



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

**Cristina Poretti, Adrian Hess, Gerald Scharding**

**07.06.2019**

---

# **Exercice d'aéroradiométrie 2019**

## **du 3 au 7 juin 2019**

### Rapport d'exercice et résultats des mesures

---



## Table des matières

<b>1 Condensé .....</b>	<b>3</b>
1.1 Principaux résultats de l'exercice d'aéroradiométrie 2019.....	3
<b>2 Exercice d'aéroradiométrie 2019” .....</b>	<b>4</b>
2.1 Vols de mesure aux alentours des centrales nucléaires suisses .....	4
2.2 Mesures de la ville de Lugano .....	4
2.3 Vol en ligne transversale entre Choire, Disentis, le col du Lukmanier et Torre (TI) ...	4
2.4 Vol ascensionnel au-dessus du lac de Neuchâtel .....	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 Rapport scientifique .....	5
2.8 Nouvelle présentation des cartes.....	6
2.9 Organisations partenaires participantes.....	6
<b>3 Résultats de l'exercice ARM19 .....</b>	<b>8</b>
3.1 Centrales nucléaires de Mühleberg et de Gösgen .....	8
3.2 Secteurs de la zone de protection 2 dans les environs de la centrale nucléaire de Gösgen .....	14
3.3 Vol en ligne transversale entre Choire, Disentis, le col du Lukmanier et Torre (TI) .	17
<b>4 Enseignements tirés de l'exercice d'aéroradiométrie 2019.....</b>	<b>20</b>
<b>Annexe A :      généralités .....</b>	<b>21</b>

## **1 Condensé**

Dans le cadre de la campagne d'aéroradiométrie 2019, des vols de routine ont eu lieu les 3 et 4 juin aux environs des centrales nucléaires de Mühleberg et de Gösgen. Le 3 juin, on a également effectué un vol vertical au-dessus du lac de Neuchâtel. Certains secteurs de la zone de protection d'urgence 2, situés dans périmètre de 20 km autour de la centrale nucléaire de Gösgen, ont été mesurés les 4 et 5 juin. Ce périmètre a été élargi jusqu'à la frontière avec l'Allemagne dans la région de Liestal-Rheinfelden. En raison des mauvaises conditions météorologiques, le survol de la ville de Lugano n'a pas pu être réalisé. La semaine d'aéroradiométrie s'est achevée le 6 juin sur un vol en ligne transversale entre Coire, Disentis, le col du Lukmanier et Torre (TI).

### **1.1 Principaux résultats de l'exercice d'aéroradiométrie 2019**

1. À l'exception de Lugano, des cartes de mesures ont pu être établies pour toutes les régions survolées. Aucune valeur inhabituelle n'a été constatée.
2. Aucune accumulation de radioactivité artificielle n'a été constatée sur le sol des environs des centrales nucléaires de Mühleberg et de Gösgen en dehors des sites d'exploitation. Aucun changement par rapport aux résultats des années précédentes n'a été relevé.
3. Le nouveau système de mesures adopté par la CENAL l'année dernière a fait ses preuves, tout particulièrement lors de la réalisation et de l'évaluation du vol. Les participants ont pu s'exercer aux processus d'évaluation.
4. Cinq candidats ont été formés, ce qui permis de renforcer l'équipe de mesure.
5. Les spécialistes en mesures, les techniciens et les pilotes disposent d'un excellent niveau de formation et d'entraînement.

## **2 Exercice d'aéroradiométrie 2019**

Cette année, les mesures aériennes ont eu lieu du 3 au 7 juin 2019. Tous les vols ont été effectués à partir des bases de Dübendorf, Payerne et Magadino.

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

Toutes les centrales nucléaires suisses font l'objet de mesures bisannuelles ordonnées par l'Inspection fédérale de la sécurité nucléaire (IFSN). Étaient concernées cette année les centrales nucléaires de Mühleberg (CNM) et de Gösgen (CNG).

Cette année, des vols supplémentaires ont été réalisés au-dessus de trois secteurs proches de la CNG afin de combler des lacunes et d'obtenir des informations pour la totalité des régions étudiées précédemment. On dispose ainsi de données pour l'ensemble de la zone d'urgence 2 de la CNG, élargie même de quelques kilomètres, au nord jusqu'à la frontière avec l'Allemagne.

### **2.2 Mesures de la ville de Lugano**

Depuis plusieurs années, la CENAL déploie un programme de mesurages urbains dans le but d'établir des référentiels concernant les villes et grandes agglomérations de Suisse. Il est recouru aux référentiels lors d'une suspicion de radioactivité augmentée à la suite d'un événement entraînant des vols de mesures. La comparaison des mesures effectuées avec les référentiels permet de détecter les écarts plus rapidement. La CENAL dispose actuellement de cartes de mesures initiales de nombreuses villes de Suisse, parmi lesquelles figurent les 13 plus grandes agglomérations de Suisse, à l'exception de Lugano. Afin de combler cette lacune, il était prévu initialement de survoler Lugano, mais le vol en question a dû être reporté à une autre année en raison des mauvaises conditions météorologiques.

### **2.3 Vol en ligne transversale entre Coire, Disentis, le col du Lukmanier et Torre (TI)**

Les vols en ligne transversale constituent un autre élément des campagnes d'aéroradiométrie. Pour réaliser les mesures, les appareils effectuent un vol sur une ligne reliant plusieurs endroits – correspondant généralement à un axe routier – plutôt que des lignes parallèles. Les lignes transversales ne sont pas prédefinies : les opérateurs ARM définissent eux-mêmes la trajectoire de vol et les différents points à survoler et en informent les pilotes qui réalisent un vol aux instruments. Pour cela, les opérateurs ARM peuvent consulter des cartes de cockpit sur leur écran et transmettre oralement des instructions via la communication de bord. Cette manière de procéder est entraînée régulièrement, car, en cas d'événement, il faut savoir réagir en fonction de la situation afin de délimiter les secteurs à survoler pour trouver des sources radioactives ou localiser plus précisément des zones contaminées. Les vols en lignes transversales offrent donc des conditions idéales pour la formation théorique et pratique des équipes de mesures et des pilotes. Le programme de cette année prévoyait jeudi un vol en ligne transversale au-dessus l'axe routier de Coire à Castione (TI) en passant par Disentis et le col du Lukmanier, qui aurait présenté un relief particulièrement accidenté. En raison des conditions météorologiques difficiles, il a été décidé en cours de vol de se rendre seulement jusqu'à Torre (TI) puis de retourner à la base de Dübendorf.

### **2.4 Vol ascensionnel au-dessus du lac de Neuchâtel**

Afin de définir la quantité de rayonnement provenant du sol ou des couches d'air situées entre celui-ci et l'hélicoptère, on cherche régulièrement à établir des facteurs de correction en

procédant à des vols ascensionnels au-dessus de lacs. L'eau du lac atténuant le rayonnement terrestre naturel, il est possible de mesurer la part de rayons cosmiques présente dans le rayonnement naturel à différentes altitudes. Les profils des rayons cosmiques obtenus sont utilisés tous les ans pour caractériser les détecteurs.

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

La semaine de mesure poursuivait les objectifs suivants :

- installation et disponibilité opérationnelle de l'équipement de mesures 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 sur le terrain
  - entraînement des pilotes
- mise en pratique de la communication entre les pilotes et l'équipe de mesure (p. ex. guidage du vol par l'opérateur) ;
- présentation des résultats des mesures : mise à disposition d'un condensé et d'une interprétation des résultats deux heures après le dernier vol ; perfectionnement et renforcement des connaissances pour l'utilisation du système ARM introduit par la CENAL en 2018 seulement ;
- vérification et actualisation de la documentation d'intervention.

## 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 a 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 de la population.

Le 28 mai 2019, les vols de mesure ont été annoncés dans un communiqué de presse. Dans les territoires survolés, les dates retenues ont en outre été spécialement communiquées aux médias locaux. Les partenaires et les autorités ont été informés de manière active. Durant la semaine de mesure, des informations ont été diffusées par les canaux [Alertswiss](#) (appli, site Internet et Twitter) de l'OFPP. Il est prévu de publier des articles consacrés à la semaine de mesure sur le blog d'Alertswiss et dans une revue des Forces aériennes. Avant et pendant l'exercice ARM19, il a été répondu à différentes questions des autorités, des médias et de la population.

## 2.7 Rapport scientifique

L'Institut Paul Scherer publiera d'ici quelques mois un rapport scientifique détaillé portant sur la comparaison entre les anciens et nouveaux algorithmes d'évaluation ainsi que sur la caractérisation des détecteurs (en raison du vol ascensionnel décrit au point 2.4 et d'analyses de laboratoire). Les différences entre les deux systèmes ont un intérêt scientifique mais aucune incidence sur leur utilisation en tant qu'instruments de mesure en cas d'événement.

## **2.8 Nouvelle présentation des cartes**

La présentation des cartes utilisées pour l'évaluation des données a été modifiée dans le cadre de l'exercice d'aéroradiométrie 2019. La gamme de couleurs a été adaptée afin qu'il soit plus facile de différencier les couleurs attribuées aux valeurs aussi en situation normale. Si, en cours d'événement, des valeurs plus élevées sont attendues ou mesurées, cette gamme de couleurs peut être modifiée facilement.

La gamme de couleurs pour la présentation des valeurs mesurées a été étroite. Pour une meilleure lisibilité des cartes, les valeurs des mesures y figurent en transparence. Autre nouveauté : les cartes sont désormais en noir et blanc afin d'éviter que les couleurs des valeurs soient faussées.

Depuis plusieurs années, les cartes des mesures sont établies à l'aide du système d'information géographique QGIS, que la CENAL utilise par ailleurs pour d'autres cartes réalisées par l'organisation de mesure. Cela permet d'avoir des informations provenant des différentes sources dans un format compatible et facilite la création de cartes présentant une vue d'ensemble de résultats d'origine diverses, telles que les réseaux de mesures automatiques, la radiométrie au sol ou encore des données saisies manuellement.

La nouvelle échelle de couleurs a aussi été utilisée pour d'autres documents de l'organisation de mesure et elle a fait ses preuves dans le cadre de l'exercice international d'aéroradiométrie 2017. D'une utilisation facile, elle permet d'obtenir des cartes avec une image plus précise et de faire ressortir plus clairement les différences importantes. L'évaluation de la situation se fait du coup de manière plus intuitive et on dispose d'informations claires quand il s'agit de décider et d'ordonner des mesures de protection en cas d'événement.

L'inconvénient, c'est que les nouvelles cartes ne peuvent plus être comparées directement avec celles publiées dans les rapports d'aéroradiométrie des années précédentes. Cependant, en cas de besoin, il est possible d'établir facilement des cartes compatibles à partir des données issues des rapports précédents qui sont toujours disponibles.

## **2.9 Organisations partenaires participantes**

Organisations associées à la préparation et à la réalisation de l'exercice ARM19 :

- CENAL et EM CF CENAL
- Centre de compétences NBC-DEMUNEX
- Forces aériennes suisses
- IFSN
- Institut Paul Scherrer
- coordinateurs ABC des cantons AG, BL, SO et TI

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



*Copyright photo : Martin Michel*

### **3 Résultats de l'exercice ARM19**

#### **3.1 Centrales nucléaires de Mühleberg et de Gösgen**

Les mesures aéroradiométriques biennales d'installations nucléaires ont eu pour objet cette année les centrales nucléaires de Mühleberg et de Gösgen.

La CN de Mühleberg était en service, ce qui n'était pas le cas de la CN de Gösgen en raison de travaux de révision.

##### **3.1.1 CN de Mühleberg : informations concernant le survol radiométrique**

Date :	03.06.2019
Ligens de vol	29 couloirs de 250 m de large
Durée du vol :	de 9h15 à 11h46, 2 h 31 min
Zone survolée :	centrale nucléaire de Mühleberg, env. 104 km <sup>2</sup>
Altitude :	env. 90 m

##### **3.1.2 CN de Mühleberg : débit de dose ambiant**

###### À l'extérieur de l'aire d'exploitation de la centrale nucléaire

La carte du débit de dose ambiant représentée à la figure 1 n'indique aucune valeur suspecte à l'extérieur de l'aire d'exploitation de la centrale nucléaire. Les variations observées dans la région survolée sont dues à la géologie, à la topographie, aux cours d'eau de même qu'à la végétation.

Avec ses valeurs plus basses, le lac de Wohlen apparaît clairement sur la carte. Cette différence s'explique par le fait que l'eau du lac atténue le rayonnement terrestre.

Aucune différence importante n'a été constatée par rapport aux résultats de mesures effectuées dans les environs de la CN de Mühleberg les années précédentes.

###### À l'intérieur de l'aire d'exploitation de la centrale nucléaire

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 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.

## Messflug Kernkraftwerk Mühleberg

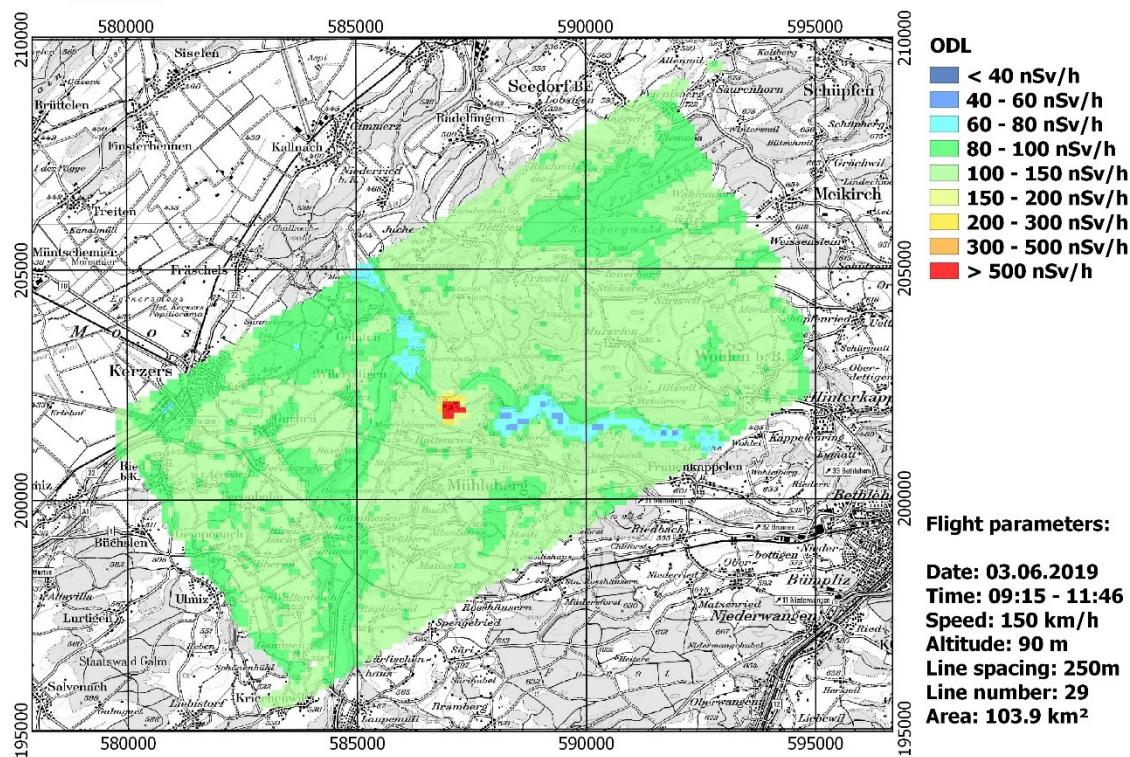


Figure 1 : carte du DDA aux environs de la centrale nucléaire de Mühleberg (réalisée au moyen du logiciel GammaMap)

### 3.1.3 CN de Mühleberg : rapport MMGC

La carte représentée à la figure 2 est une présentation 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.

Aucune augmentation due à une accumulation artificielle de radioactivité n'a été constatée à l'extérieur de l'aire d'exploitation de la centrale. Selon les informations de la centrale nucléaire de Mühleberg, un puits d'accès était ouvert dans le dépôt intermédiaire au moment du vol. Ce puits se trouve à l'extrémité sud de l'aire d'exploitation. Des colis de déchets – de vieux assemblages combustibles traités – devaient être entreposés dans le dépôt intermédiaire. Ce matériel contient des quantités élevées de cobalt activé (Co-60). Comme on peut s'y attendre dans de telles circonstances, des valeurs plus élevées ont été constatées à l'intérieur de l'aire d'exploitation.

La zone bleue visible sur la carte de la figure 3 correspond au spectre énergétique enregistré par les détecteurs à l'endroit correspondant au signal le plus élevé de Co-60 au-dessus de la centrale de Mühleberg. Les valeurs de 1173 et 1332 keV sont des pics typiques pour le Co-60, et les 511 keV signalent le pic de l'annihilation électron-positron. La courbe rouge foncé permet de comparer ces valeurs avec le bruit de fond enregistré à l'extérieur de la centrale.

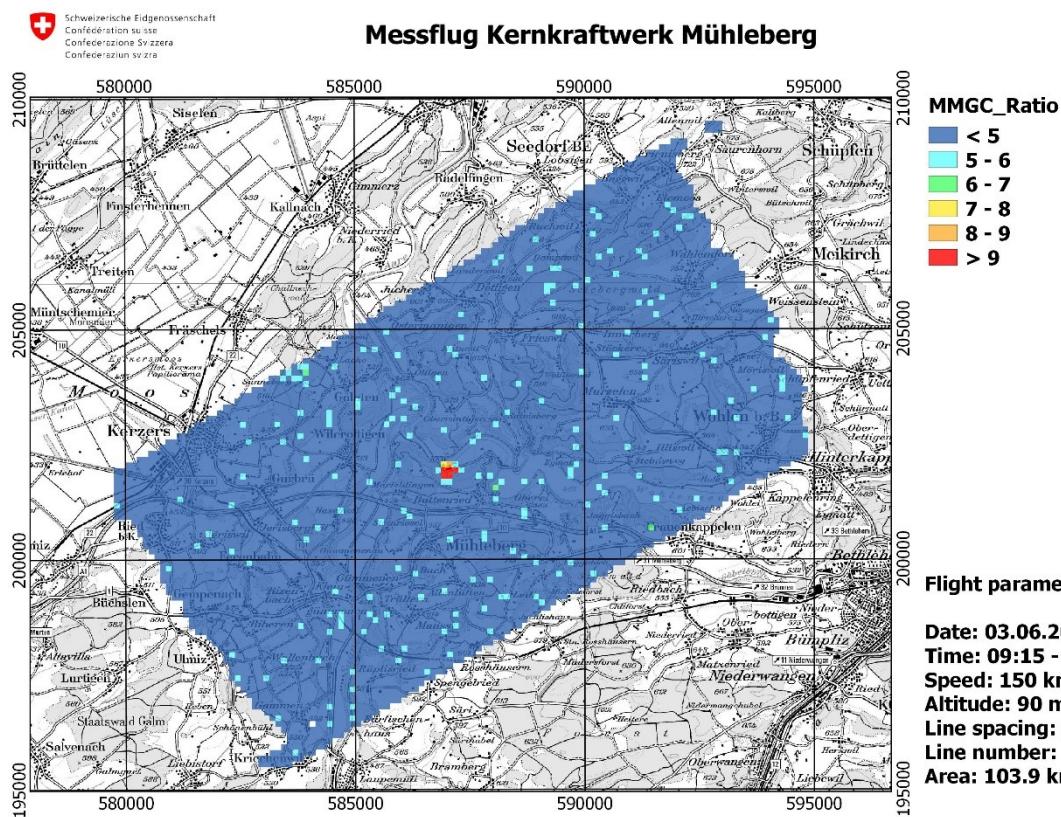
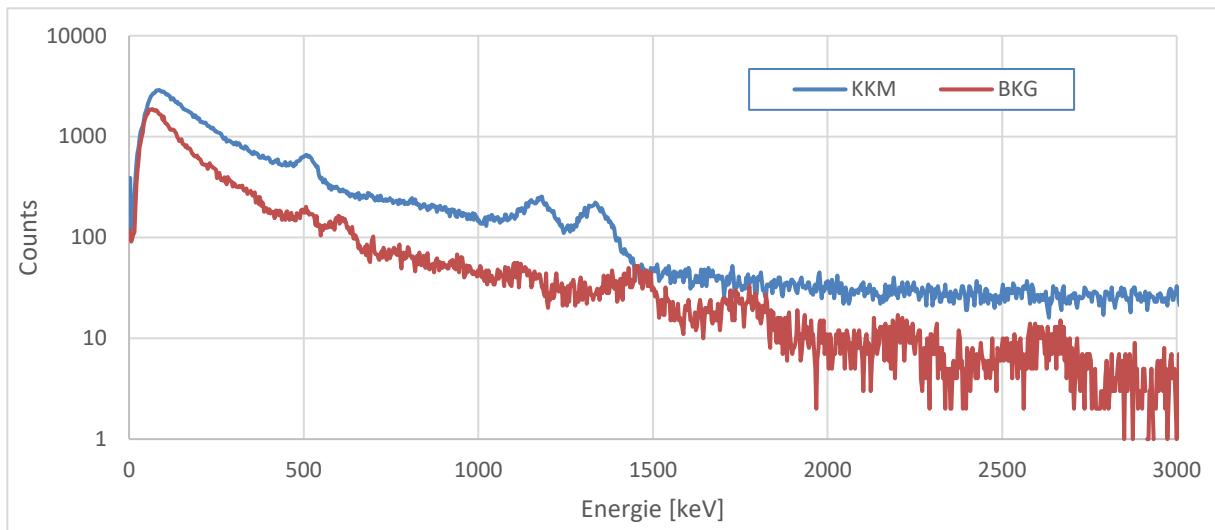


Figure 2: carte du rapport MMGC aux environs de la centrale nucléaire de Mühleberg (réalisée au moyen du logiciel GammaMap)



*Figure 3 : comparaison des spectres énergétiques à l'intérieur de l'aire d'exploitation de la centrale de Mühleberg (courbe bleue, KKM) avec le bruit de fond naturel (courbe rouge foncé, BKG, acronyme de background).*  
*On reconnaît nettement les pics de Co-60 (1173 et 1332 keV) et celui de l'annihilation de rayonnement (511 keV).*

### 3.1.1 CN de Gösgen : Informations concernant le survol radiométrique

Date : 04.06.2019  
Lignes de vol : 29 couloirs de 250 m de large  
Durée du vol : de 8h48 à 10h49, 2 h 01 min  
Zone survolée : centrale nucléaire de Gösgen ; env. 88 km<sup>2</sup>  
Altitude : env. 90 m

### 3.1.2 CN de Gösgen : carte du débit de dose ambiant

La carte du débit de dose ambiant représentée à la figure 4 n'indique aucune valeur suspecte à l'extérieur de l'aire d'exploitation de la centrale nucléaire. Les variations observées dans la région survolée sont dues à la géologie, à la topographie, aux cours d'eau de même qu'à la végétation. Les valeurs mesurées directement au-dessus de l'Aar sont plus basses en raison de l'atténuation du rayonnement terrestre par l'eau.

Aucune différence importante n'a été constatée par rapport aux résultats de mesures effectuées dans les environs de la CN de Gösgen les années précédentes.

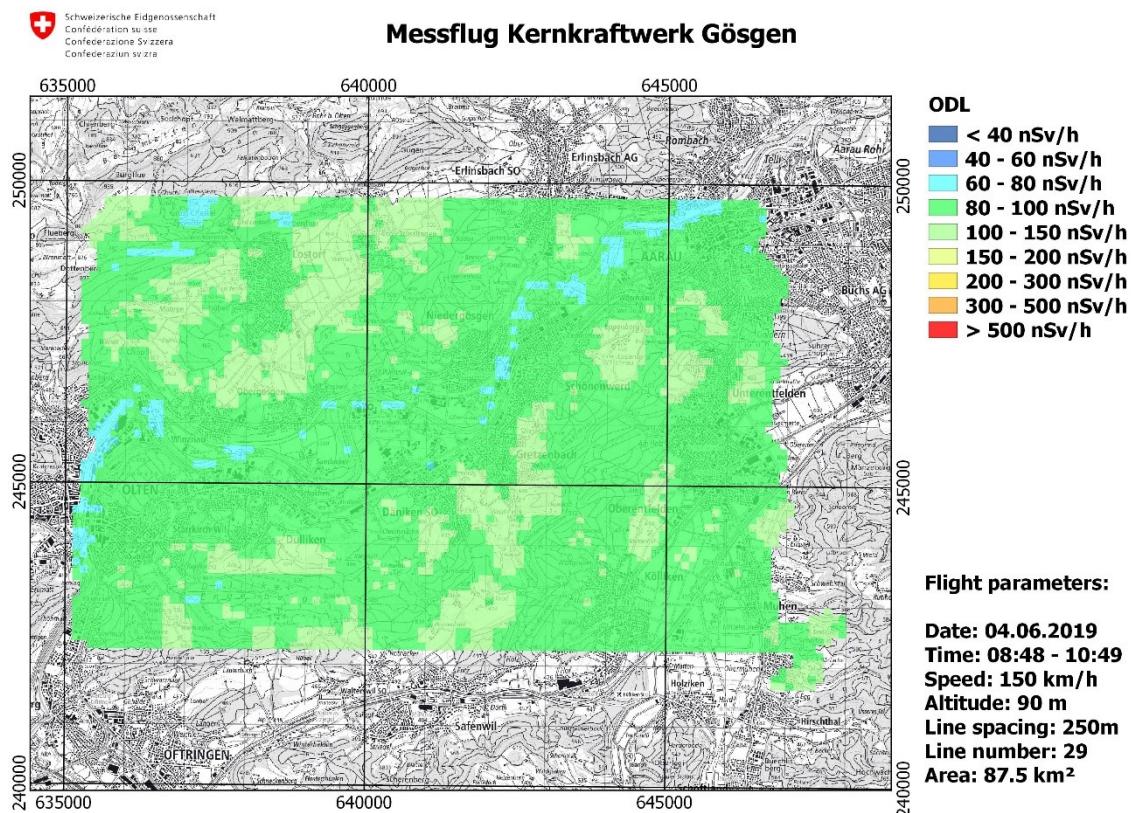


Figure 4 : carte du DDA aux environs de la centrale nucléaire de Gösgen (réalisée au moyen du logiciel GammaMap)

### **3.1.3 CN de Gösgen : rapport MMGC**

La carte représentée à la figure 5 montre qu'à l'extérieur de l'aire d'exploitation de la centrale, aucune augmentation indiquant une accumulation artificielle de radioactivité en raison du rapport MMGC n'a été constatée.

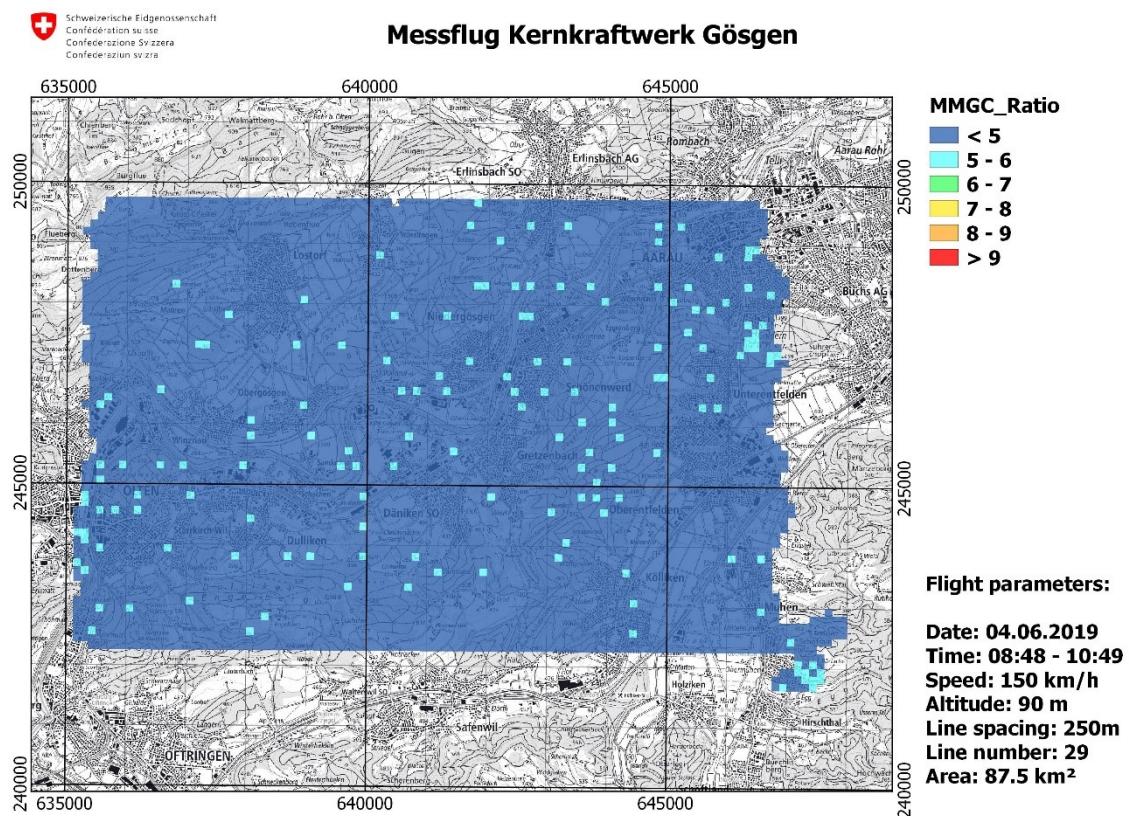


Figure 5 : carte du rapport MMGC aux environs de la centrale nucléaire de Gösgen (réalisée au moyen du logiciel GammaMap)

### **3.2 Secteurs de la zone de protection 2 dans les environs de la centrale nucléaire de Gösgen**

Cette année, des vols supplémentaires ont été réalisés au-dessus de trois secteurs proches de la CNG afin de combler des lacunes et d'obtenir des informations pour la totalité des régions étudiées par le passé. On dispose ainsi de données pour l'ensemble de la zone d'urgence 2 de la CNG, élargie même de quelques kilomètres, au nord jusqu'à la frontière avec l'Allemagne et dans les environs de Bâle au-delà des frontières (exercice de mesure trinational avec la France et l'Allemagne en 2017).

#### **3.2.1 Zone de protection 2 dans les environs de la centrale nucléaire de Gösgen : informations concernant le survol radiométrique**

Date :	04.06.2019 et 05.06.2019
Lignes de vol :	56 couloirs de 1000 m de large
Durée du vol :	7 h 25 min
Zone survolée :	zone de protection 2 dans les environs de la CN de Gösgen, env. 1152 km <sup>2</sup>
Altitude :	env. 150 m

### 3.2.1 Zone de protection 2 dans les environs de la centrale nucléaire de Gösgen : débit de dose ambiant

La carte du débit de dose ambiant à la figure 6 montre partout des valeurs normales. On distingue clairement le lac de Hallwil et le Rhin pour lesquels les valeurs sont plus basses en raison de l'atténuation du rayonnement terrestre par l'eau.

D'autres variations observées sont dues à la géologie, à la topographie, aux cours d'eau de même qu'à la végétation.

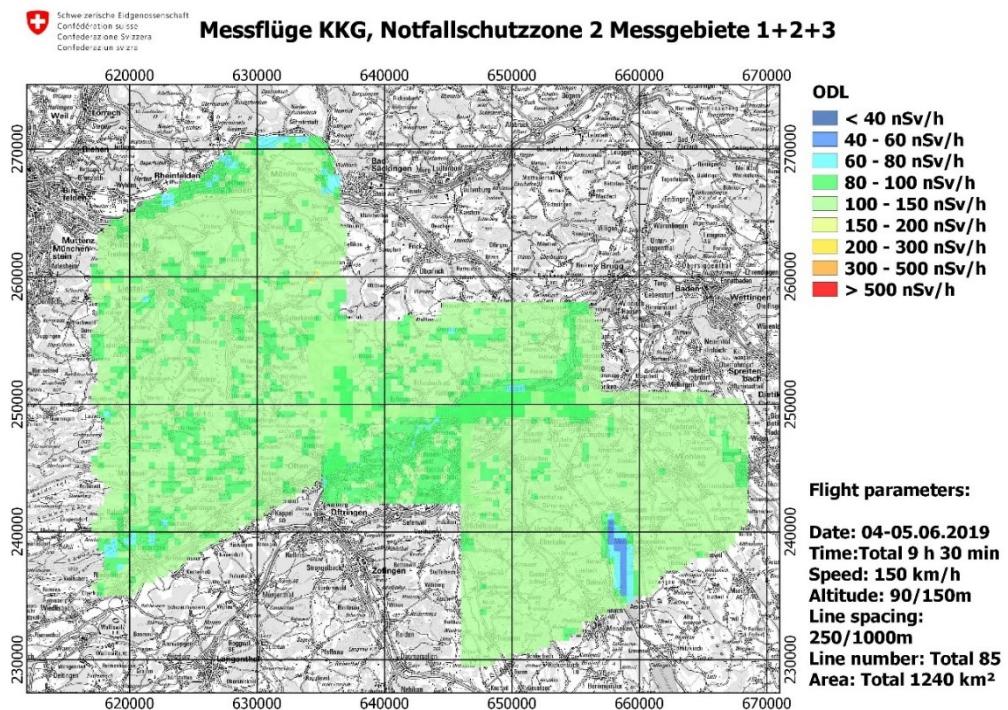


Figure 6 : carte du DDA dans la zone de protection 2 aux environs de la CN de Gösgen, y.c. données issues de programme de mesures standard (chap. 3.1.2) (réalisée au moyen du logiciel GammaMap)

### 3.2.2 Zone de protection 2 dans les environs de la centrale nucléaire de Gösgen : carte du thorium (Th-232)

Les légères variations sur la carte du DDA (figure 6) correspondent dans une très large mesure à celles de la carte du thorium de la figure 7.

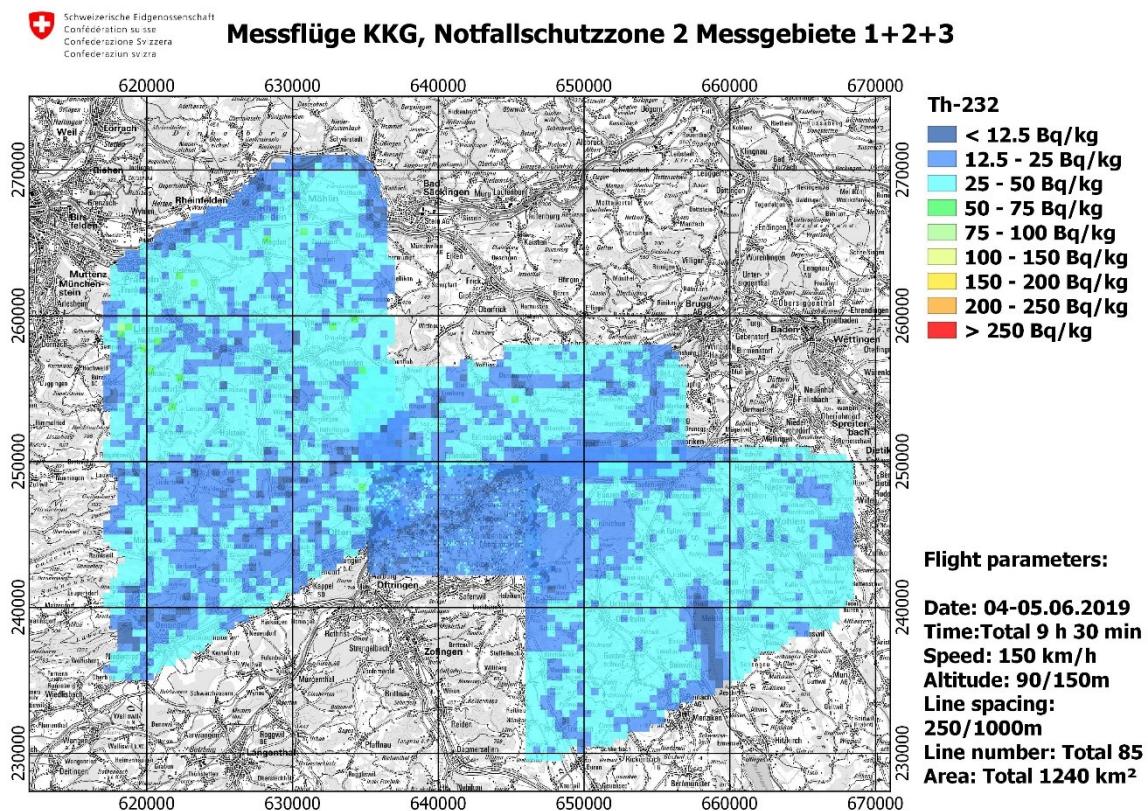


Figure 7 : carte du thorium dans la zone de protection 2 aux environs de la CN de Gösgen, y.c. données issues du programme de mesures standard (réalisée au moyen du logiciel GammaMap)

### 3.3 Vol en ligne transversale entre Coire, Disentis, le col du Lukmanier et Torre (TI)

#### 3.3.1 Vol en ligne transversale : informations concernant le survol radiométrique

Date : 06.06.2019

Lignes de vol : 1 couloir

Durée du vol : 55 min

Zone survolée : env. 100 km

Altitude : env. 90 m

#### 3.3.2 Vol en ligne transversale : débit de dose terrestre naturel

Le débit de dose ambiant a une composante cosmique et une composante terrestre. La composante cosmique dépend de l'altitude de vol. Dans le cas présent, celle-ci est sujette à de fortes fluctuations en raison de la topographie. Quant à la composante terrestre, elle provient des radionucléides naturels présents dans le sol et n'indique que la proportion de rayonnement due à ceux-ci. Pour cette raison, il a été décidé de ne présenter que la carte du débit de dose terrestre naturel.

La carte représentée à la figure 8 ne montre aucune valeur anormale.

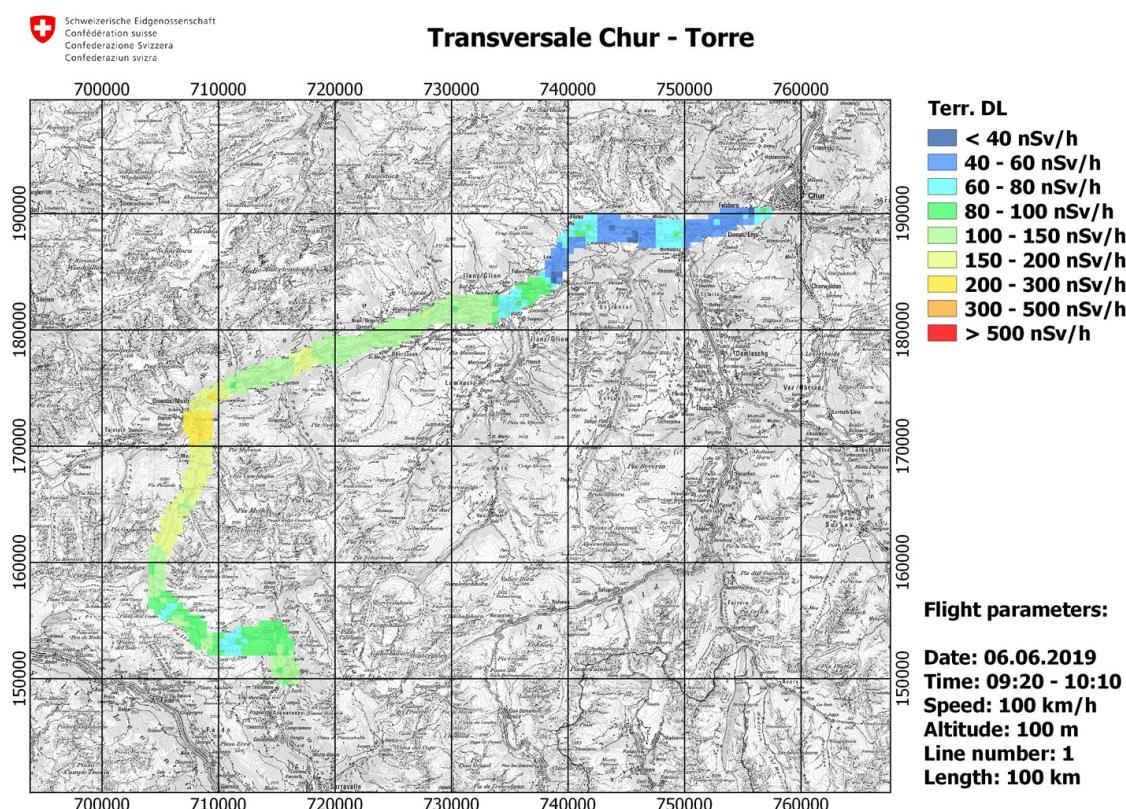


Figure 8 : carte du débit de dose terrestre naturel le long de la trajectoire du vol en ligne transversale  
(réalisée au moyen du logiciel GammaMap)

### 3.3.3 Vol en ligne transversale : radionucléides K-40 et Th-232

Les variations observées au niveau du débit de dose terrestre naturel sont nettement visibles aussi sur les cartes des radionucléides naturels potassium (K-40, figures 9 et 11) et thorium (Th -232; figures 10 et 11). Ces variations sont dues à la géologie.

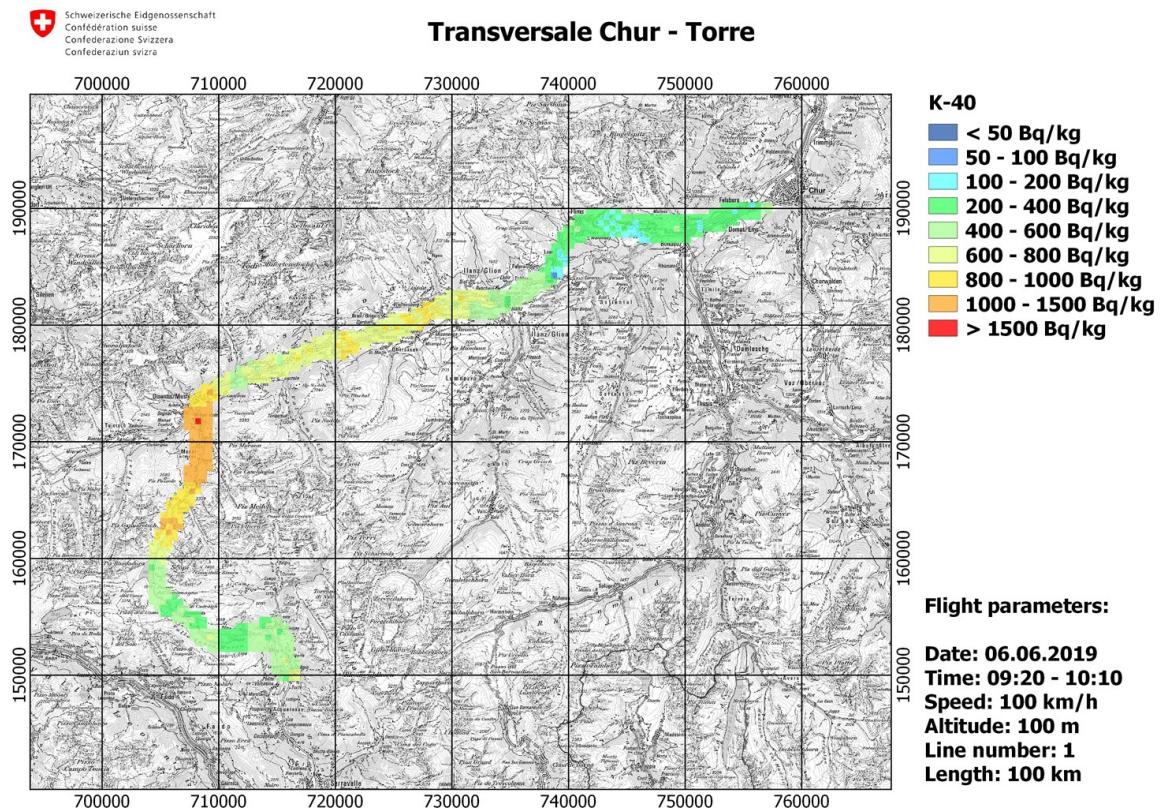


Figure 9 : carte K-40 le long de la trajectoire du vol en ligne transversale (réalisée au moyen du logiciel GammaMap)

### Transversale Chur - Torre

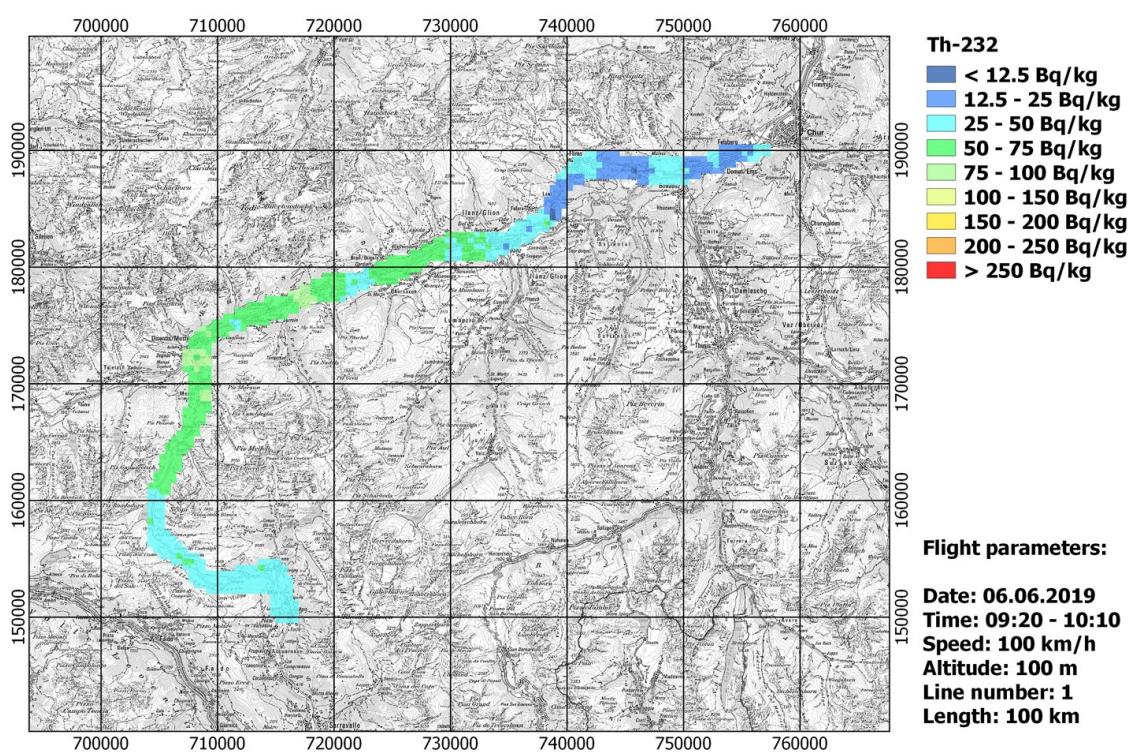


Figure 10 : carte Th-232 le long de la trajectoire du vol en ligne transversale (réalisée au moyen du logiciel GammaMap)

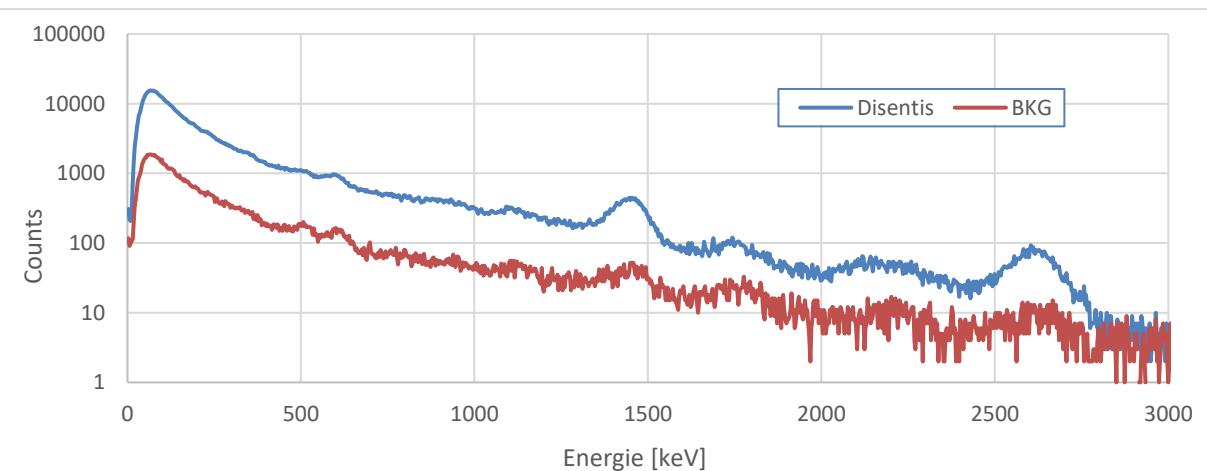


Figure 11 : comparaison des spectres énergétiques dans la région de Disentis (courbe bleue) avec le bruit de fond naturel (courbe rouge foncé, BKG, acronyme de background) enregistré lors du vol aller.  
Les pics de K-40 (1460 keV) et Th-232 (2614 keV) apparaissent clairement.

#### **4 Enseignements tirés de l'exercice d'aéroradiométrie 2019**

- La majorité des objectifs fixés pour la semaine d'exercice d'aéroradiométrie 2018 ont été atteints. Le vol au-dessus de Lugano a dû être annulé en raison des mauvaises conditions météorologiques et le vol en ligne transversale raccourci. Tous les autres vols ont pu être réalisés comme prévu.
- L'exercice ARM19 a permis de confirmer que le nouveau système de mesures introduit l'année dernière apporte des améliorations sur les plans de l'ergonomie et des possibilités d'utilisation. Il permet par exemple de reproduire un écran de la console de mesure sur un dispositif d'affichage à l'intérieur du cockpit, ce qui représente un grand avantage pour le pilote et les opérateurs. Cette fonction permet notamment de communiquer de manière très précise des points de mesure spécifiques au pilote et, par conséquent, d'accomplir les missions efficacement.
- L'exercice ARM19 avait pour objectif principal de consolider les processus mis en place l'année passée. Avec le soutien du Centre de compétences NBC-DEMUNEX, il a aussi permis d'acquérir de nouvelles expériences et d'en tirer des enseignements importants. Les procédures liées au nouveau système ont été optimisées. Ainsi, une évaluation (avec cartes et évaluation des spectres) a lieu en parallèle au sol.
- Il a été possible de tester différentes vitesses de vol et il s'est avéré qu'on peut effectivement opter pour une vitesse plus élevée, en particulier lorsque les couloirs de vol sont plus rapprochés. Une analyse détaillée réalisée suite à cette campagne d'aéroradiométrie devrait permettre de confirmer cette conclusion.
- Lorsque l'altitude de l'avion varie fortement (p. ex. en raison de la topographie des lieux, des conditions météorologiques, d'atterrissements ou de virages pour enchaîner les couloirs de vol), il est préférable d'interrompre momentanément les mesures. C'est ce qui a été fait lors de cette campagne.
- Tous les membres de l'équipe de mesure ont pu continuer de se familiariser avec le nouveau système et les procédures qui y sont liées. Cinq candidats ont été formés dans le cadre de l'exercice ARM19. Ils ont suivi une introduction au système d'aéroradiométrie et aux processus les plus importants. On a pu tester leurs compétences en matière de pilotage. Ces nouveaux opérateurs complèteront leur formation au cours des prochaines campagnes de mesure et pourront ainsi renforcer l'équipe de mesure.
- Afin de parfaire la formation des opérateurs, il est prévu d'installer pendant la semaine de vol les deux consoles de mesure sur le site de la base aérienne afin d'entraîner quelques procédures aussi au sol.
- Le format prédéfini des briefings qui ont lieu avant le vol entre l'équipe de mesure et le pilote a pu être entraîné. Le personnel connaît la procédure et l'applique efficacement.
- Une liste des autres petites améliorations et vérifications nécessaires a été établie. Les listes des points en suspens ont été réunies et traitées dans la mesure du possible.
- Les spécialistes des mesures, les techniciens et les pilotes disposent d'un excellent niveau de formation et d'entraînement.

## 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 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.
2. Estimation du débit de dose ambiant : le débit de dose à 1 m au-dessus du sol est estimé à l'aide du spectre entier. Pour ce faire, l'intégrale des impulsions sur tout le spectre est corrigée avec le bruit de fond, le rayonnement cosmique et les variations de hauteur de vol. Cette valeur corrigée est ensuite convertie à l'aide d'un facteur d'étalonnage en débit de dose. Le débit de dose ambiant est obtenu en additionnant au débit de dose la partie provenant du rayonnement cosmique. Cette dernière est déterminée mathématiquement en fonction de l'altitude du point mesuré.

Lors de l'interprétation des cartes aéroradiométriques, il convient de tenir compte du fait que les mesures effectuées en vol 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 dans le voisinage des centrales nucléaires

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

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

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

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