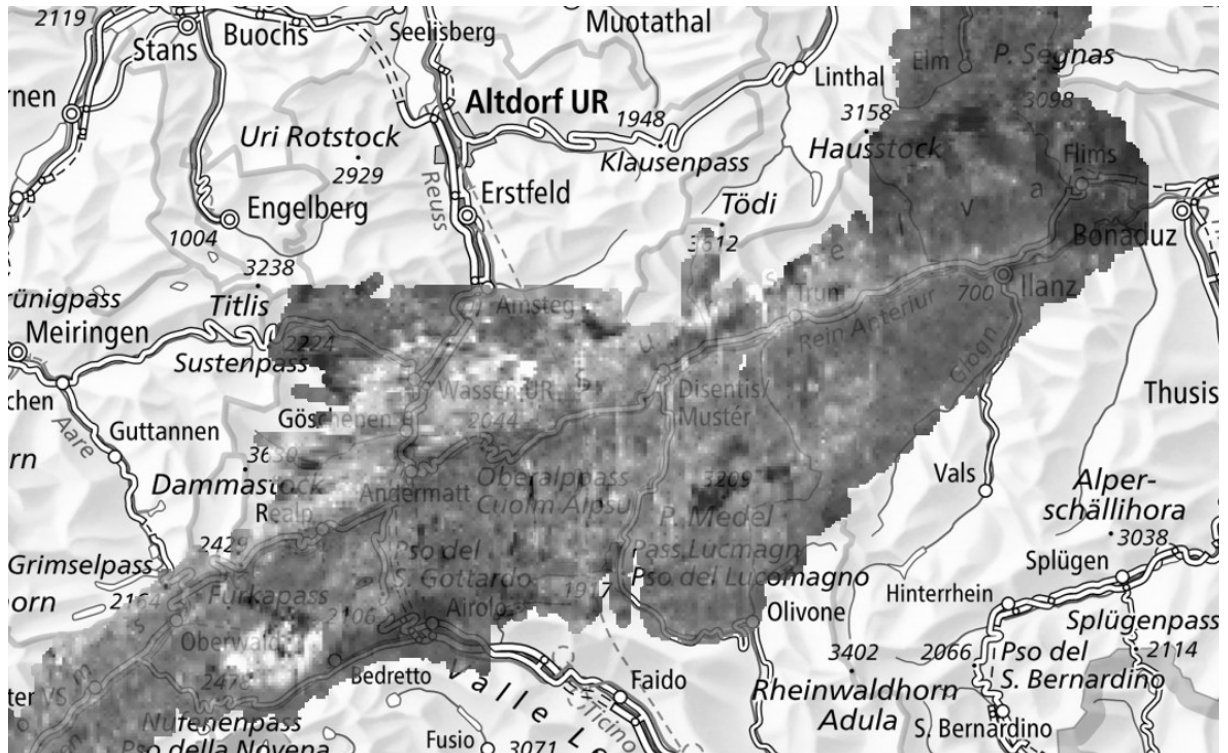


Figure 11 : Carte du  $^{232}\text{Th}$  des années 80/90 ; noir → valeurs faibles, blanc → valeurs élevées



Figure 12 : Carte du  $^{232}\text{Th}$  en 2026 ; bleu clair → valeurs faibles, jaune/orange → valeurs élevées

### 3.2 Zone de mesure Baar – Wädenswil – Einsiedeln

Depuis plusieurs années, la CENAL effectue des vols de mesure au-dessus des villes, des zones densément peuplées et des environs des infrastructures critiques. Cette année, les vols ont porté sur la zone située entre Baar (ZG), Wädenswil (ZH) et Einsiedeln (SZ).

#### 3.2.1 Baar – Wädenswil – Einsiedeln : informations sur le vol

Date / heure : 16.06.2026, 08 h 43 – 11 h 36 Durée du vol : 2 h 53 min  
Lignes de vol : 33 lignes, intervalle 250 m Zone survolée : 200 km<sup>2</sup>  
Hauteur : 90 m

#### 3.2.2 Baar – Wädenswil – Einsiedeln : résultats des mesures

La figure 13 présente la carte DDA de la zone de mesure. Les valeurs de DDA se situent dans la fourchette normale et attendue.

On constate clairement qu'un niveau de DDA plus bas a été détecté au-dessus du lac de Sihl et des zones humides situées près de Rothenthurm et d'Altbergried, car l'eau atténue en grande partie la composante terrestre du rayonnement naturel. Les autres variations observées sont dues à l'influence de la géologie, de la topographie et de la végétation.

Comme prévu, les concentrations de <sup>40</sup>K observées (fig. 14) correspondent bien aux valeurs de DDA.

Les cartes de contamination du thorium 232 et de l'uranium 238, ainsi que la carte MMGC, ne présentent aucune anomalie inexpliquée et ne sont donc pas reproduites dans le présent rapport.

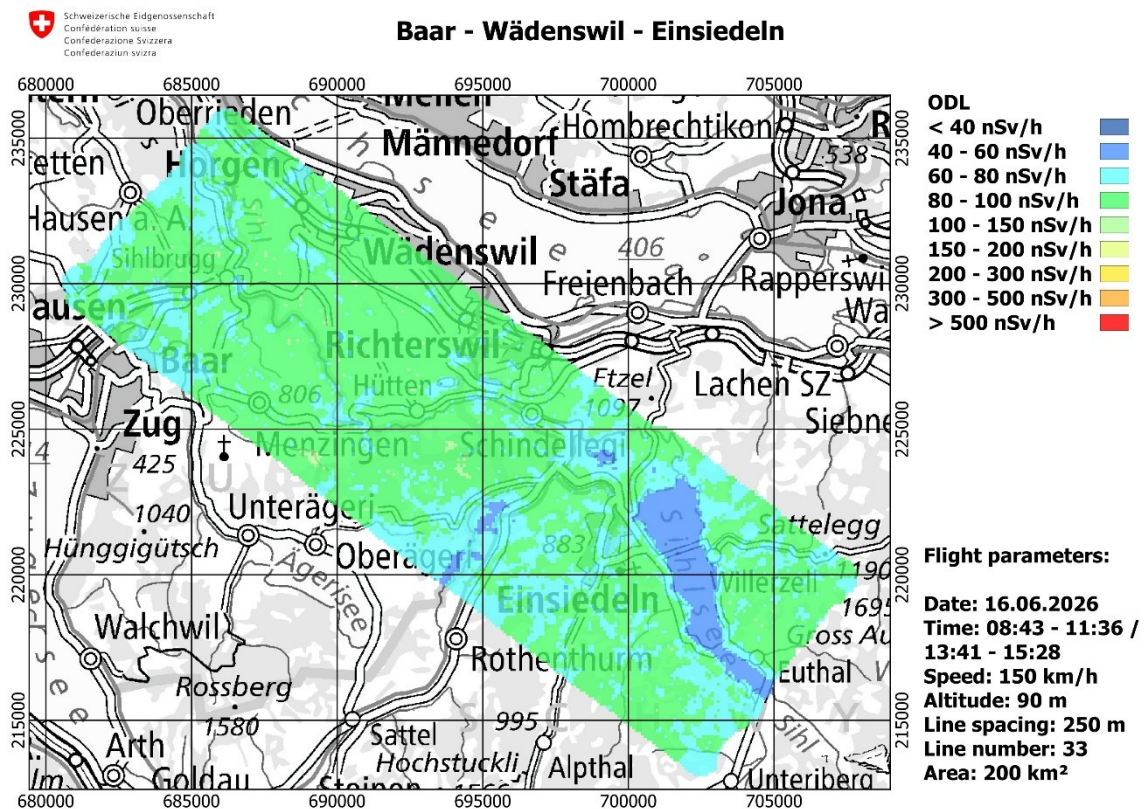


Figure 13 : Carte du DDA de la zone Baar – Wädenswil – Einsiedeln

### Baar - Wädenswil - Einsiedeln

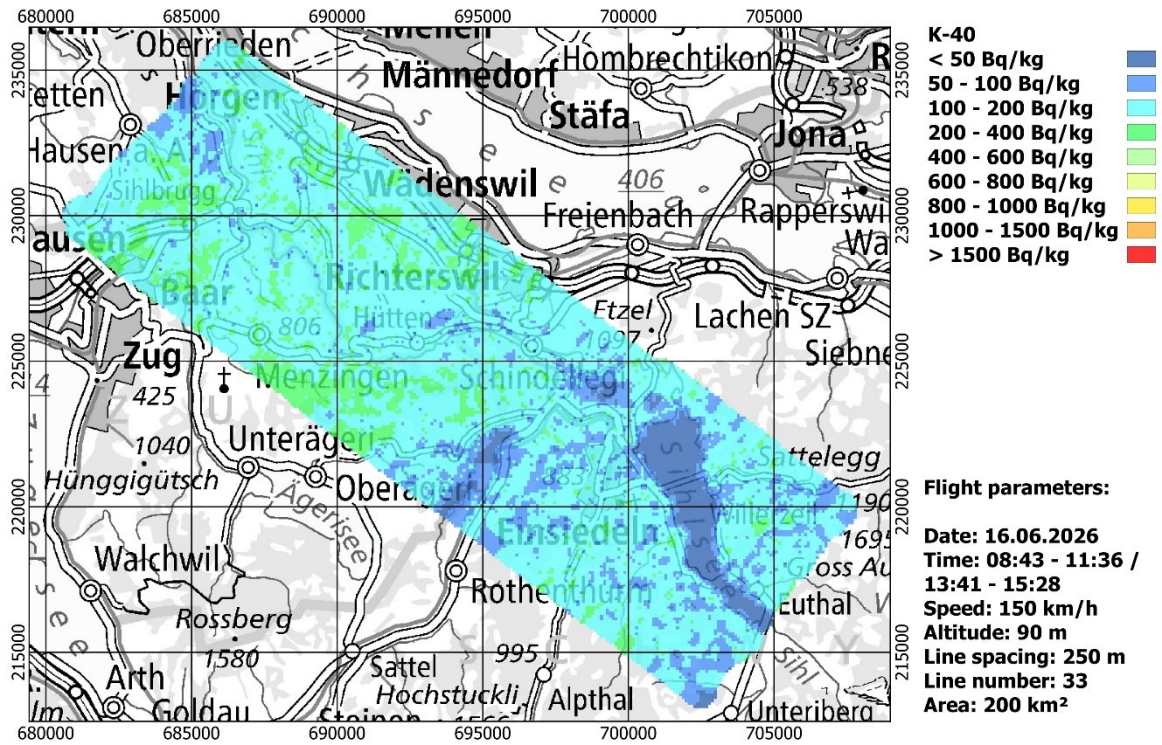


Figure 14 : Carte du <sup>40</sup>K de la zone Baar – Wädenswil – Einsiedeln

### 3.3 Programme de mesures standard aux alentours des centrales nucléaires de Leibstadt et Beznau, de l'Institut Paul Scherrer et du ZWILAG

Conformément au calendrier prévu, les environs des centrales nucléaires de Leibstadt (CNL) et de Beznau (CNB), ainsi que les installations nucléaires de l'Institut Paul Scherrer (PSI) et du ZWILAG, ont fait l'objet cette année de mesures aëroradiométriques. Depuis 2018, cette zone de mesure a été progressivement élargie et englobe désormais également une bande frontalière située sur le territoire allemand, qui fait l'objet de mesures pour le compte de la Commission germano-suisse pour la sécurité des installations nucléaires (DSK), ainsi que la zone du côté suisse jusqu'à la frontière nationale près de Koblenz (AG), Rietheim (AG) et Rekingen (AG).

La CNL et les deux réacteurs de la CNB étaient en service, ce qui n'était pas le cas de l'installation HIPA (*High Intensity Proton Accelerator*) du PSI, raison pour laquelle aucun résultat anormal n'était attendu sur ce site.

#### 3.3.1 CNL, CNB, PSI und ZWILAG : Angaben Messflüge

Date / heure :	17.06.2026, 08 h 43 – 11 h 15	Durée du vol : 2 h 32 min
	17.06.2026, 13 h 42 – 14 h 33	Durée du vol : 51 min
Lignes de vol :	55 lignes, intervalle 250 m	Zone survolée : 165 km <sup>2</sup>
Hauteur :	90 m	

#### 3.3.2 CNL, CNB, PSI et ZWILAG : débit de dose ambiant

##### À l'extérieur du site d'exploitation des installations nucléaires :

La carte du DDA présentée à la figure 15 ne fait apparaître aucune anomalie en dehors des installations nucléaires (CNL, CNB, ZWILAG et PSI). Les variations observées dans la zone de mesure s'expliquent par l'influence de la géologie, de la topographie, des cours d'eau et de la végétation.

Aux alentours de Mandach, on observe une anomalie naturelle de thorium bien connue. La concentration en thorium dans le sol y est supérieure à la moyenne suisse. La contribution du rayonnement issu de ce thorium au DDA est très faible. Les nuances de couleur utilisées ne la rendent pas perceptible sur la carte (fig. 15). D'autres résultats d'analyse sont présentés aux points 3.3.4 et 3.4.2.

##### À l'intérieur du site d'exploitation des installations nucléaires :

La CNL est clairement identifiable sur la carte. On peut s'attendre à une augmentation du DDA directement au-dessus de la centrale, car dans les réacteurs à eau bouillante, la vapeur contenant de l'azote <sup>16</sup>N est acheminée du réacteur vers la salle des machines. Le rayonnement gamma de l'isotope d'azote <sup>16</sup>N peut ainsi être facilement détecté dans l'air juste au-dessus de la salle des machines, en raison du faible blindage offert par le toit. Aucun rayonnement gamma n'est mesurable au niveau du réacteur lui-même, à cause de l'épaisseur de l'enceinte de confinement. Des valeurs comparables ont déjà été observées au cours des années précédentes. Aucune anomalie n'est constatée pour les autres installations nucléaires.

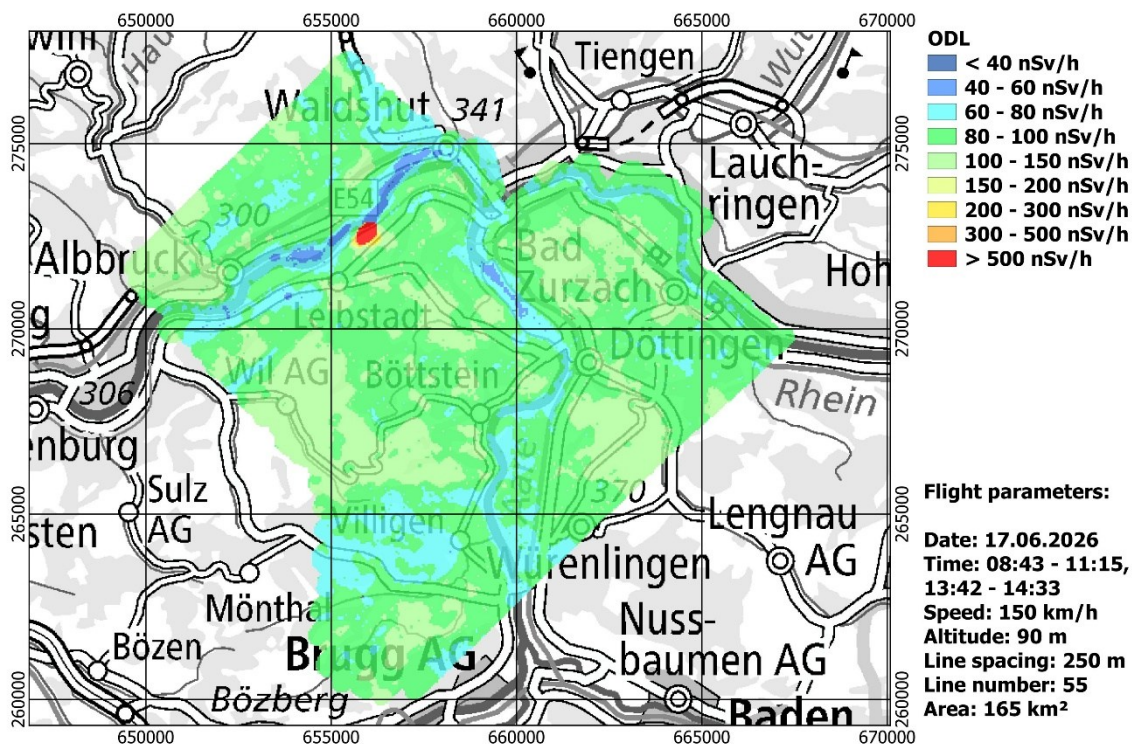


Figure 15 : Carte du DDA aux alentours des installations nucléaires de la CNL, de la CNB, du PSI et du ZWILAG

### 3.3.3 CNL, CNB, PSI et ZWILAG : rapport MMGC

La carte de la figure 16 illustre le rapport entre la composante à faible énergie et la composante à haute énergie du spectre de rayonnement. Étant donné que les radio-isotopes artificiels n'émettent généralement que du rayonnement  $\gamma$  de faible énergie, ce rapport correspond approximativement à celui qui existe entre le rayonnement artificiel et le rayonnement naturel. Il est désigné par le sigle MMGC (*man made gross count*).

En dehors des sites de la CNL, de la CNB, du ZWILAG et du PSI, aucune anomalie indiquant la présence de radioactivité artificielle n'a été constatée.

On note toutefois un rapport MMGC plus élevé à un endroit précis du site du PSI-est. Une analyse du spectre montre qu'il s'agit de  $^{60}\text{Co}$  (fig. 17). Interrogé à ce sujet, le PSI a indiqué qu'au moment du survol, une formation en radioprotection utilisant plusieurs sources radioactives avait lieu dans cette zone.

Dans le cas de la CNL, le rapport MMGC est inhabituellement faible et le spectre d'énergie au-dessus de la salle des machines (fig. 18) présente deux particularités. D'une part, la désintégration du  $^{16}\text{N}$  génère un spectre  $\gamma$  continu jusqu'à 7 MeV, ce qui explique que la valeur MMGC soit ici inférieure à la normale. D'autre part, on observe un pic d'annihilation à 511 keV. Ce pic résulte de l'annihilation de positrons avec les matériaux du bâtiment du réacteur. Les positrons sont quant à eux générés par production de paires à partir des photons de haute énergie produits lors de la désintégration du  $^{16}\text{N}$ .

PSI, ZWILAG, KKB & KKL

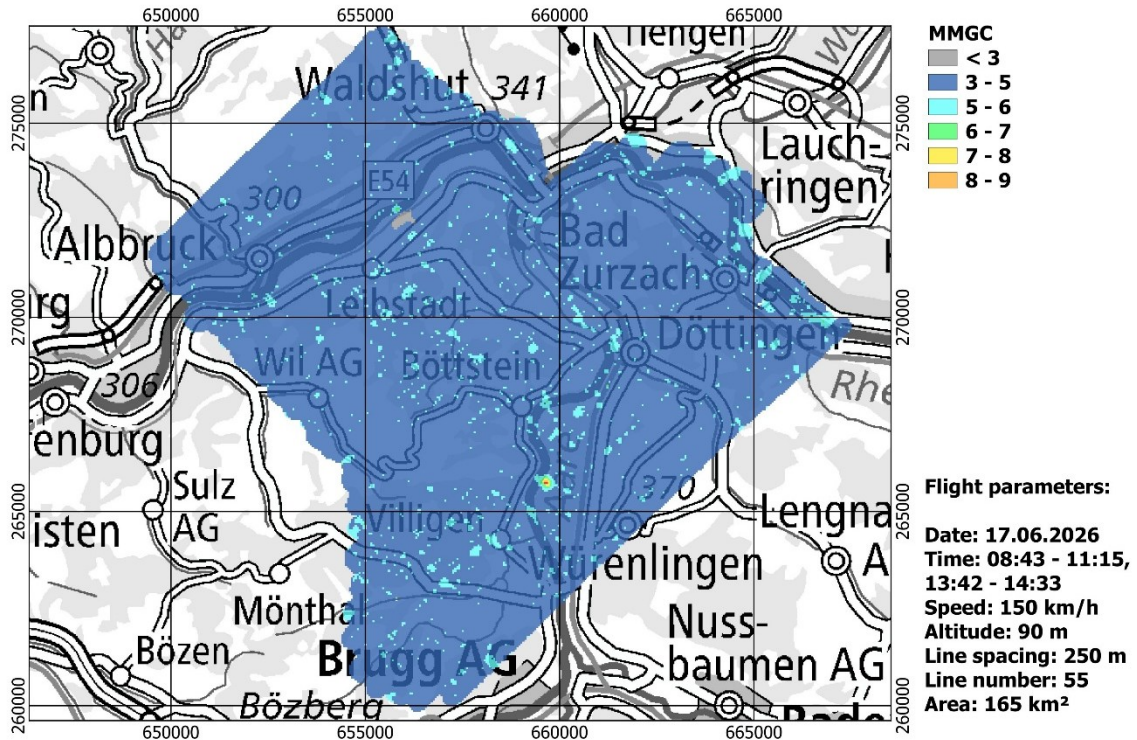


Figure 16 : Carte du rapport MMGC aux alentours des installations nucléaires de la CNL, de la CNB, du PSI et du ZWILAG

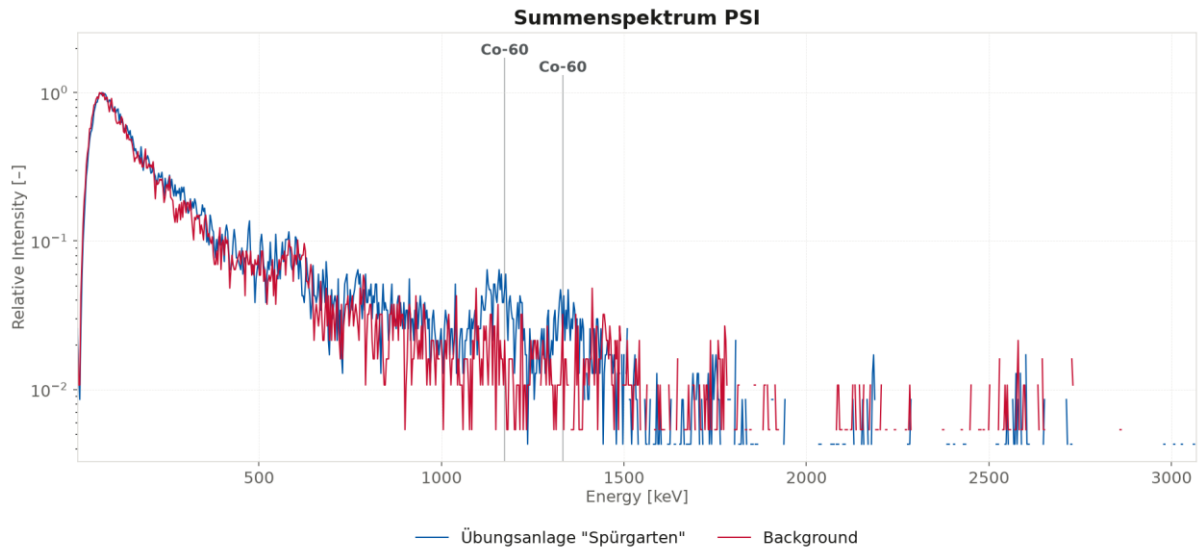


Figure 17 : Spectre d'énergie des mesures effectuées au PSI-est près du « Spürgarten » (ligne bleue), avec des pics légèrement plus élevés à 1173 et 1332 keV (Co-60). La ligne rouge représente, à titre de comparaison, le spectre d'énergie d'une zone typique aux alentours du PSI.

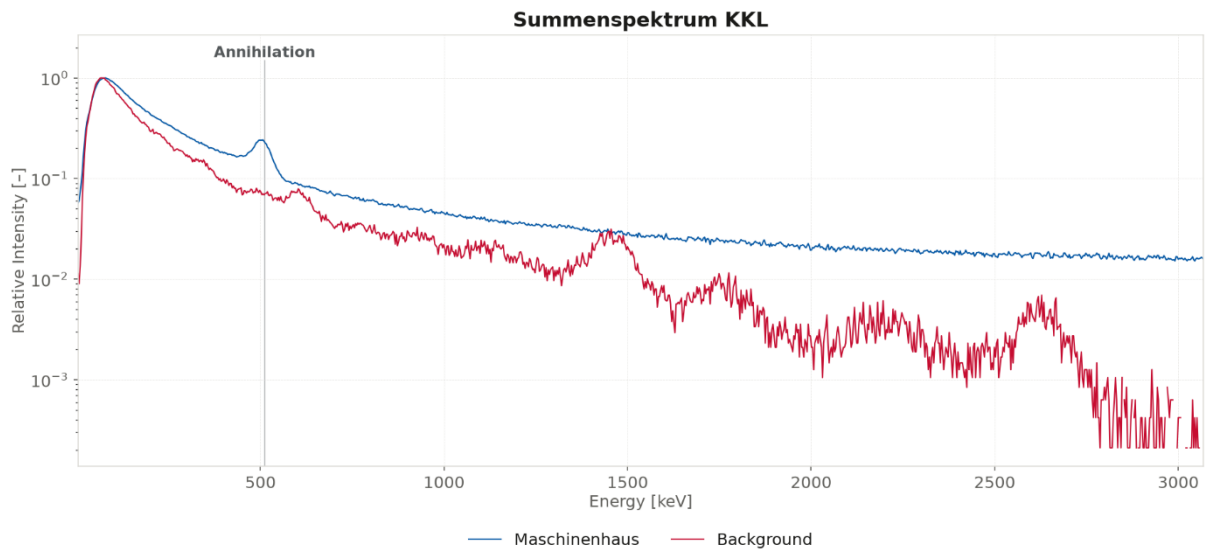


Figure 18 : Spectre d'énergie des mesures effectuées au-dessus de la salle des machines de la CNL (ligne bleue), avec un spectre de fond nettement plus élevé et un PIC d'annihilation à 511 keV. La ligne rouge représente, à titre de comparaison, le spectre d'énergie d'une zone typique aux alentours de la CNL.

### 3.3.4 CNL, CNB, PSI et ZWILAG : thorium 232

Le signal spécifique à l'isotope de thorium 232 est représenté sur la carte de la figure 19. L'anomalie naturelle de thorium mentionnée au point 3.3.2 est à l'origine des taches vertes observées aux alentours de Mandach, au sud-ouest de Böttstein. En Suisse, les valeurs typiques de la concentration en thorium 232 se situent entre 20 et 30 Bq/kg. Mais dans les environs de Mandach, on mesure des valeurs pouvant atteindre 75 Bq/kg (cf. rapport du PSI n° 15-02, ISSN 1019-0643, pages 8-11 et 20-23).

En fait, la valeur de mesure plus élevée observée à la CNL n'est pas due à la désintégration du  $^{232}\text{Th}$ . La désintégration du  $^{16}\text{N}$  activé, mentionnée à la section 3.3.2, entraîne, comme expliqué au point 3.3.3, une augmentation des taux de comptage sur l'ensemble du spectre d'énergie (fig. 18). Cela se traduit par une augmentation fictive des valeurs mesurées pour différents radionucléides, y compris le  $^{232}\text{Th}$ .

PSI, ZWILAG, KKB & KKL

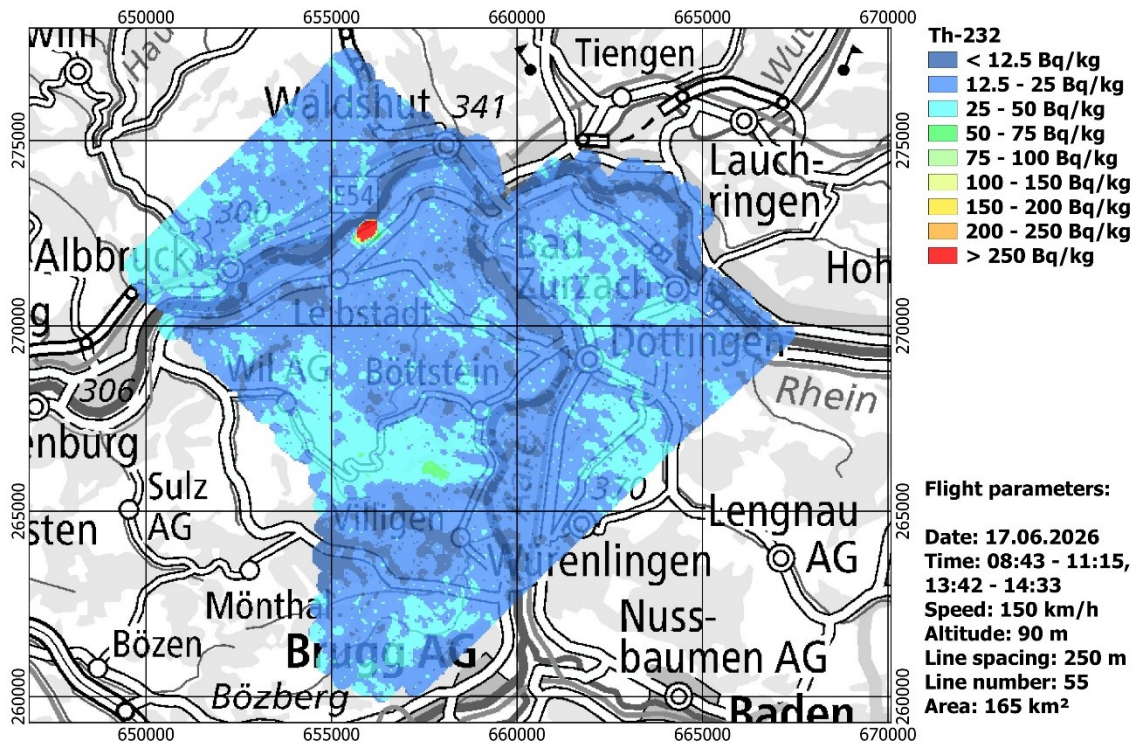


Figure 19 : Carte du <sup>232</sup>Th aux alentours des installations nucléaires de la CNL, de la CNB, du PSI et du ZWILAG

### 3.4 Vols de mesure dans les secteurs Mandach/Rotbergegg (AG)et Berg/Schwaderloh (TG)

#### 3.4.1 Mandach/Rotbergegg et Berg/Schwaderloh : informations sur les vols

##### Mandach/Rotbergegg

Date / heure : 17.06.2026, 14 h 45 – 15 h 01      Durée du vol : 0 h 16 min  
Lignes de vol : 3 x 4 lignes, intervalle 250 m      Zone survolée : 4 km<sup>2</sup>  
Hauteur : 2 x 90 m au-dessus du sol et 1 x 740 m d'altitude

##### Berg/Schwaderloh

Date / heure : 18.06.2026, 13 h 43 – 14 h 47      Durée du vol : 1 h 04 min  
Lignes de vol : 3 x 9 lignes, intervalle 250 m      Zone survolée : 15 km<sup>2</sup>  
Hauteur : 2 x 90 m au-dessus du sol et 1 x 710 m d'altitude

#### 3.4.2 Mandach/Rotbergegg et Berg/Schwaderloh : correction d'altitude

Ces deux zones ont été sélectionnées afin de vérifier l'algorithme de correction d'altitude. À cette fin, trois vols ont été effectués dans chaque zone : deux vols à altitude constante au-dessus du sol (90 m, PH, AGL – *Above Ground Level*) et un vol à altitude constante au-dessus du niveau de la mer (PZ, MSL – *Mean Sea Level*). Les deux vols à altitude constante au-dessus du sol visaient à vérifier la reproductibilité des valeurs mesurées. Les résultats des mesures des deux modes de vol ont ensuite été comparés. Ils montrent une très bonne concordance pour les altitudes de vol inférieures à 200 m au-dessus du sol. Les écarts s'accroissent seulement à partir de 300 m au-dessus du sol.

### AGL vs. MSL: Relative Abweichung der ODL

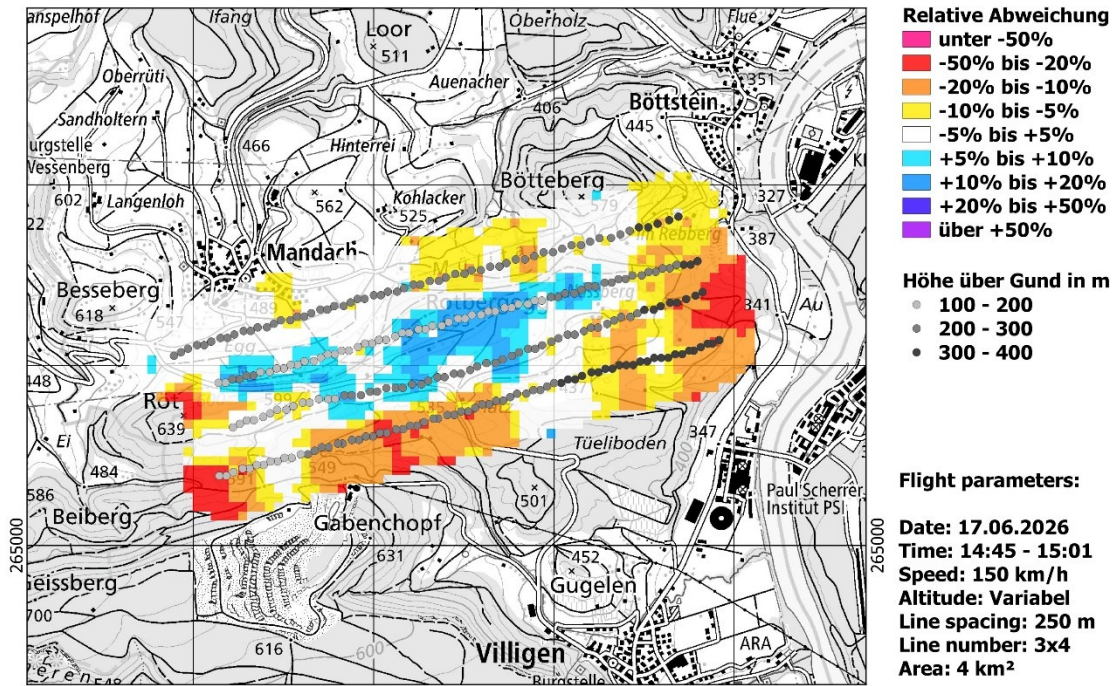


Figure 20 : Écart de mesure DDA en pourcentage entre les deux modes de survol dans le secteur Mandach/Rotbergegg.

### AGL vs. MSL: Relative Abweichung der ODL

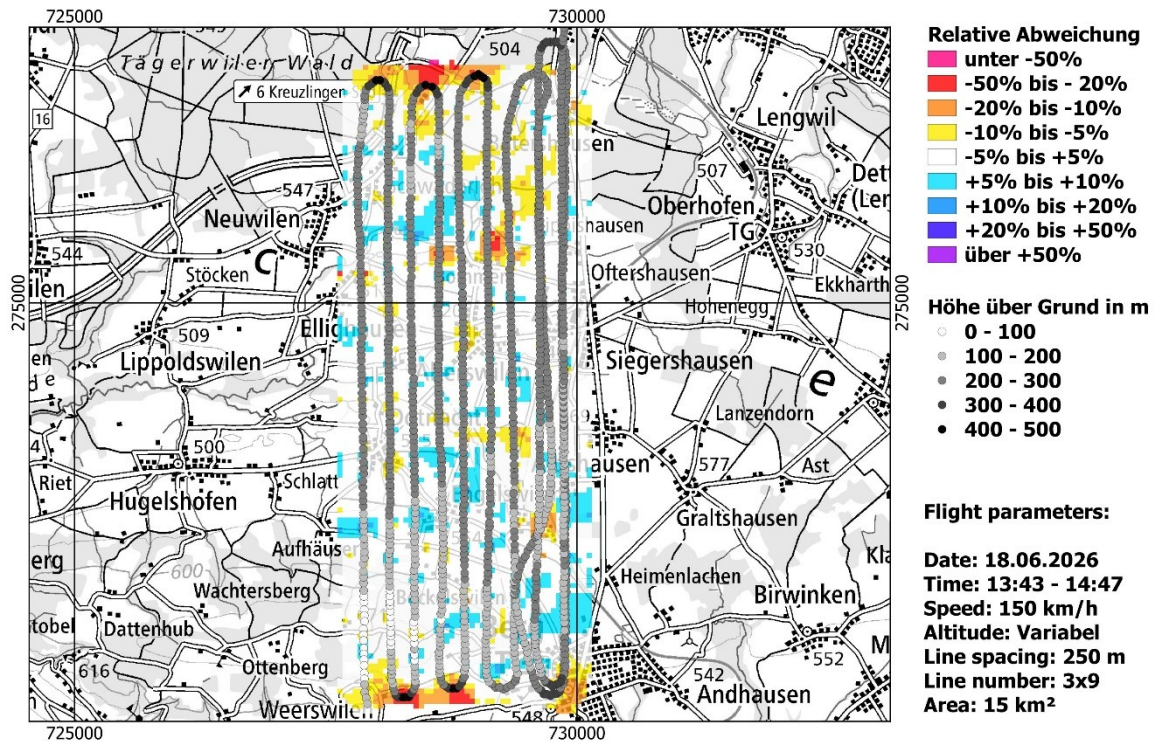


Figure 21 : Écart de mesure DDA en pourcentage entre les deux modes de survol dans le secteur Berg/Schwaderloh.

### 3.4.3 Mandach/Rotbergegg : anomalie de thorium

En outre, le vol de mesure détaillé effectué dans la région de Mandach/Rotbergegg a permis de réaliser une cartographie plus précise du thorium. La figure 22 montre clairement une concentration élevée en thorium. Comme déjà indiqué au point 3.3.4, les valeurs typiques de la concentration en <sup>232</sup>Th en Suisse se situent entre 20 et 30 Bq/kg ; or dans la région de Rotbergegg, elles dépassent 70 Bq/kg.

### Rotbergegg (kombiniert)

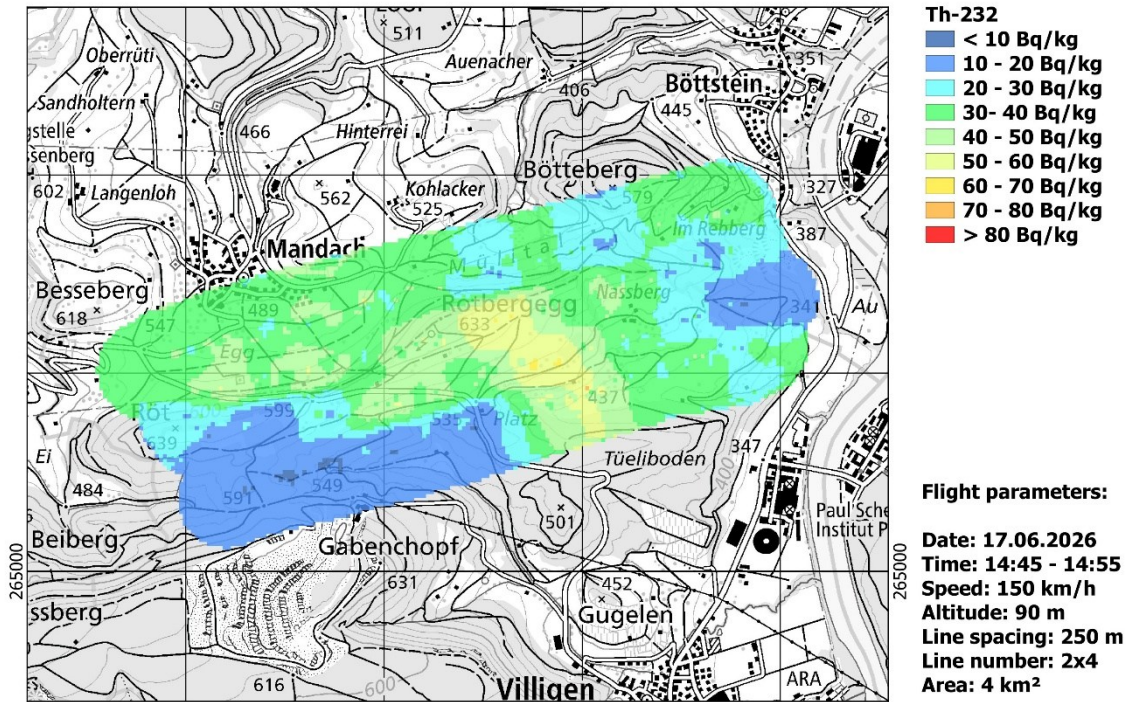


Figure 22 : Carte du <sup>232</sup>Th pour la région de Mandach/Rotbergegg. Remarque : l'échelle de couleurs a été affinée par rapport aux autres cartes de <sup>232</sup>Th.

### **3.5 Vol d'intérêt technique au-dessus du mont Chrüz dans le Prättigau (GR)**

Les régions alpines présentant de grands dénivelés et des pentes abruptes imposent des exigences particulières en matière de méthodologie de mesure et d'évaluation des données aéroradiométriques. Afin de pouvoir détecter des contaminations en cas d'événement, notamment sur des surfaces agricoles comme les alpages, différentes stratégies de mesure sont testées et leur influence sur la qualité des résultats est évaluée. En 2023, on a appliqué dans cette zone une méthode consistant à suivre le plus possible le tracé des courbes de niveau. Cette année, la même zone a été survolée selon la stratégie standard (lignes de mesure parallèles) afin de comparer les résultats.

#### **3.5.1 Chrüz dans la région du Prättigau (GR) : informations sur le vol**

Date / heure :	18.06.2026, 08 h 59 – 10 h 05	Durée du vol :	1 h 06 min
Lignes de vol :	21 lignes, intervalle 250 m	Zone survolée :	45 km <sup>2</sup>
Hauteur :	90 m		

Le vol a été effectué en suivant des trajectoires parallèles préprogrammées, représentées par des lignes brun clair sur la carte de la figure 23.

À titre de comparaison, la figure 24 présente les trajectoires de vol de la campagne de mesure 2023.

### Chrüz

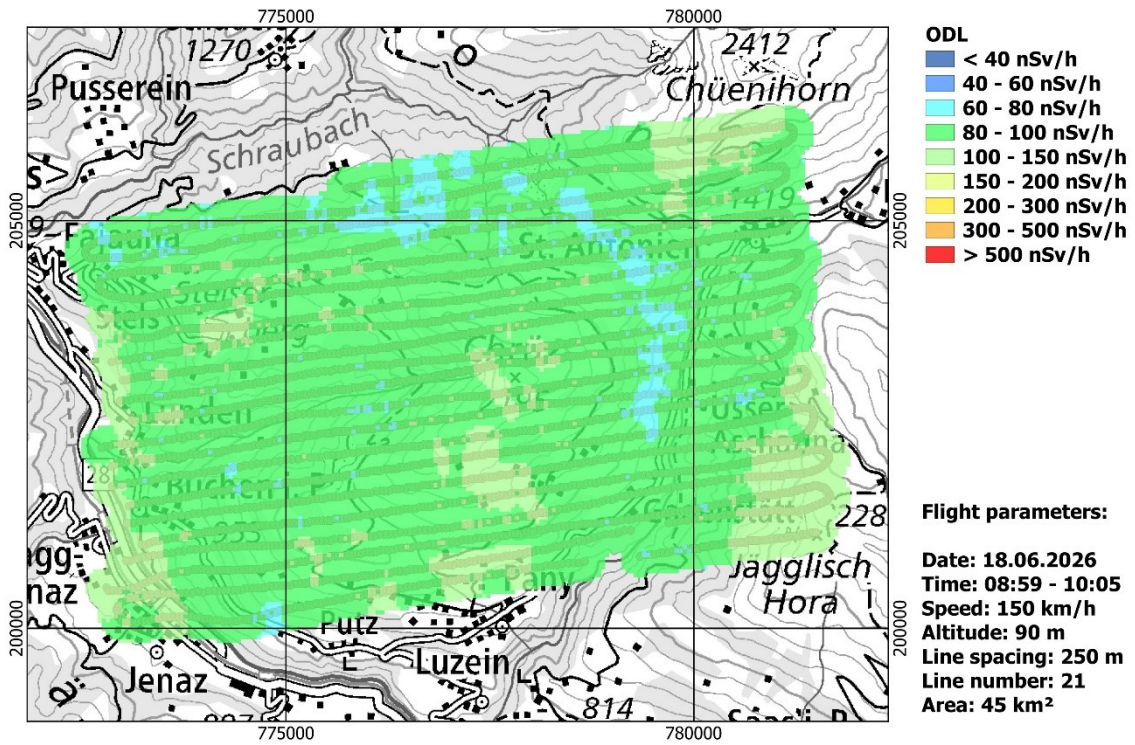


Figure 23 : Carte du DDA et lignes de vol (lignes brun clair) 2026

### Chrüz

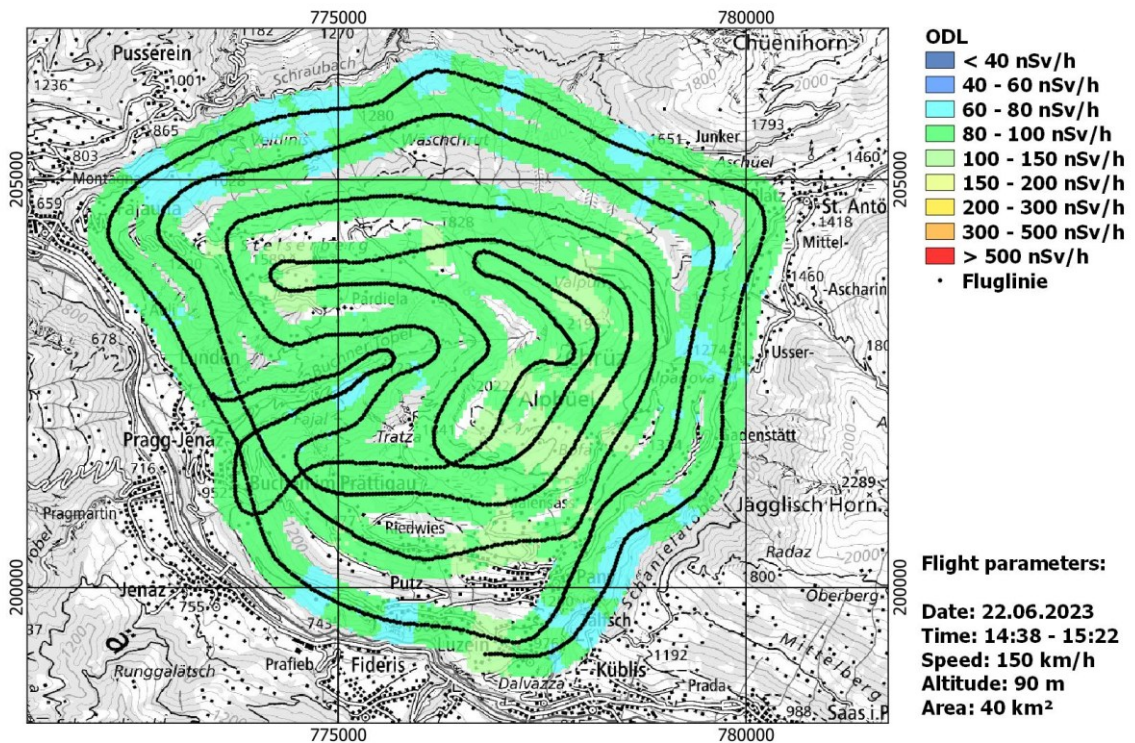


Figure 24 : Carte du DDA et lignes de vol (lignes noires) 2023

### 3.5.2 Chrüz dans la région du Prättigau (GR) : débit de dose ambiant

Les résultats de mesure obtenus avec ces deux approches concordent globalement (fig. 25 et 26) et sont comparables. Il convient toutefois de tenir compte du fait qu'un intervalle de deux ans sépare les deux vols de mesure et que les zones couvertes ne sont pas tout à fait identiques. D'un point de vue technique, la stratégie de mesure suivant les courbes de niveau s'est avérée plus appropriée. Le relevé à l'aide de lignes parallèles est particulièrement difficile sur des terrains accidentés et peut atteindre les limites de performance de l'hélicoptère. Une optimisation possible consiste à voler principalement le long des courbes de niveau et à prévoir des lignes de mesure supplémentaires dans les zones où l'espacement entre les lignes est supérieur à 250 m.

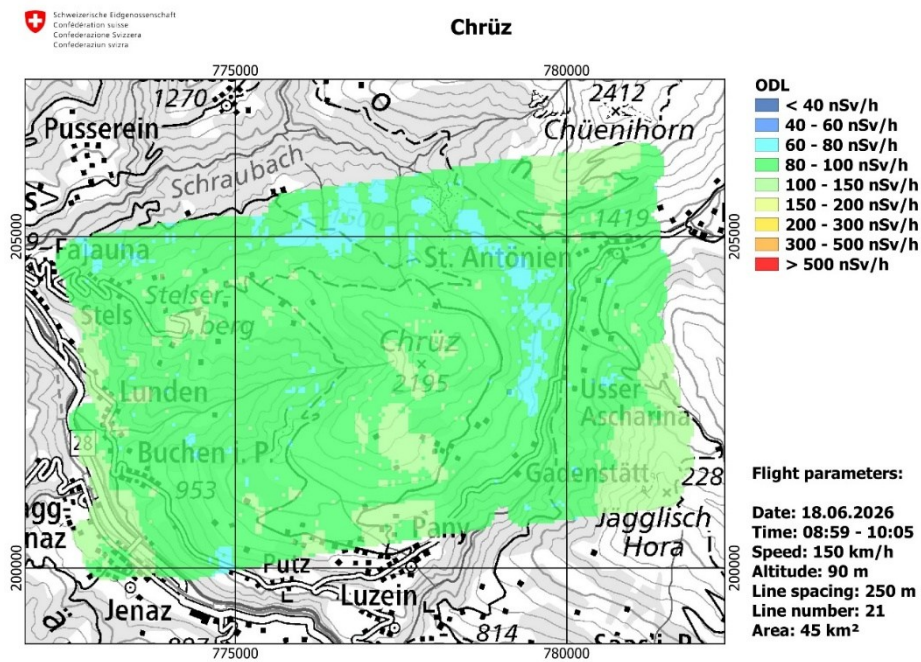


Figure 25 : Carte du DDA 2026

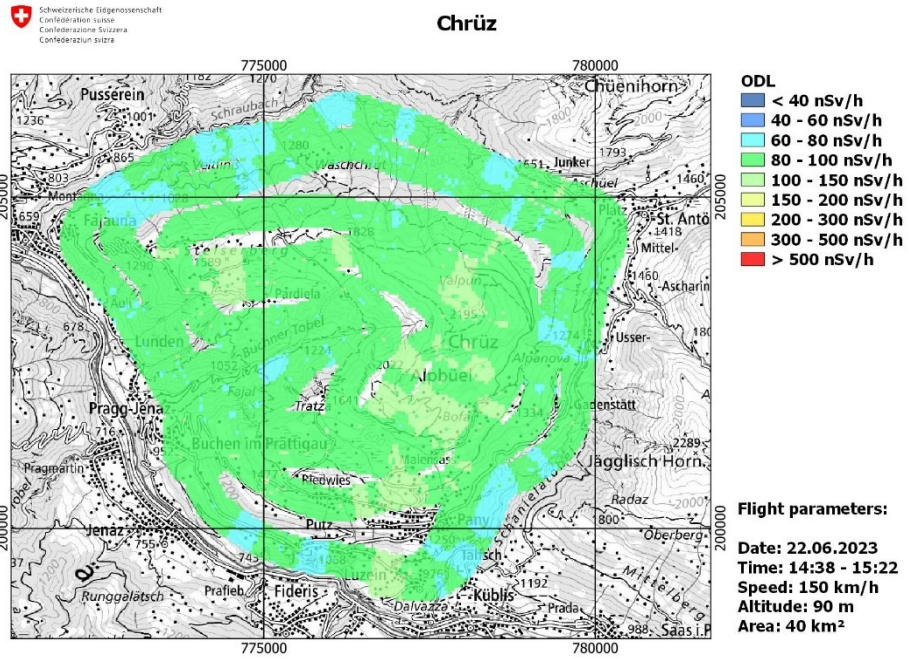


Figure 26 : Carte du DDA 2023

## 4 Bilan

- Les objectifs fixés pour la campagne de mesures aéroradiométriques 2026 sont atteints. Toutes les zones prévues ont été mesurées.
- Le relevé topographique de la région du Saint-Gothard a constitué un défi particulier en raison d'une topographie complexe, d'obstacles présents dans les vallées et d'une altitude élevée. Au départ, on ne savait pas exactement quelles zones pourraient effectivement être mesurées dans les conditions données. Grâce à des conditions météorologiques favorables, au temps de vol disponible et à une planification flexible des interventions, les zones de priorité 1 et 2 ont pu être mesurées.
- L'un des objectifs majeurs de la campagne de cette année consistait à comparer deux méthodes de mesure. Dans un cas, la zone est mesurée, comme d'habitude, à une altitude constante au-dessus du sol, et dans l'autre, à une altitude fixe au-dessus du niveau de la mer. Les mesures comparatives réalisées dans deux zones ont donné un résultat positif : elles montrent une très bonne concordance pour les altitudes de vol inférieures à 200 m au-dessus du sol. Des écarts plus importants apparaissent à partir d'altitudes de vol supérieures à 300 m.
- Un autre objectif consistait à comparer deux stratégies de mesure : le vol le long des courbes de niveau topographiques et le vol en lignes parallèles. Les résultats obtenus avec ces deux approches concordent globalement et sont comparables. Il convient toutefois de tenir compte du fait qu'un intervalle de deux ans sépare les deux vols de mesure et que les surfaces relevées ne sont pas tout à fait identiques. D'un point de vue technique, la stratégie de mesure le long des courbes de niveau s'est avérée plus appropriée. Le relevé à l'aide de lignes parallèles est particulièrement difficile sur les terrains accidentés et peut atteindre les limites de performance de l'hélicoptère. Une optimisation possible consiste à voler principalement le long des courbes de niveau et à prévoir des lignes de mesure supplémentaires dans les zones où l'espacement entre les lignes est supérieur à 250 m.
- Pour la première fois, une équipe d'analyse et d'assistance (*Front Office*), composée d'opérateurs de réserve, a été déployée sur un site externe. Cette équipe a apporté son soutien sur place à la planification de la mission et à l'analyse des données de mesure, puis a été rapatriée à Dübendorf une fois les missions terminées. L'expérimentation de ce type d'intervention lors des mesures au-dessus du massif du Saint-Gothard et de la Surselva, avec une équipe sur place à Andermatt, a montré que l'infrastructure requise et les moyens nécessaires à un soutien efficace sur place de l'équipe opérationnelle sont disponibles.
- En ce qui concerne la planification des missions, il est apparu que les trajectoires de vol les plus longues possibles ne sont pas nécessairement les plus efficaces. Les longues trajectoires de mesure constituent un défi tant pour les pilotes que pour les opérateurs et rendent difficile le maintien de la concentration pendant toute la durée de la mission. De plus, dans les zones exigeantes sur le plan topographique et technique, il est important de discuter suffisamment tôt des objectifs de mesure et des exigences avec les pilotes. L'optimisation de la stratégie de vol relève de leur responsabilité et devrait, dans la mesure du possible, être effectuée dès la phase de planification de la mission, et non pas seulement lors du briefing avant le vol.
- Grâce à une journée supplémentaire en amont, les opérateurs ont pu se familiariser avec le système et se préparer minutieusement. Les rapports de mission ont été rédigés dans les délais impartis et sont de bonne qualité. De plus, du temps a été délibérément consacré aux débriefings, ce qui a permis de consigner systématiquement les enseignements tirés. Dans la perspective de la remise à niveau prévue à mi-vie du

système d'aéroradiométrie, de nombreuses propositions d'amélioration et des erreurs logicielles identifiées ont pu être documentées.

- L'expertise de l'Institut Paul Scherrer et du centre de compétences NBC-DEMUNEX s'est avérée très précieuse pour les analyses détaillées et l'élaboration de conclusions. Grâce à cette collaboration, l'équipe ARM a beaucoup appris et a pu optimiser davantage ses processus. La documentation d'intervention a été mise à jour en conséquence. Cette campagne a une nouvelle fois confirmé que la collaboration étroite et la mise en commun des compétences de tous les participants constituent un facteur de réussite essentiel.
- Comme les années précédentes, l'installation d'une deuxième console dans le hangar s'est avérée utile cette fois encore. Cela a permis aux opérateurs au sol de se familiariser avec des fonctions supplémentaires du système, de s'entraîner aux procédures et d'approfondir leurs connaissances du système.
- Les spécialistes des mesures, les techniciens et les pilotes de l'équipe d'aéroradiométrie bénéficient d'un excellent niveau de formation et de pratique.

## Annexe A : Généralités

### Comment fonctionne l'aéroradiométrie ?

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

### Évaluation 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 :

1. Rapport MMGC : cette méthode est fondée sur la détermination du rapport entre les deux extrémités du spectre d'énergie. Les radionucléides artificiels produisant en général uniquement des rayonnements gamma faiblement énergétiques, ce rapport correspond à peu près au rapport entre le rayonnement artificiel et le rayonnement naturel.
2. Estimation du débit de dose ambiant : la somme des produits du taux de comptage et de l'énergie du canal sur tous les canaux du spectre d'énergie est proportionnelle au débit de dose à l'emplacement du détecteur. De ce débit de dose, on soustrait le bruit de fond du détecteur (environ 2 nSv/h) et le débit de dose dû au rayonnement cosmique (mesuré par un canal de comptage spécifique pour les photons de haute énergie), ce qui donne le débit de dose terrestre à l'emplacement du détecteur. Le débit de dose ambiant terrestre est ensuite calculé par une correction exponentielle de l'altitude de vol à un mètre au-dessus du sol. L'estimation du débit de dose ambiant total se fait en ajoutant le débit de dose cosmique à un mètre du sol, qui est calculé par la formule de l'altitude des rayons cosmiques.

Lors de l'interprétation des cartes aéroradiométriques, il convient de tenir compte du fait que les mesures effectuées en vol à une hauteur de 90 m représentent une valeur moyenne sur une surface de 300 m x 300 m (90 000 m<sup>2</sup>). À titre de comparaison, les mesures au sol ne couvrent qu'une surface de 80 m<sup>2</sup>.

### Résultats des mesures effectuées au 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.

Au PSI, on mesure le rayonnement dû à l'accélérateur (PSI-ouest) et celui dégagé par les déchets radioactifs (dépôt intermédiaire fédéral, PSI-est).

Dans les réacteurs à eau bouillante (centrales nucléaires de Mühleberg et de Leibstadt), le produit d'activation <sup>16</sup>N parvient à la salle des machines avec la vapeur. Le toit de cette salle étant relativement peu blindé, le rayonnement gamma du <sup>16</sup>N peut être très bien détecté de l'extérieur. Les centrales nucléaires équipées de réacteurs à eau pressurisée (centrales de Gösgen et de Beznau) 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 des années 1960. Le niveau d'activité dans les alentours des CN est resté constant ces quinze dernières années.