



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

Loertscher Yves

03.09.07

Mesures aériennes 2007, du 27 au 30.08.2007

Rapport sur les mesures aéroradiométriques et présentation des résultats

Le présent rapport est disponible sur le site de la CENAL www.naz.ch.

Distribution:

- participants
- CENAL: C CENAL, section radioactivité, circulation, cdt EM CF CENAL, C Section OM, EM CF CENAL
- DSN: G. Schwarz, B. Bucher
- Prof. L. Rybach
- ELTA
- pilotes
- OFSP
- Cen comp NBC
- INTERNET

| |
|----------------------------------|
| INTEGRIERTES MANAGEMENTSYSTEM |
| ISO 9001 / 14001 |
| OHSAS 18001 |

Tables des matières

| | |
|---|----|
| <u>1. Introduction</u> | 3 |
| <u>2. Objectifs de l'exercice d'aéroradiométrie</u> | 3 |
| <u>3. Résultats des mesures CN Mühleberg (CNM)</u> | 4 |
| <u>3.1. Carte du débit de dose ambiante</u> | 4 |
| <u>3.2. Carte MMGC (Man Made Gross Count)</u> | 5 |
| <u>3.3. Carte Cs-137</u> | 6 |
| <u>3.4. Carte Co-60 (taux de comptage nets)</u> | 7 |
| <u>3.5. Spectre de l'énergie au-dessus de la CNM: double ligne du Co</u> | 8 |
| <u>4. Résultats des mesures CN Gösgen (CNG)</u> | 9 |
| <u>4.1. Carte du débit de dose ambiante</u> | 9 |
| <u>4.2. Carte MMGC</u> | 11 |
| <u>4.3. Carte Cs-137</u> | 12 |
| <u>5. Résultats de l'exercice d'intervention dans la région de Frauenfeld</u> | 13 |
| <u>5.1. Carte du débit de dose ambiante (équipe 1)</u> | 14 |
| <u>5.2. Carte MMGC (équipe 1)</u> | 15 |
| <u>5.3. Carte Cs-137 (équipe 1)</u> | 16 |
| <u>5.4. Carte du débit de dose ambiante (équipe 2)</u> | 17 |
| <u>5.5. Carte MMGC (équipe 2)</u> | 18 |
| <u>5.6. Carte Cs-137 (équipe 2)</u> | 19 |
| <u>6. Recherche de sources radioactives sur le site de la gare de triage de Muttenz</u> | 20 |
| <u>6.1. Carte du débit de dose ambiante</u> | 20 |
| <u>6.2. Carte MMGC</u> | 21 |
| <u>6.3. Carte Cs-137</u> | 22 |
| <u>6.4. Carte Co-60</u> | 23 |
| <u>7. Cartographie combinée</u> | 24 |
| <u>7.1. Résultats partie suisse</u> | 24 |
| <u>7.1.1. Carte du débit de dose ambiante</u> | 24 |
| <u>7.1.2. Carte MMGC</u> | 25 |
| <u>7.1.3. Carte Cs-137</u> | 27 |
| <u>7.1.4. Carte K-40</u> | 28 |
| <u>7.2. Résultats: carte composée des équipes allemande – française - suisse</u> | 29 |
| <u>7.2.1. Carte du débit de dose ambiante</u> | 29 |
| <u>7.2.2. Carte MMGC</u> | 29 |
| <u>7.2.3. Carte Cs-137</u> | 30 |
| <u>7.2.4. carte K-40</u> | 31 |
| <u>8. Problème de localisation</u> | 31 |
| <u>9. Commentaires des cartes aéroradiométriques (B. Bucher, DSN)</u> | 32 |

1. Introduction

Cette année, deux équipes de mesure étrangères étaient invitées à participer à l'exercice annuel du groupe ARM de la CENAL, l'une du « Bundesamt für Strahlenschutz » en collaboration avec la police fédérale allemande et l'autre du Commissariat à l'Energie Atomique CEA (en collaboration avec l'armée de l'air); elles ont toutes effectué le même programme mais à des moments différents.

Cet exercice trinational vise à tester la coopération transfrontalière, à permettre des échanges d'informations entre spécialistes ARM et à vérifier la compatibilité des données.

2. Objectifs de l'exercice d'aéroradiométrie

- Survol et cartographie des environs immédiats des centrales nucléaires de Gösgen et Mühleberg. Programme annuel obligatoire du groupe suisse d'aéroradiométrie.
- Localisation et identification de sources radioactives errantes à l'aide de mesures aéroradiométriques par spectrométrie gamma sur une surface importante;
- Cartographie combinée de l'agglomération trinationale de Bâle. Les trois groupes de mesure se partagent un vaste secteur afin d'établir une carte radiologique de la répartition spatiale des radionuclides naturels et artificiels. A cette fin, des vols de mesure sont effectués au-dessus des trois territoires nationaux.
- Présentation à la presse du potentiel des mesures aéroradiométriques par spectro-métrie gamma; communication avec les organes de presse régionaux et les autorités locales.
- Etablissement d'un rapport d'une qualité irréprochable comportant un condensé des résultats le matin suivant le dernier vol.
- Application pratique et évaluation des instructions concernant les mesures et leur appréciation, rédigées dans le cadre de l'exercice 2006. Corrections et compléments si nécessaire.

3. Résultats des mesures CN Mühleberg (CNM)

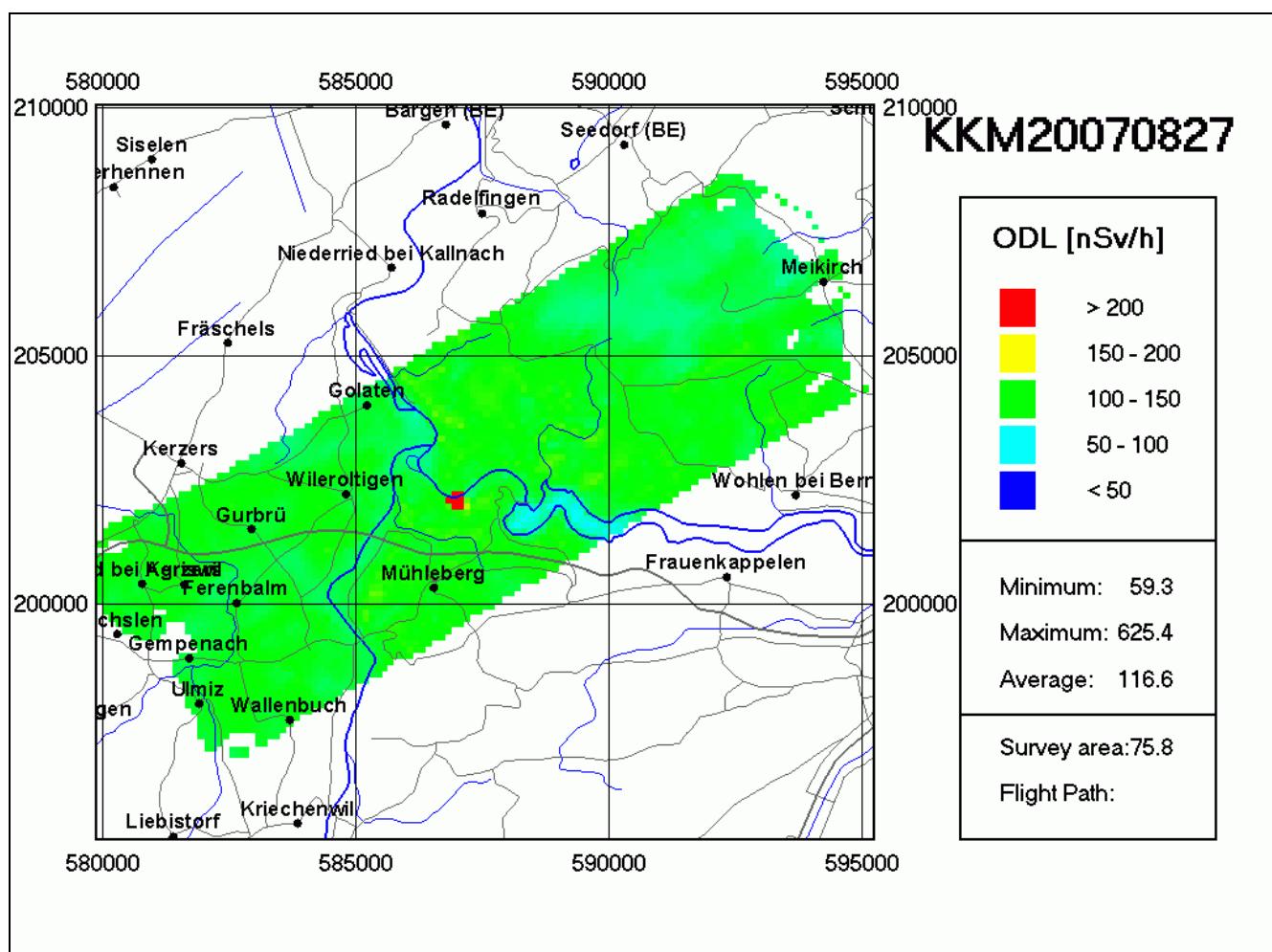
Mesures de contrôle biennales

Date: 27.08.2007
Nombre de lignes: 20 lignes, distance 250 m
Durée du vol: 2,25 h
Zone survolée: CNM; env. 75 km²
Altitude au-dessus du sol: env. 100 m

3.1. Carte du débit de dose ambiante

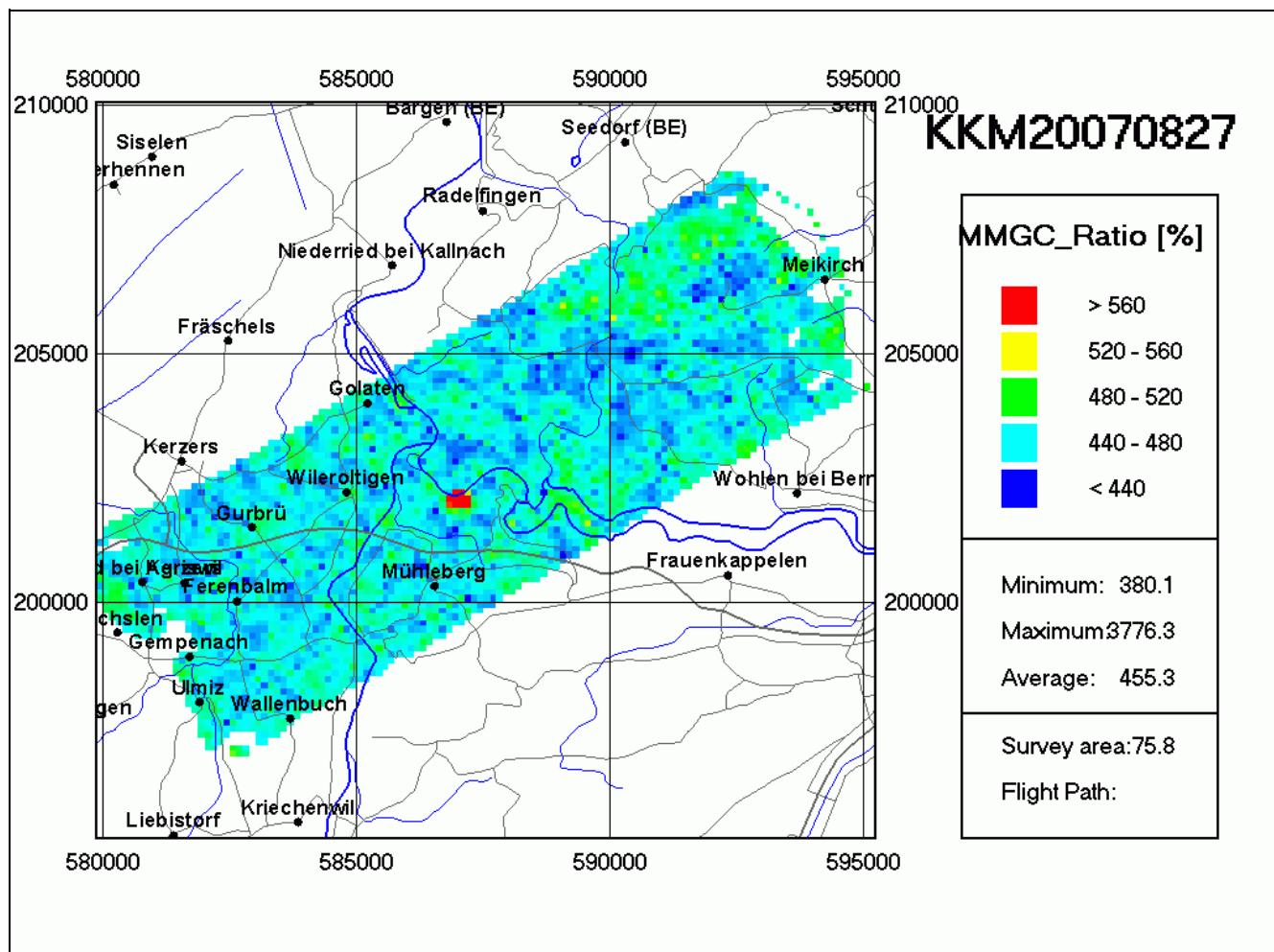
Des valeurs plus élevées du débit de dose ambiante par rapport au reste de la zone survolée sont mesurées à l'intérieur du périmètre de la centrale. Cette hausse provient de composants activés entreposés temporairement sur le site de la centrale (Voir la carte Co "Cobalt_CR [cps]"), la CNM faisant l'objet de travaux de révision au moment des mesures.

En dehors de la clôture du site, on n'a mesuré aucune valeur supérieure à celles des années passées.



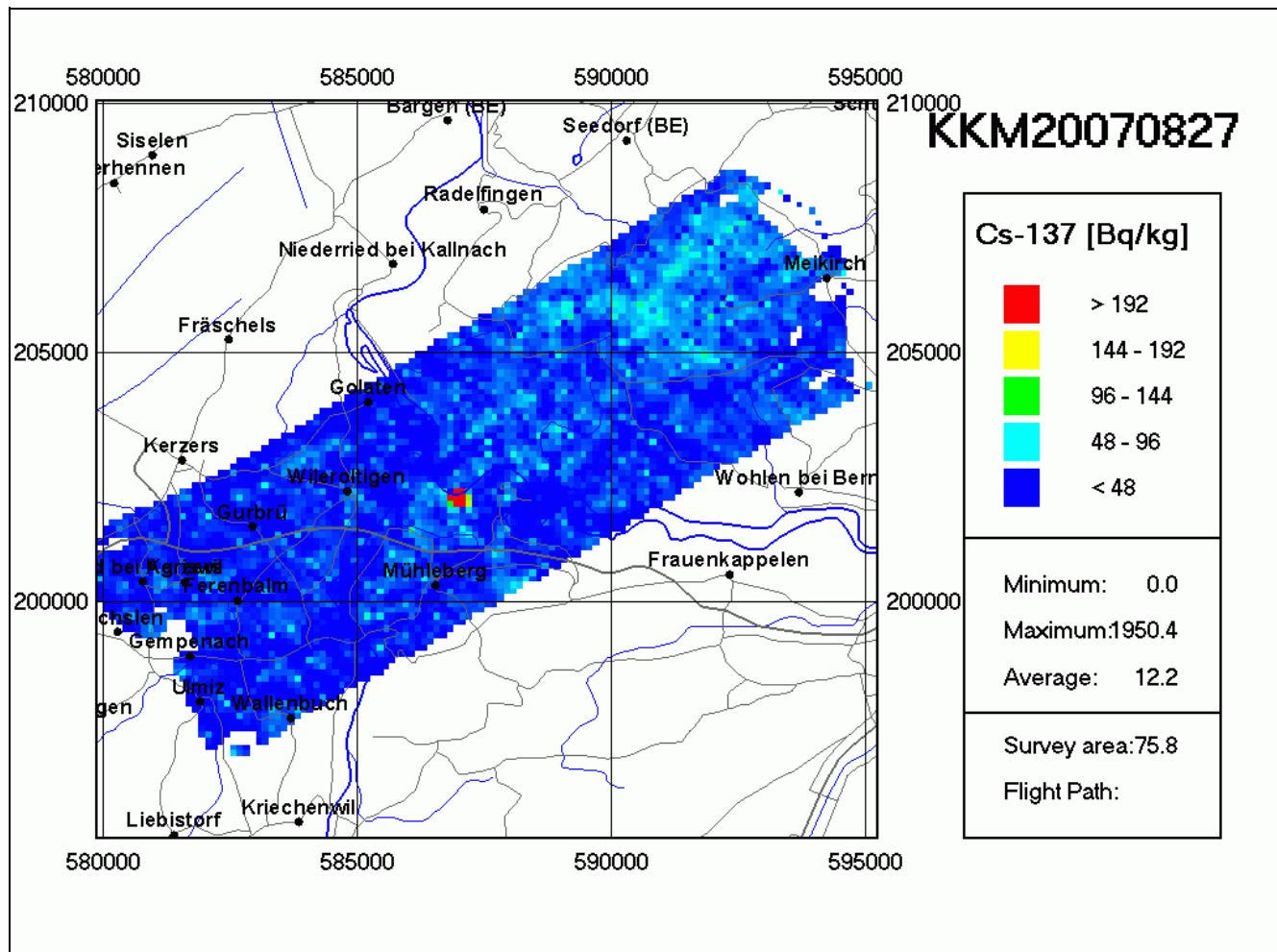
3.2. Carte MMGC (Man Made Gross Count)

La carte MMGC indique, comme la carte du débit de dose ambiante, une augmentation artificielle de la radioactivité aux environs de la CNM.

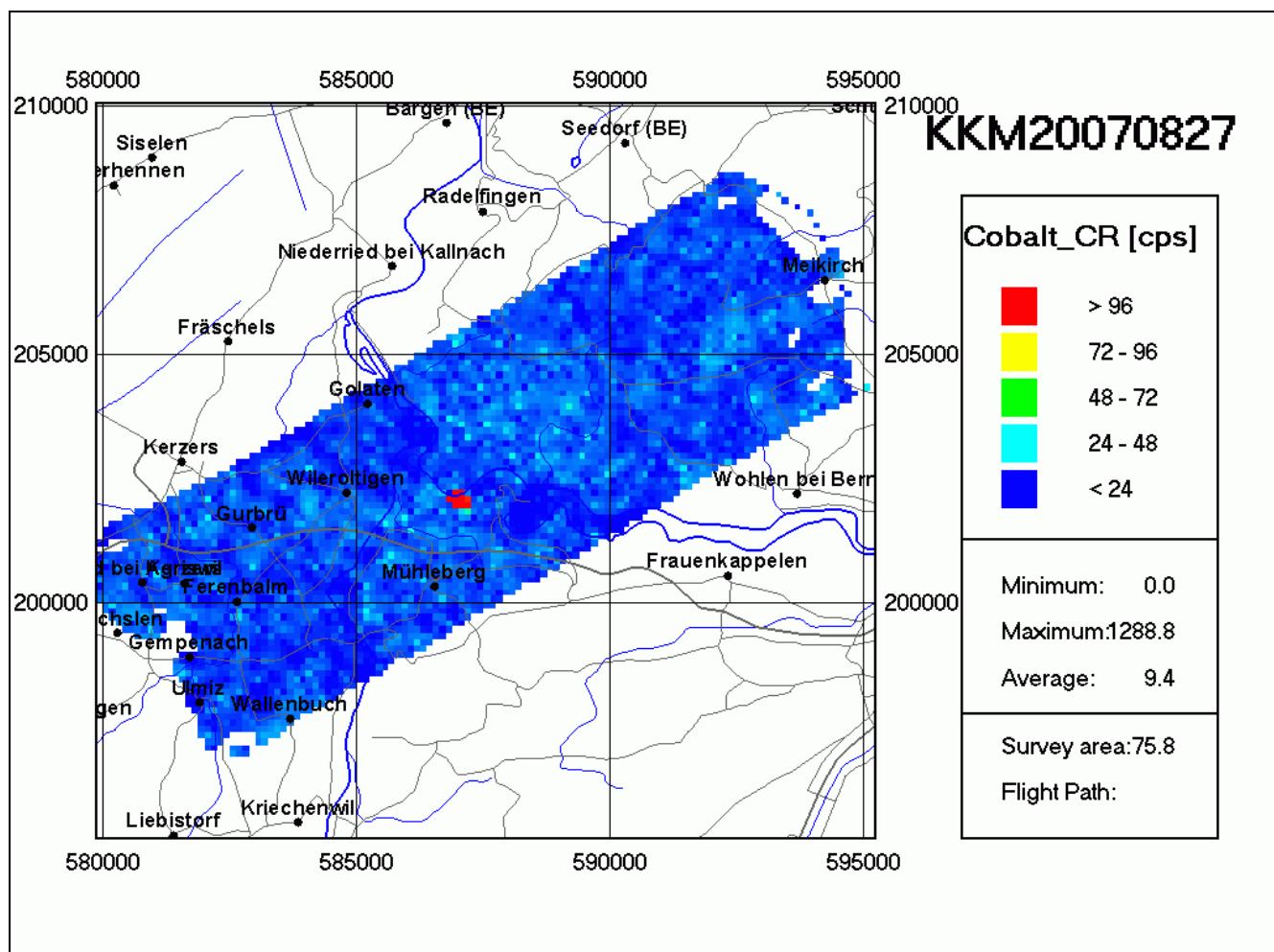


3.3. Carte Cs-137

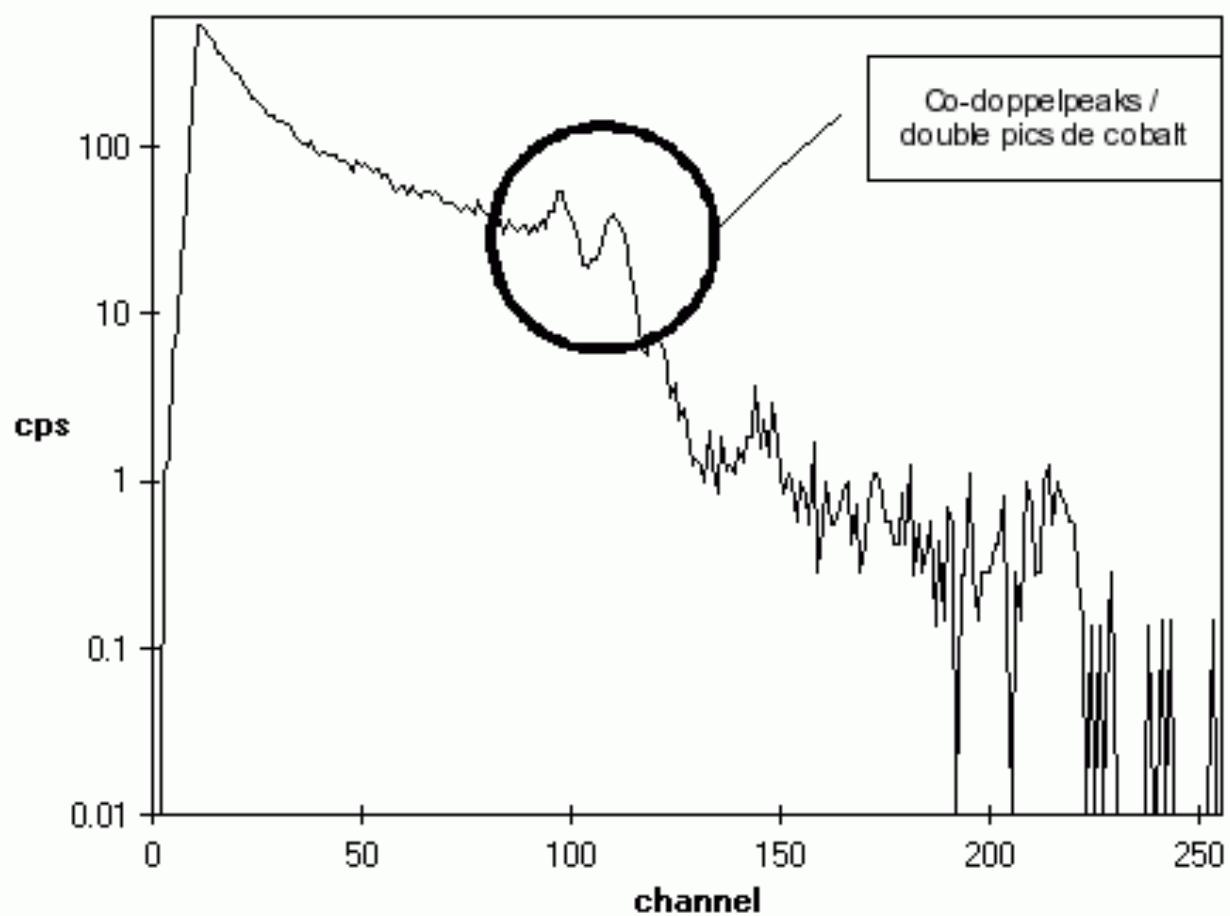
Aux environs de la CNM, la carte Cs-137 indique une activité imputable à la diffusion de Co qui fait interférence.



3.4. Carte Co-60 (taux de comptage nets)



Voir également le spectre de la page suivante.



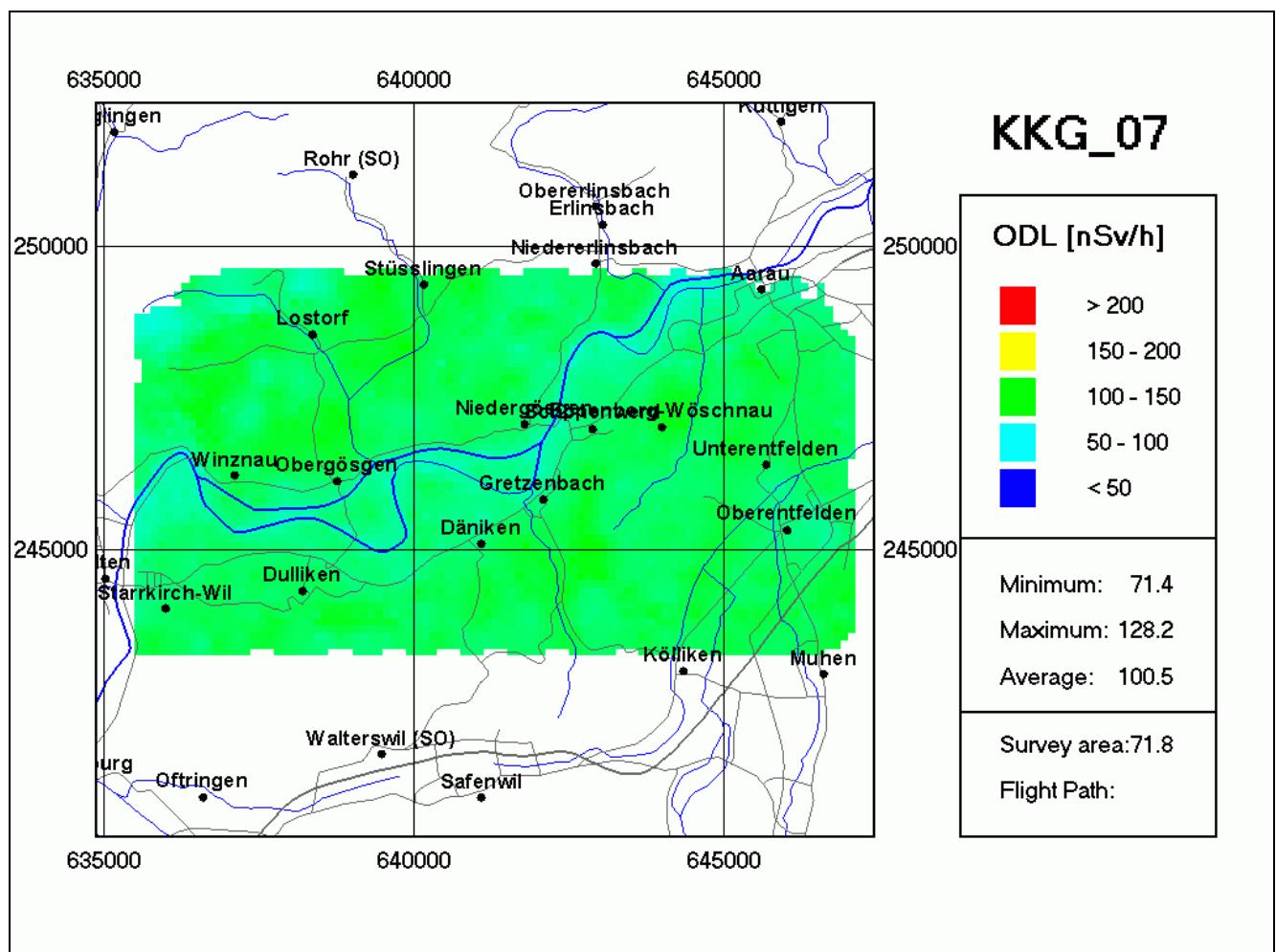
3.5. Spectre de l'énergie au-dessus de la CNM: double ligne du Co

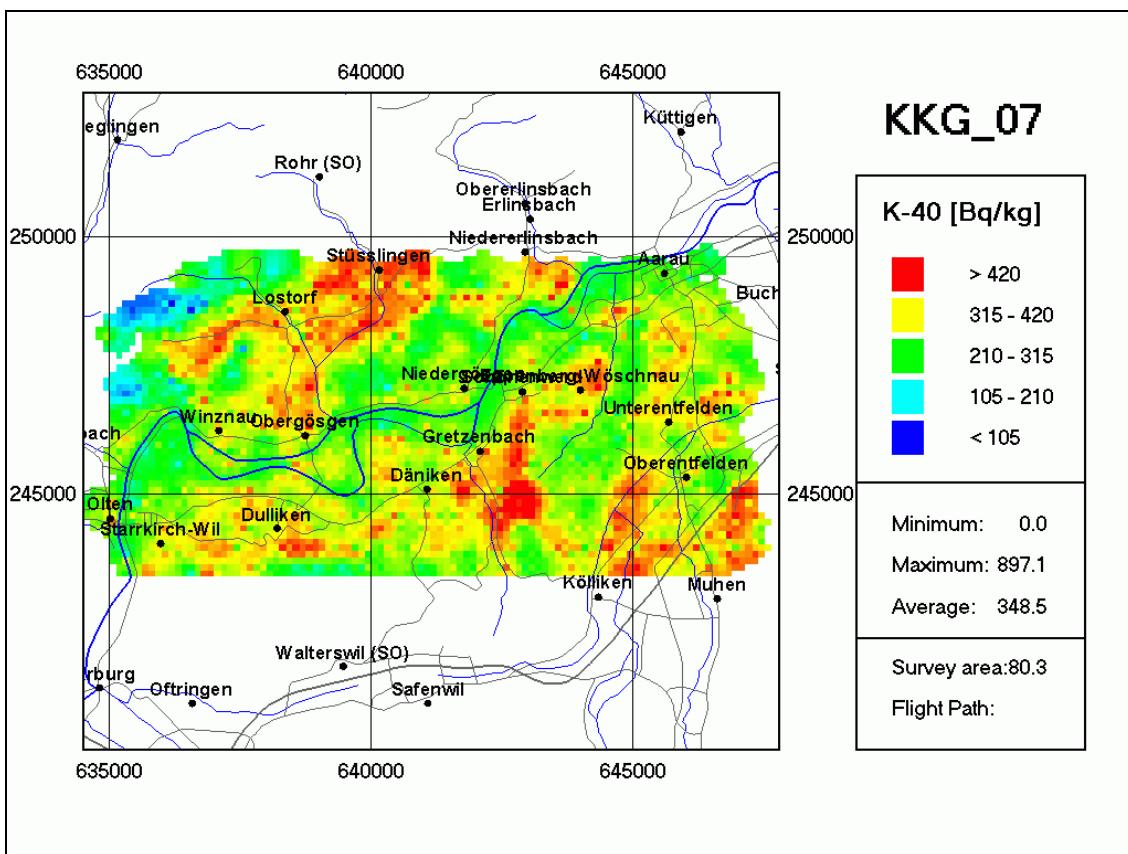
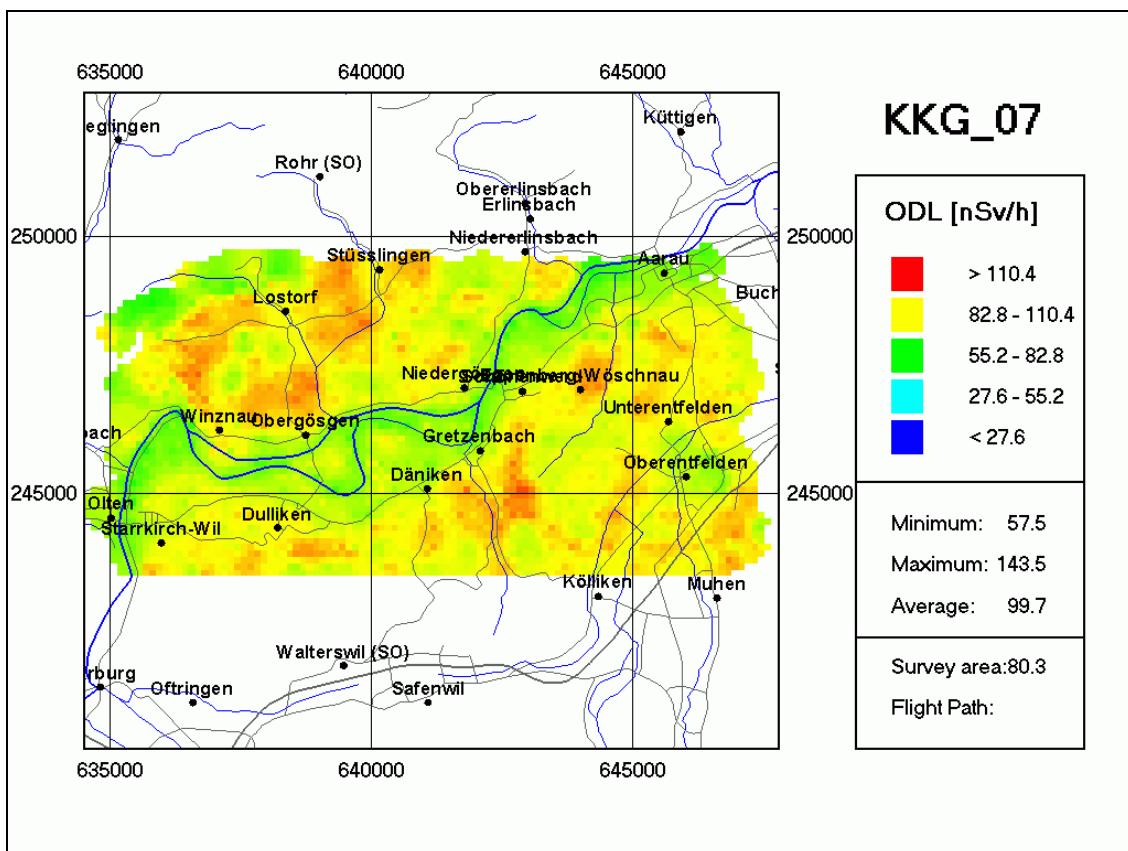
4. Résultats des mesures CN Gösgen (CNG)

Date: 28.08.2007
Nombre de lignes: 24 lignes
Durée du vol: 1,75 h
Zone survolée: env. 50 km²
Altitude au-dessus du sol: env. 100 m

4.1. Carte du débit de dose ambiante

Les valeurs du débit de dose ambiante mesurées dans la zone de la CNG sont similaires à celles des années passées. Les variations constatées sont dues à des différences de nature topographique (végétation, cours d'eau, etc.). Les valeurs du débit de dose ambiante correspondent à la concentration de K-40 dans le sol (voir plus loin graphiques correspondants, à échelle étendue). La CNG n'apparaît pas sur les cartes.

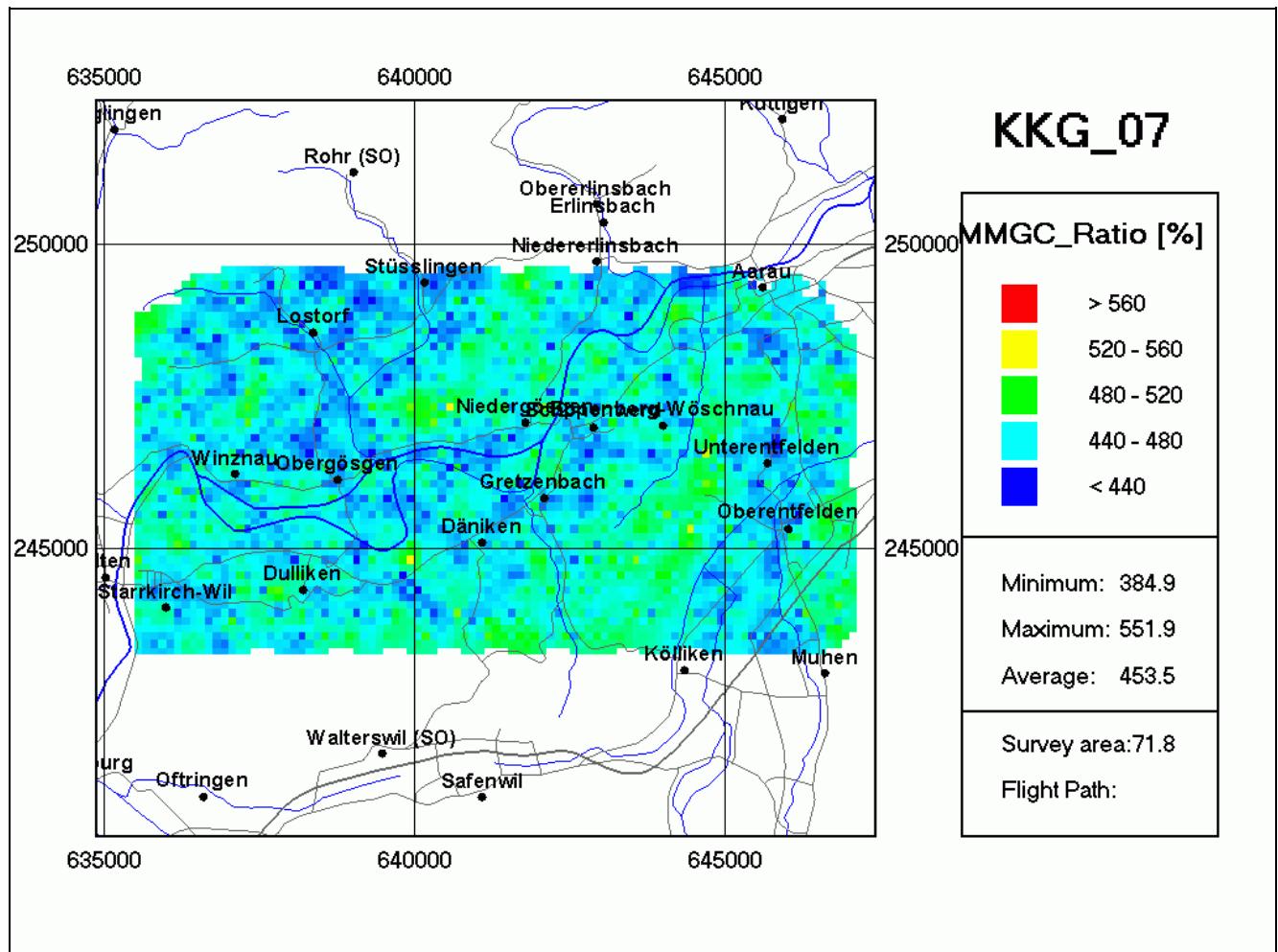




Les valeurs de K-40 mesurées correspondent aux variations naturelles de cet élément radioactif naturel (variation entre 300 et 900 Bq/kg selon l'OFSP).

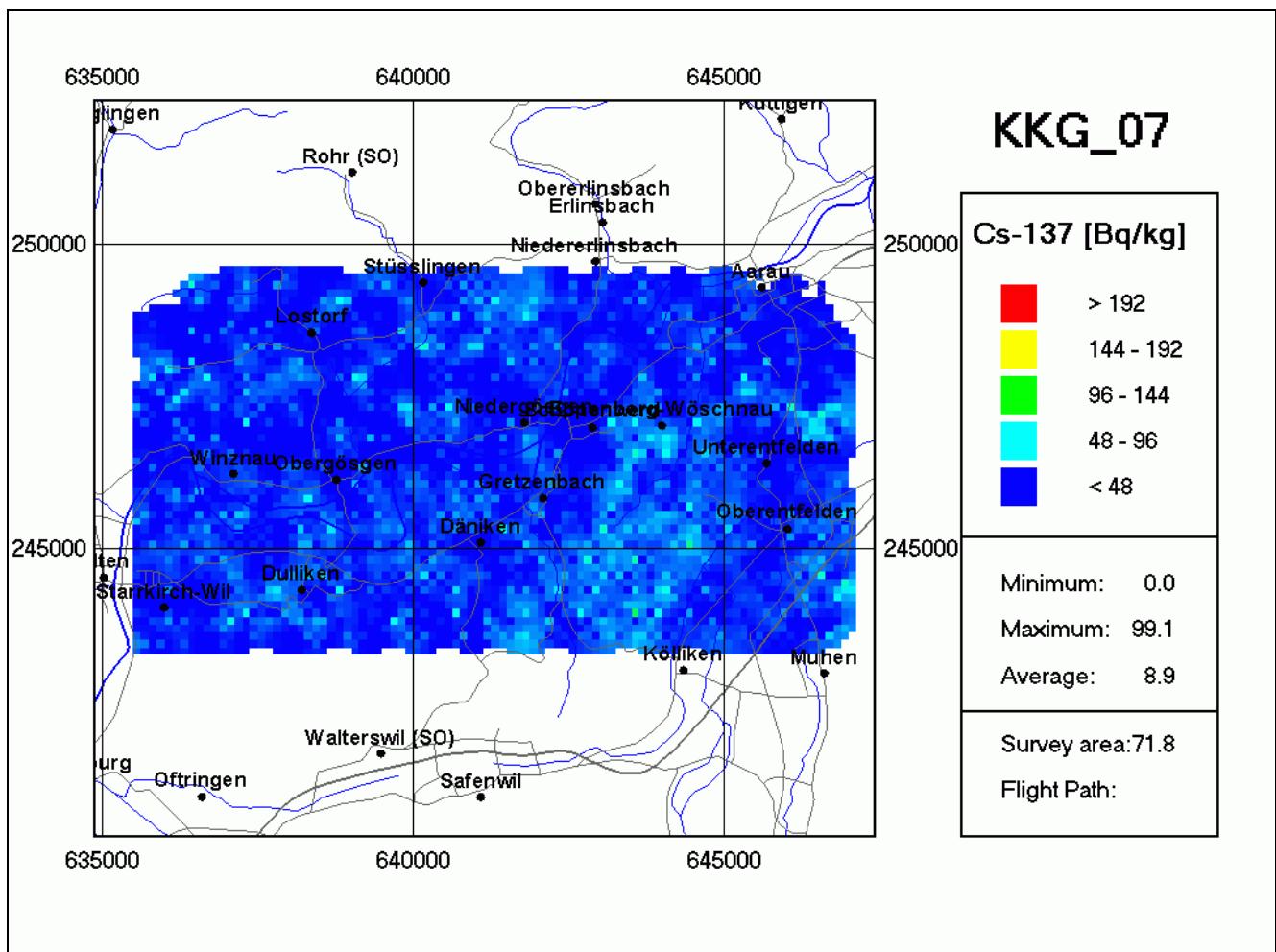
4.2. Carte MMGC

Tout comme la carte du débit de dose ambiante, la carte MMGC n'indique aucune augmentation artificielle de la radioactivité.



4.3. Carte Cs-137

La carte Cs-137 du vol effectué au-dessus de la CNG ne présente aucune valeur indiquant une augmentation de l'activité Cs.



5. Résultats de l'exercice d'intervention dans la région de Frauenfeld

Date: 27.08.2007
Nombre de lignes: 9 lignes, plus vol stationnaire
Durée du vol: 1h
Zone survolée: Thundorf-Mettendorf, à l'est de Frauenfeld
Altitude au-dessus du sol: env. 100 m

Scénario

On suppose qu'une source radioactive a été perdue dans le secteur de Thundorf-Mettendorf, à l'est de Frauenfeld. La Section OM de la CENAL est chargée de la détecter. Le groupe ARM est divisé en deux équipes.

Remarque de la direction de l'exercice:

Cet exercice a pour but d'entraîner la procédure de recherche de source (préparation du vol, briefing des pilotes, vol de mesure et dépouillement des résultats).

Aucune source radioactive n'a été déposée dans le terrain.

Equipe 1

Après le survol de toutes les lignes, les coordonnées d'un emplacement possible sont communiquées au pilote. Par la suite, les pilotes ne reçoivent plus que des indications orales concernant les positions. Ce mode de faire s'est avéré plus simple et plus efficace. Aucune source radioactive importante n'a pu être localisée.

Equipe 2

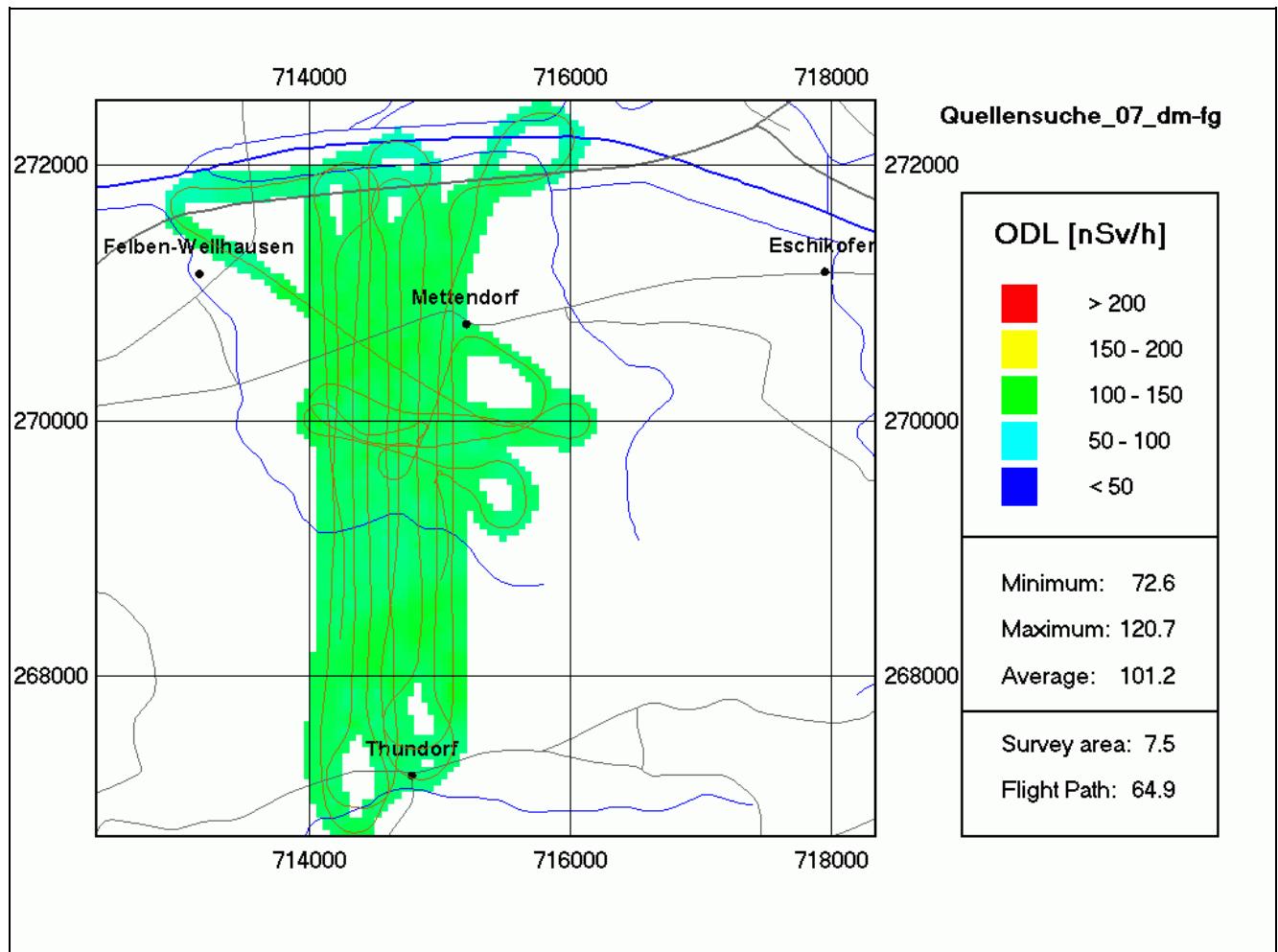
L'équipe 2 a effectué la même intervention dans le même secteur (légèrement plus à l'est).

Remarque générale:

Lors du déroulement de l'exercice, un décalage est apparu entre les systèmes GPS de l'hélicoptère et de l'ARM. Seule l'équipe 1 a eu ce décalage. Les équipes ARM vont analyser et le cas échéant résoudre ce problème, car ce genre de décalage peut avoir des conséquences lors de la localisation de sources.

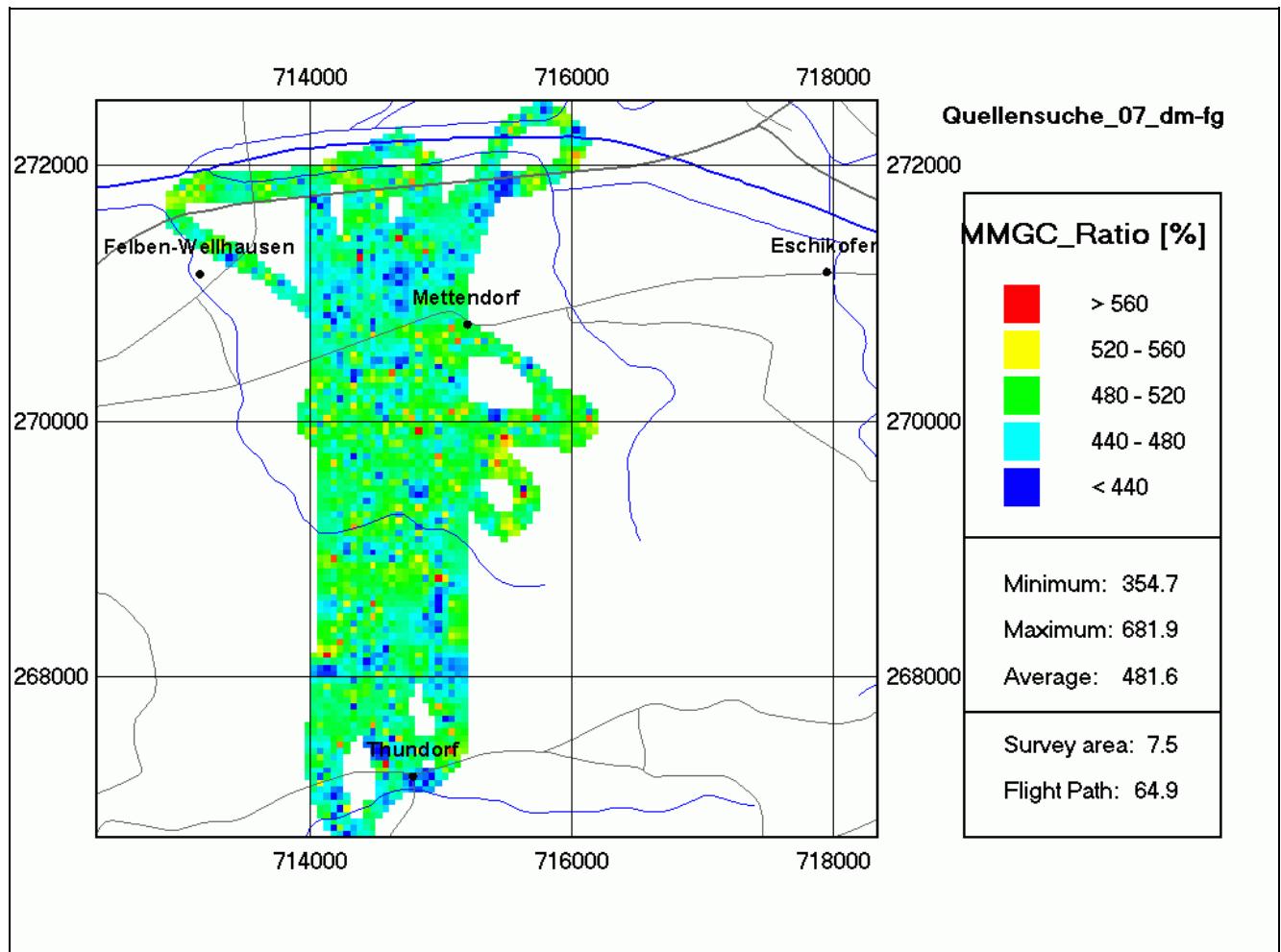
5.1. Carte du débit de dose ambiante (équipe 1)

La carte du débit de dose ambiante établie dans le cadre de l'exercice d'intervention n'indique que des valeurs normales.



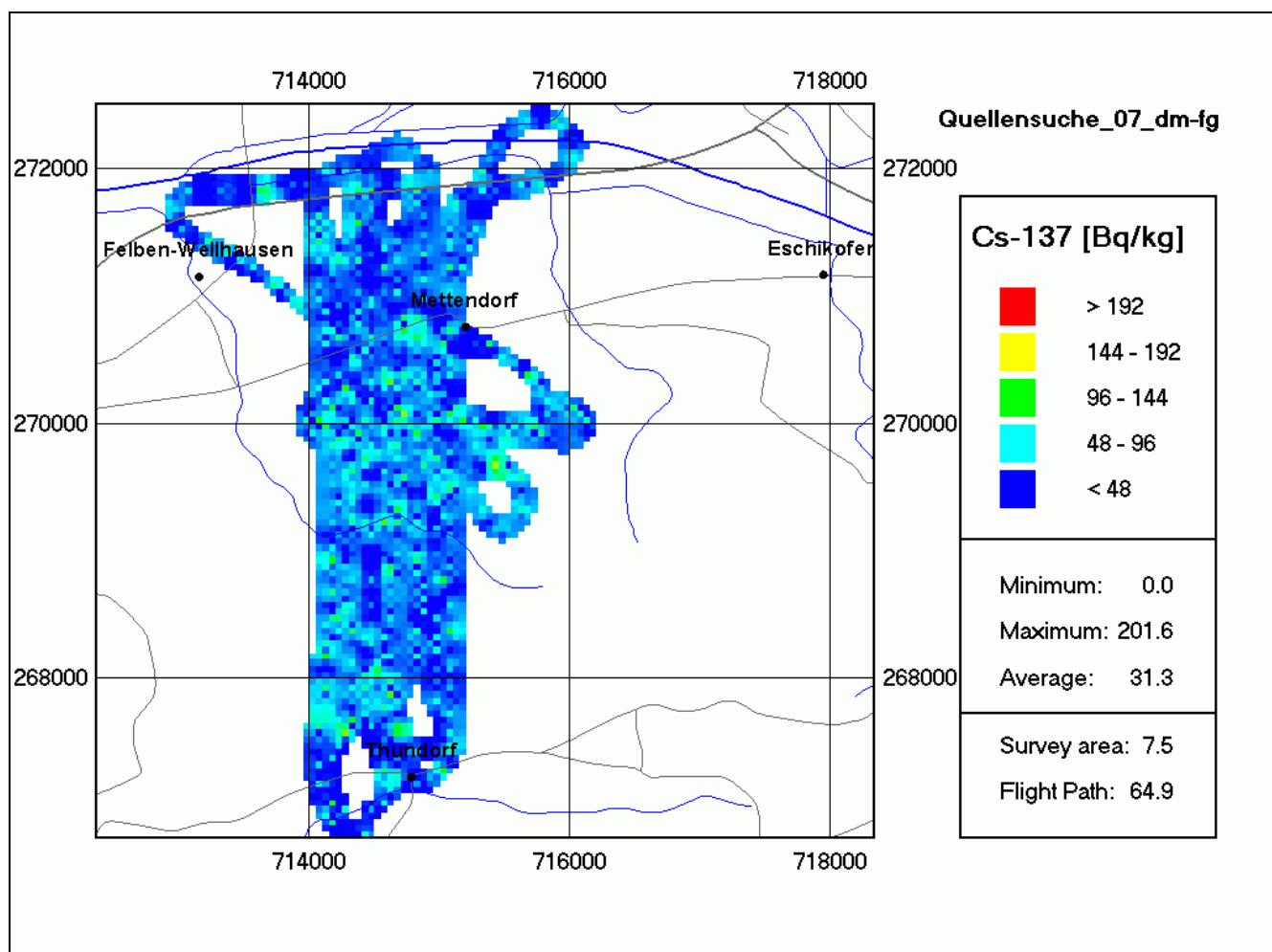
5.2. Carte MMGC (équipe 1)

Comme la carte de débit de dose ambiante, la carte MMGC n'indique aucune augmentation artificielle de la radioactivité. Des valeurs élevées isolées du rapport MMGC ont été mesurées au sud de Mettendorf. Elles sont liées à la marge d'erreur statistique du taux de comptage sur ces points, ce qui fausse le calcul du rapport MMGC.



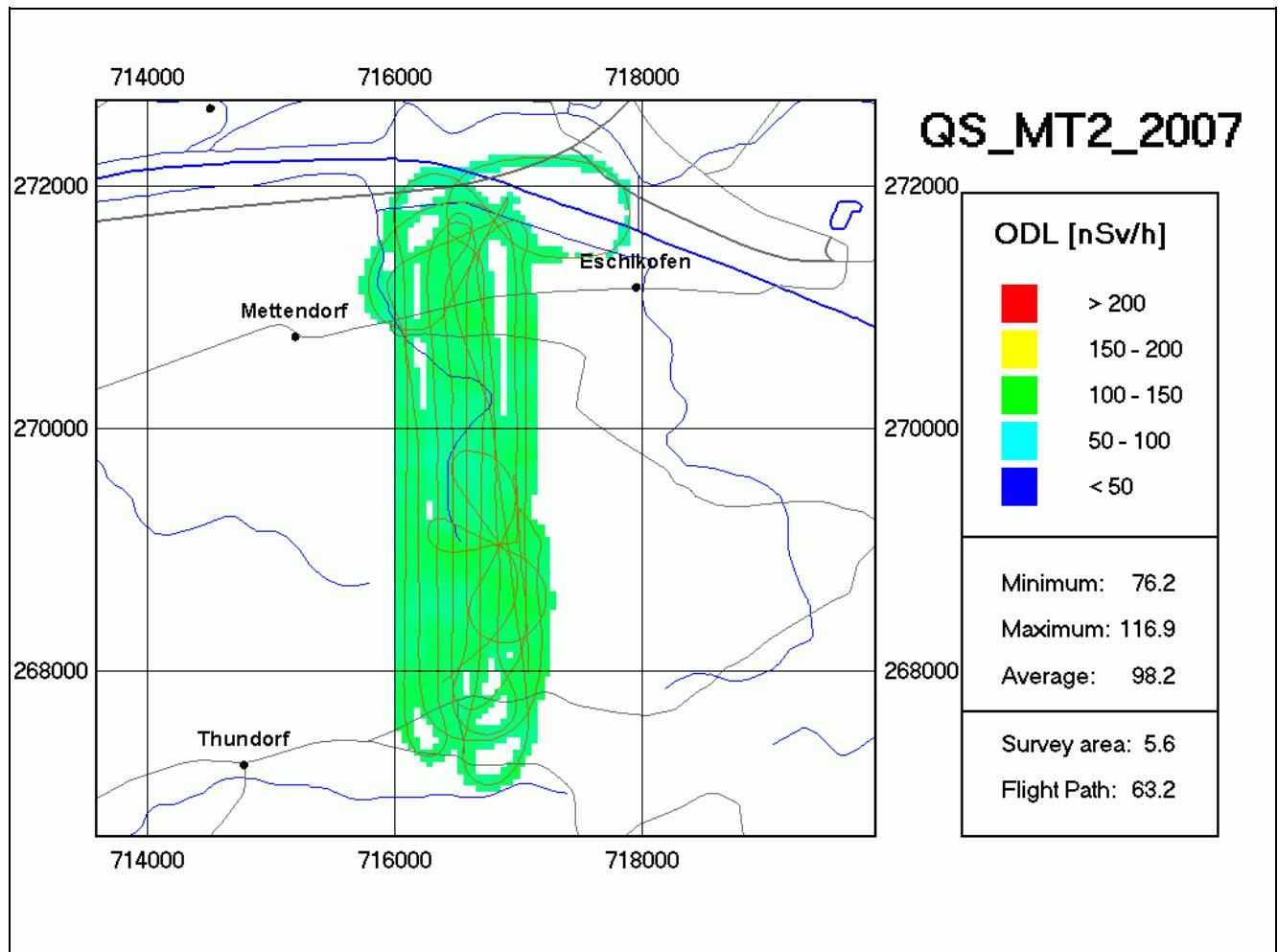
5.3. Carte Cs-137 (équipe 1)

La carte ne présente aucune valeur indiquant une présence élevée de Cs.



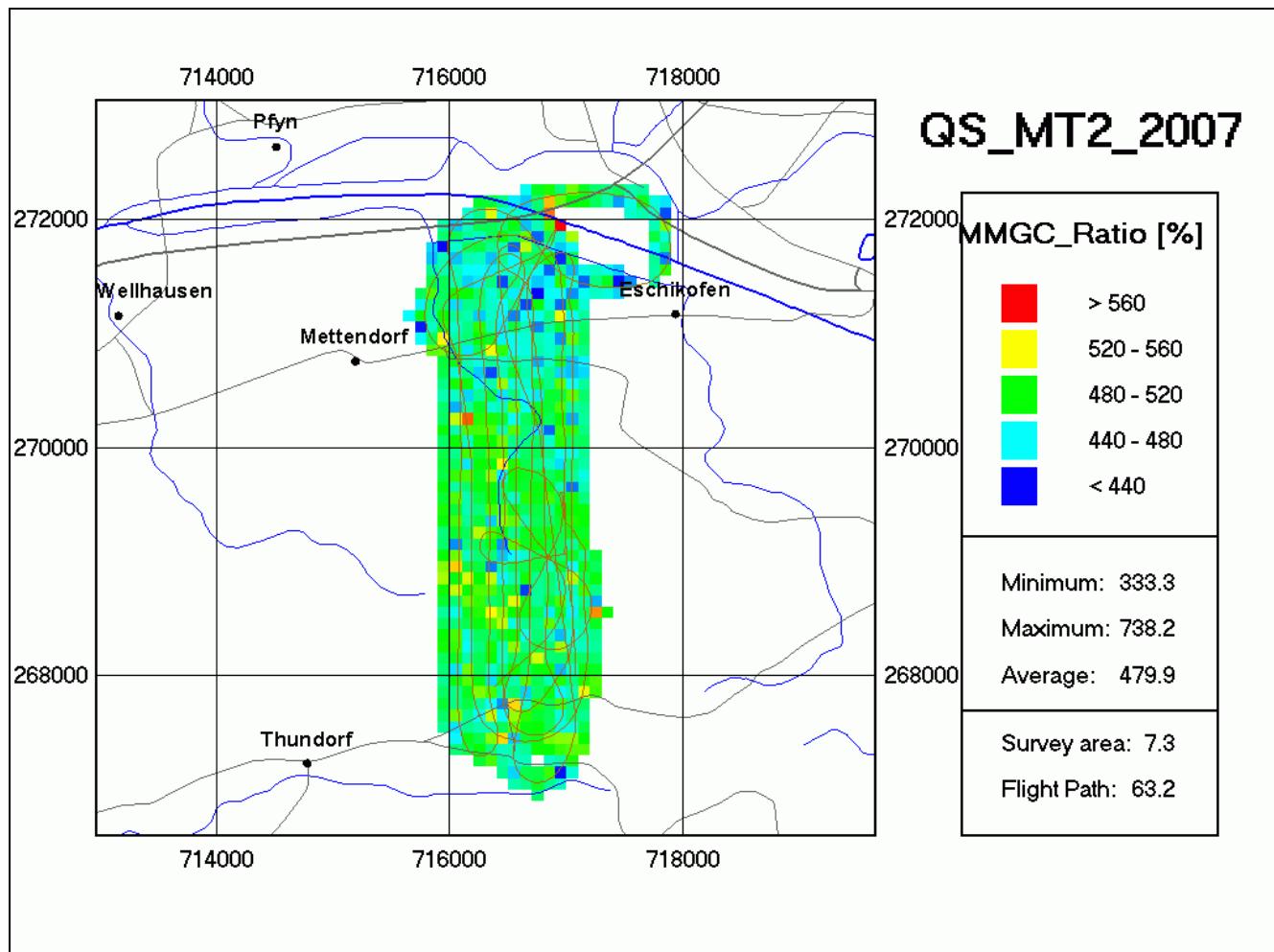
5.4. Carte du débit de dose ambiante (équipe 2)

La carte du débit de dose ambiante établie dans le cadre de l'exercice d'intervention n'indique que des valeurs normales.



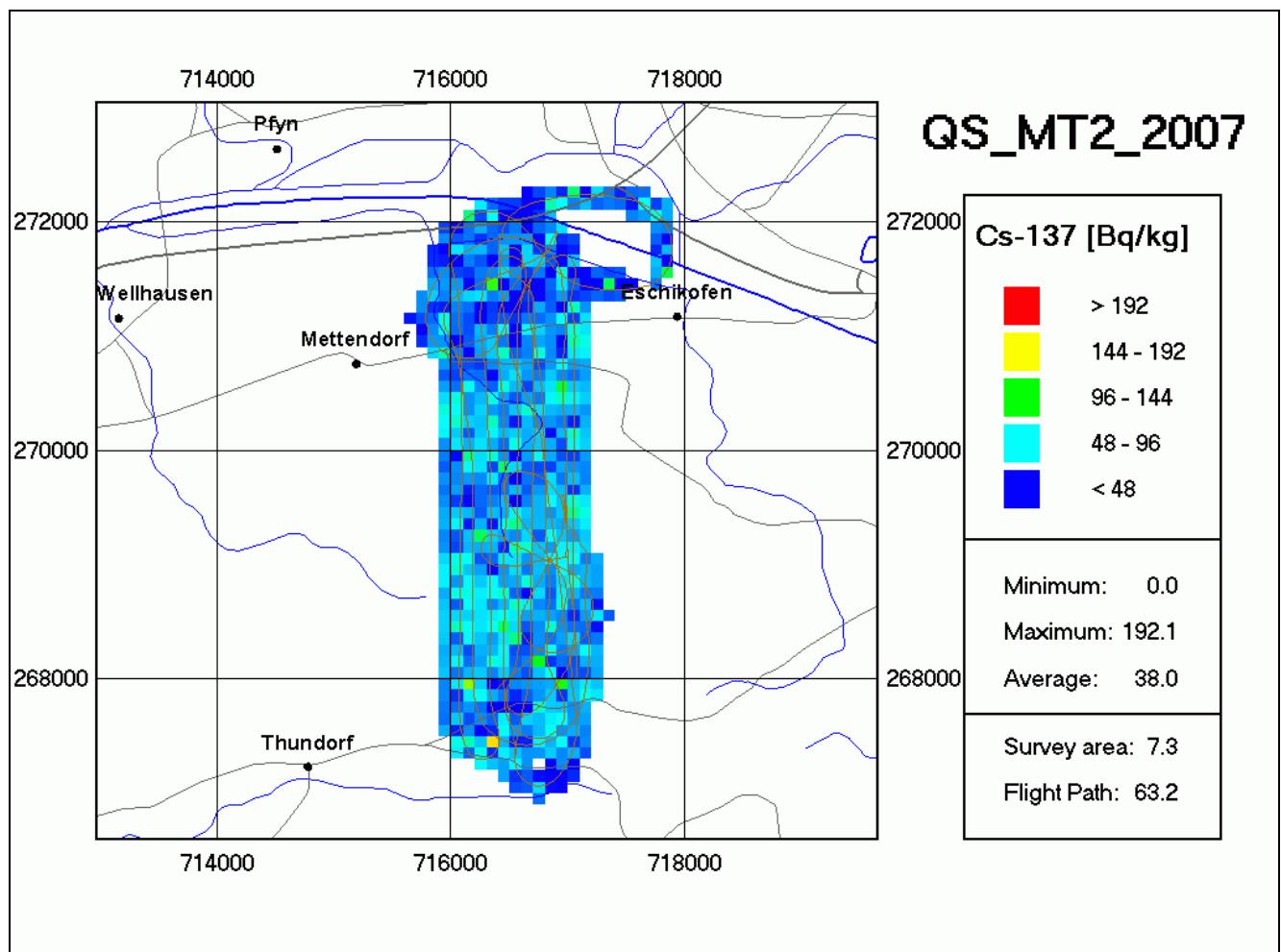
5.5. Carte MMGC (équipe 2)

Tout comme la carte du débit de dose ambiante, la carte MMGC n'indique aucune augmentation artificielle de la radioactivité. Des valeurs élevées isolées du rapport MMGC ont été mesurées au nord-est de Mettendorf. Elles sont liées à la marge d'erreur statistique du taux de comptage sur ces points (basse activité sous les cours d'eau), ce qui fausse le calcul du rapport MMGC.



5.6. Carte Cs-137 (équipe 2)

La carte ne présente aucune valeur indiquant une présence élevée de Cs.

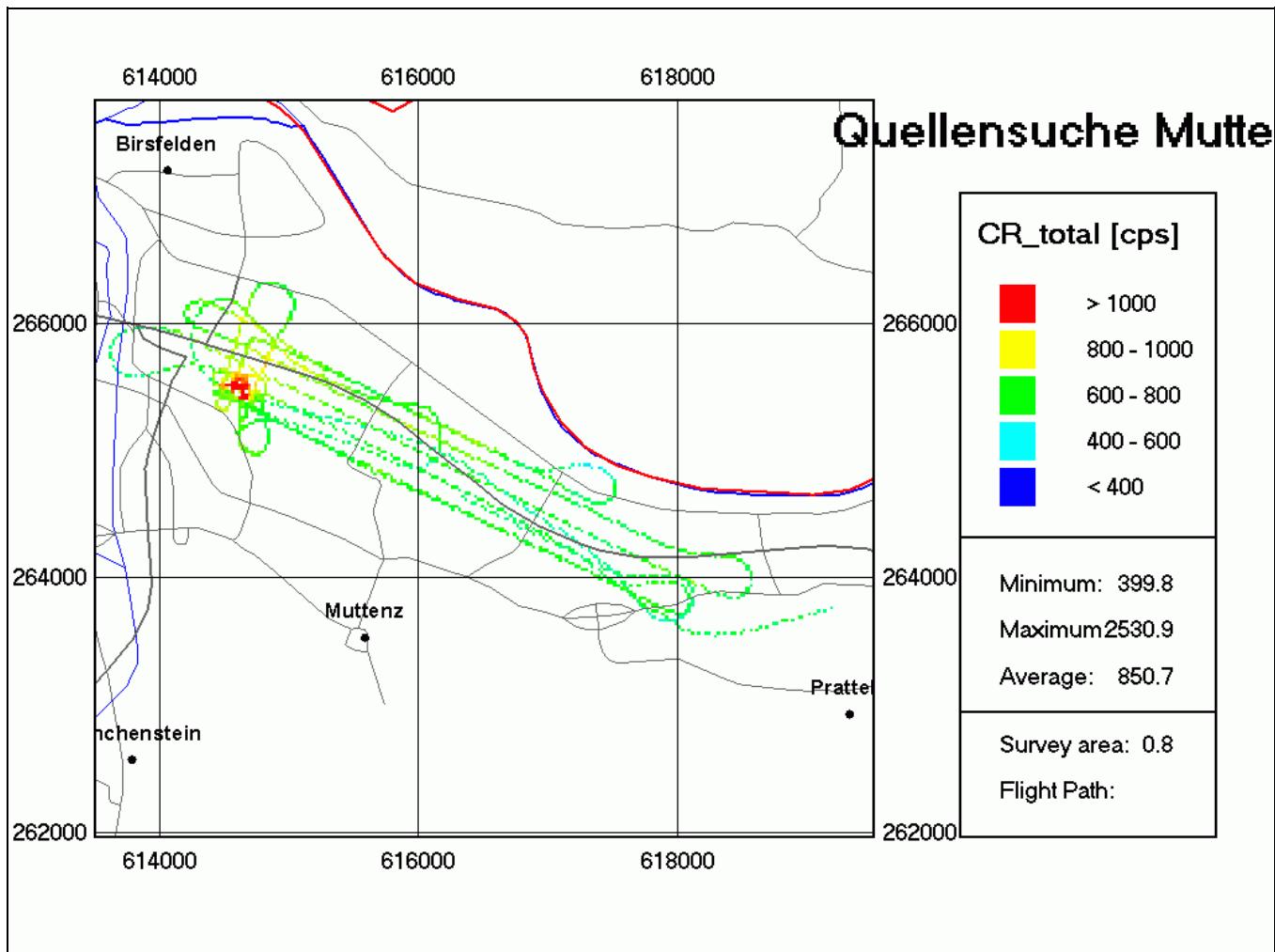


6. Recherche de sources radioactives sur le site de la gare de triage de Muttenz

Date: 28.08.2007
Nombre de lignes: 4 lignes
Durée du vol: 0,25 h
Zone survolée: env. 1.5 km²
Altitude au-dessus du sol: env. 100 m

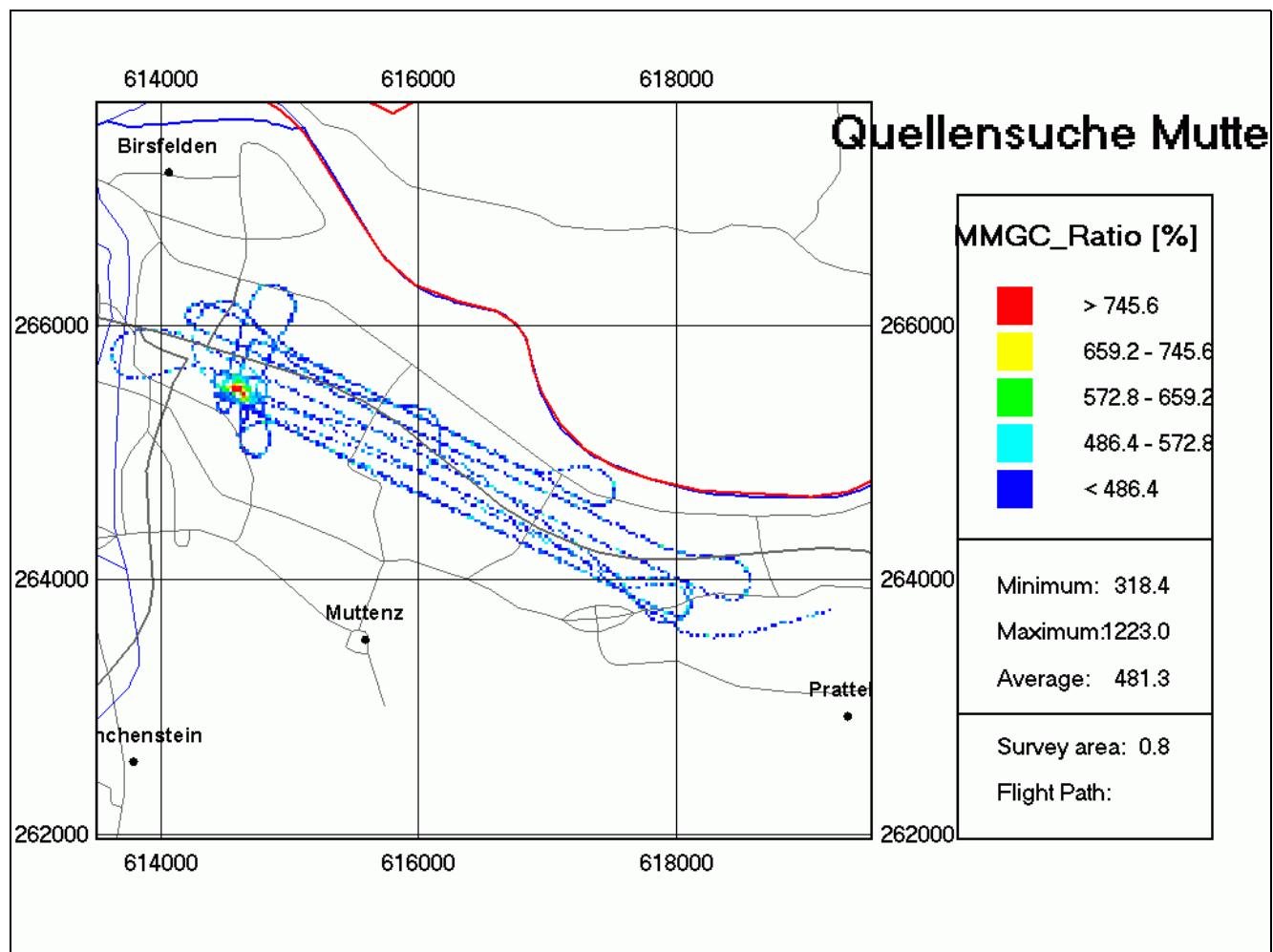
6.1. Carte du débit de dose ambiante

On peut voir une zone présentant un débit de dose plus élevé sur la carte ci-dessous. Un survol transversal des lignes de mesures dans cette zone a permis de récolter davantage de données. Il n'a cependant pas été possible de déterminer le nombre de sources.



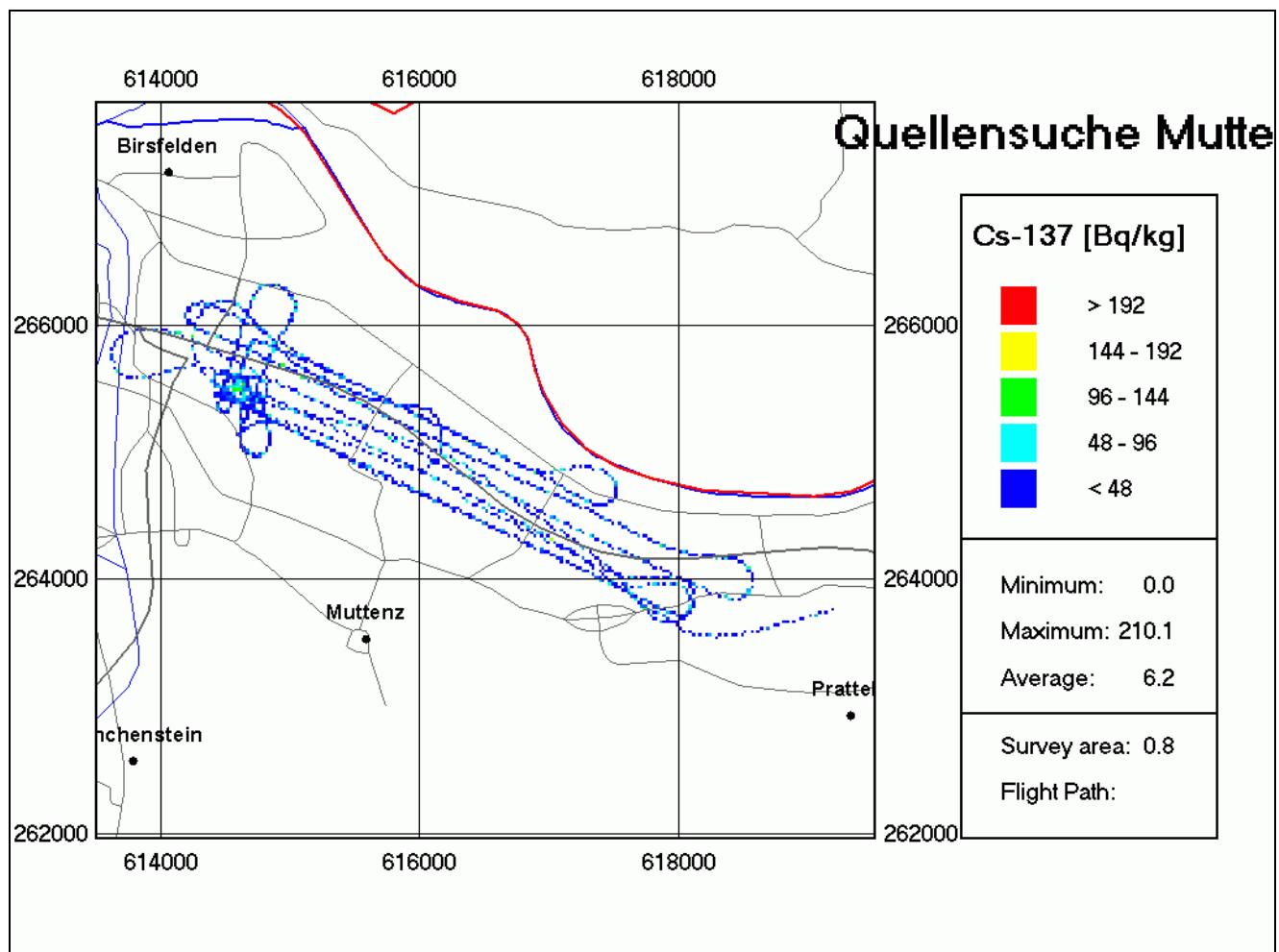
6.2. Carte MMGC

Des valeurs élevées apparaissent sur la carte MMGC au même endroit que sur la carte du débit de dose ambiante; elles indiquent une radioactivité artificielle.



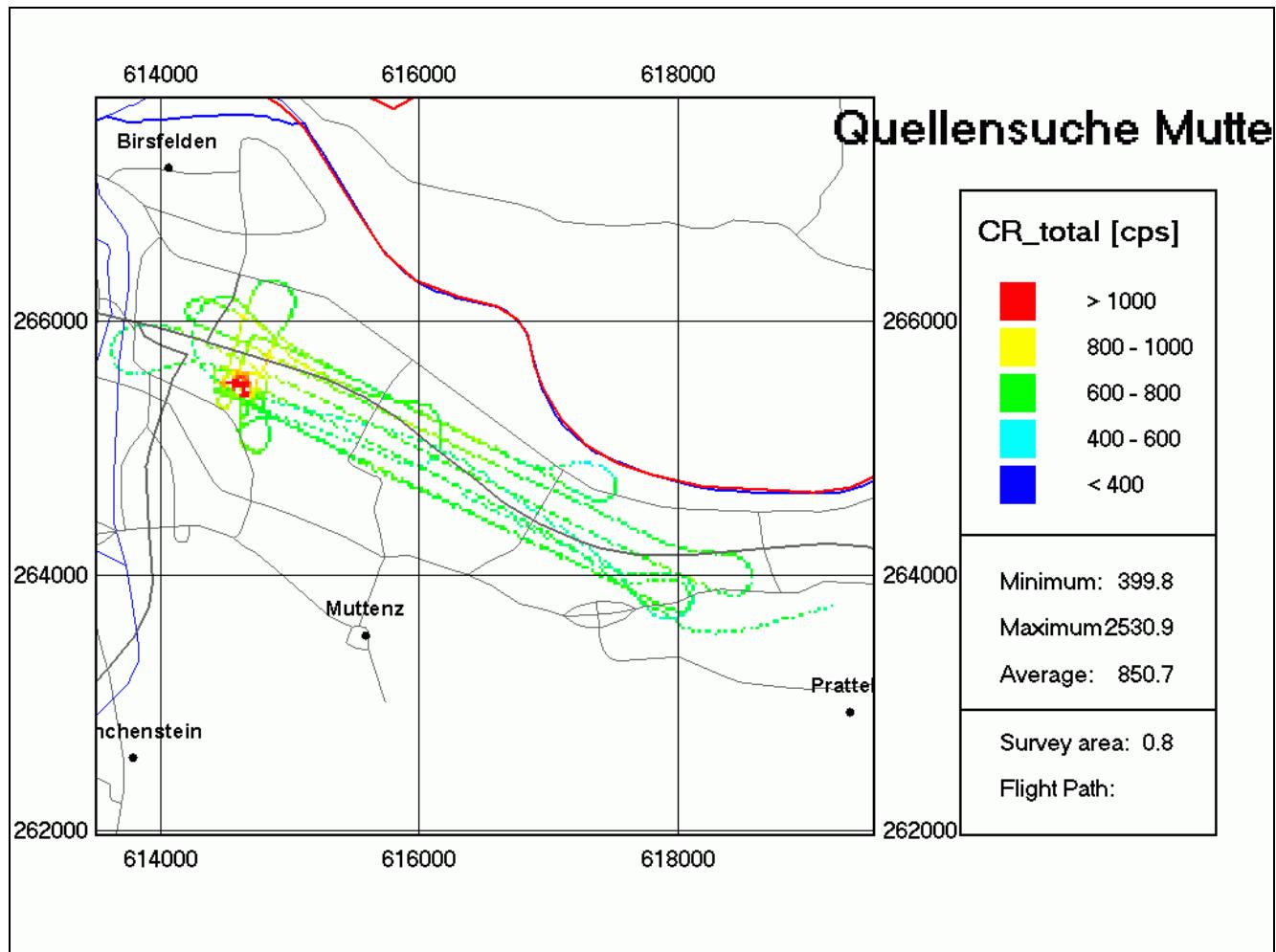
6.3. Carte Cs-137

La carte Cs-137 permet de supposer qu'il ne s'agit pas de césium, mais de cobalt.



6.4. Carte Co-60

La carte Co-60 confirme l'hypothèse avancée sur la base de la carte Cs.



Remarque:

Les lignes de mesures indiquées aux pilotes pour la programmation du pilote automatique ne correspondent pas aux lignes effectivement survolées. Ces dernières sont décalées d'env. 100 m chacune vers le nord. Ce problème était déjà apparu lors de l'exercice d'intervention (voir chapitre 5).

Remarque de la direction d'exercice:

Pour cet exercice, 5 sources avaient été déposées sur le site de la gare:

- 1 source de Co-60 avec une activité d'environ 650 MBq,
- 3 sources (2 de Cs-137 et 1 de Co-60) avec des activités se situant entre 100 et 300 MBq,
- 1 source de Co-60 avec une activité d'environ 7 MBq.

Seule la source de 650 MBq a été découverte. Toute les autres n'ont pas été détectées, ces dernières ayant une activité inférieure à la limite de détection du système (limite se situant à environ 500 MBq pour le Co-60 et le Cs-137).

7. Cartographie combinée

But de la cartographie combinée de l'agglomération trinationale de Bâle

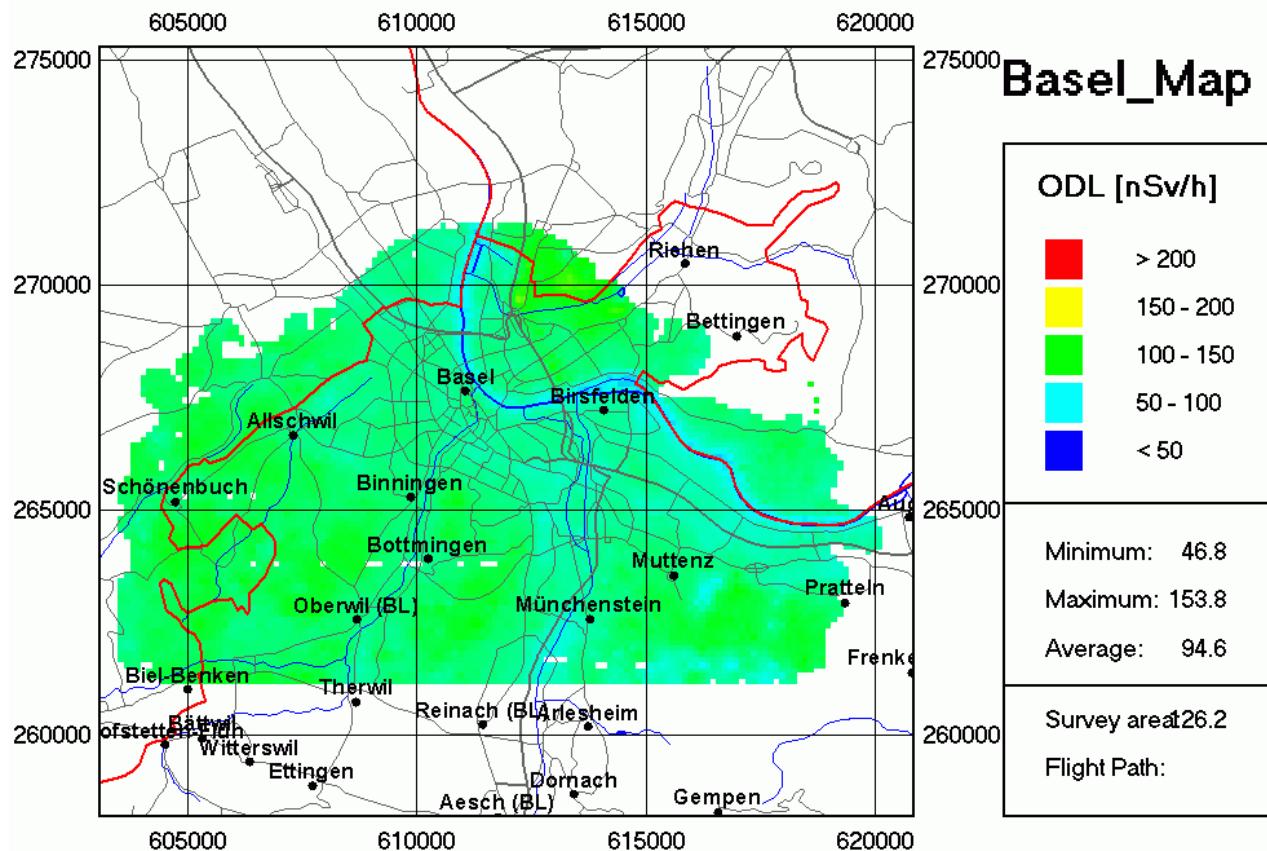
Les trois groupes de mesure se partagent un vaste secteur afin d'établir une carte commune de la répartition spatiale des radionuclides naturels et artificiels. A cette fin, des vols de mesure sont effectués au-dessus des trois territoires nationaux.

7.1. Résultats partie suisse

Date: 30./31.08.2007
Nombre de lignes: 250 m (600 ft)
Durée du vol: env. 5 heures
Zone survolée: agglomération de Bâle, env. 85 km²
Altitude au-dessus du sol: 300 ft

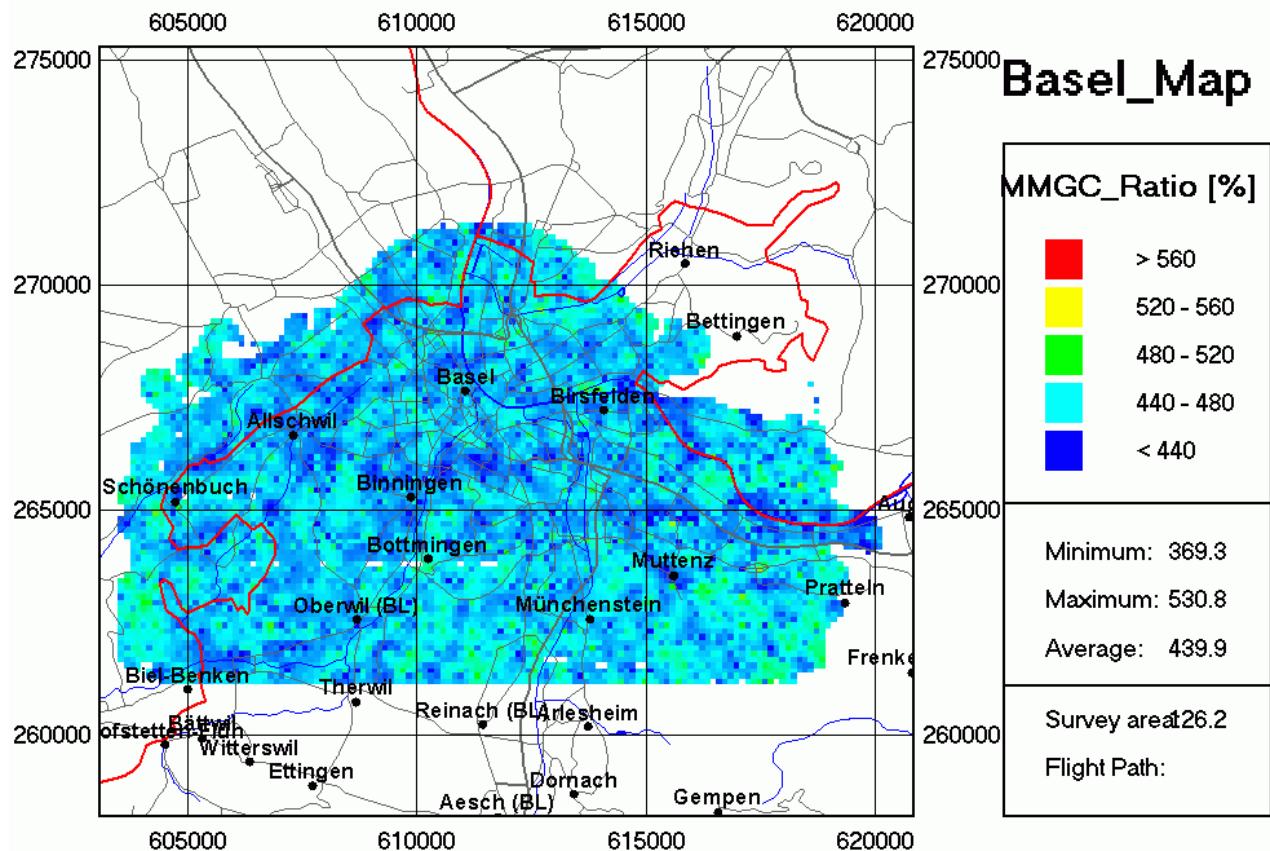
7.1.1. Carte du débit de dose ambiante

La carte du débit de dose ambiante donne des valeurs moyennes normales qui correspondent aux valeurs moyennes mesurées sur le plateau suisse (variation entre 50 et 120 nSv/h). Les variations observées sont essentiellement dues à des différences topographiques (végétation, cours d'eau). Des valeurs légèrement supérieures à celles du reste de la région sont mesurées le long de la frontière germano-suisse, entre Bâle et Riehen. Ces valeurs correspondent davantage aux valeurs mesurées dans les régions alpines en Suisse (variation entre 100 et 200 nSv/h). La cause de cette hausse est indiquée dans le chapitre 7.1.4.



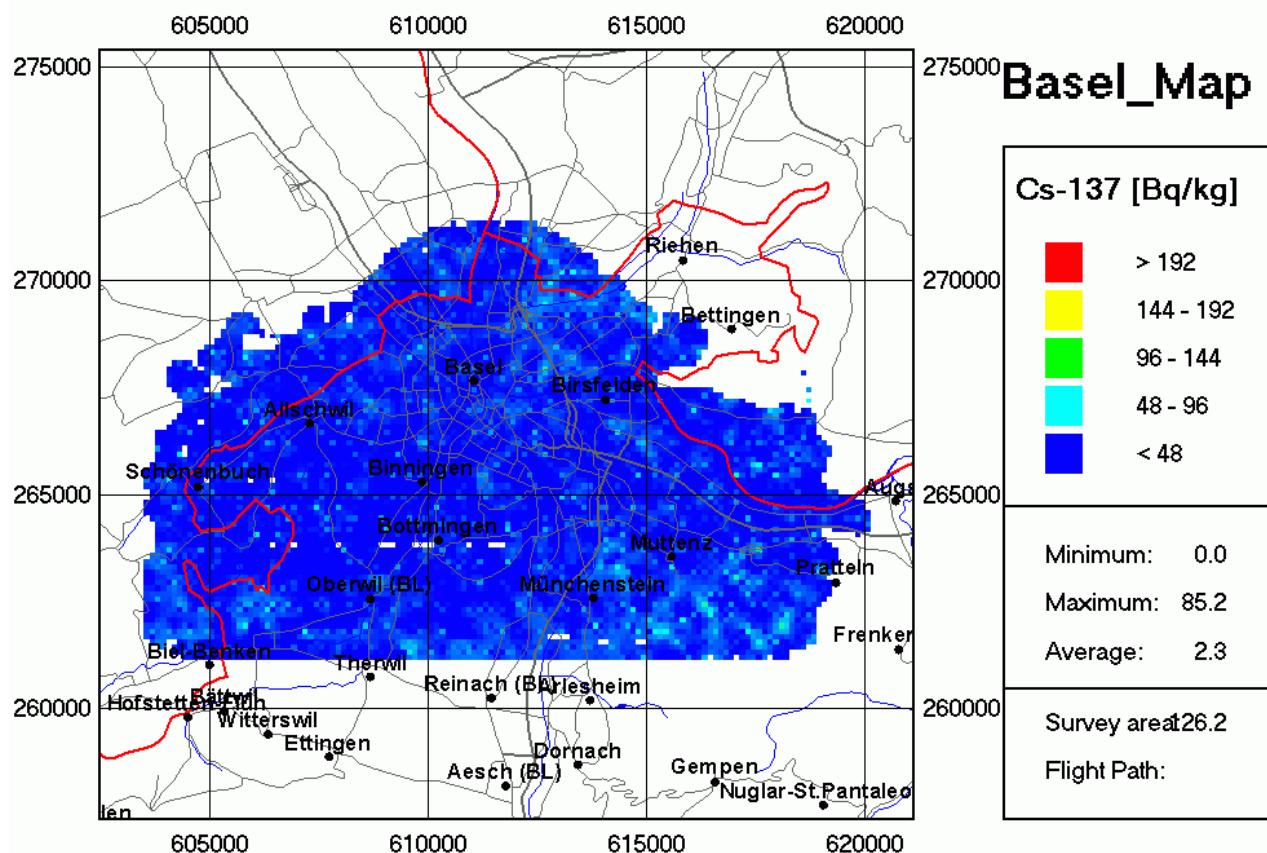
7.1.2. Carte MMGC

La carte MMGC n'indique aucune valeur anormale.



7.1.3. Carte Cs-137

La carte Cs-137 n'indique aucune augmentation des valeurs.



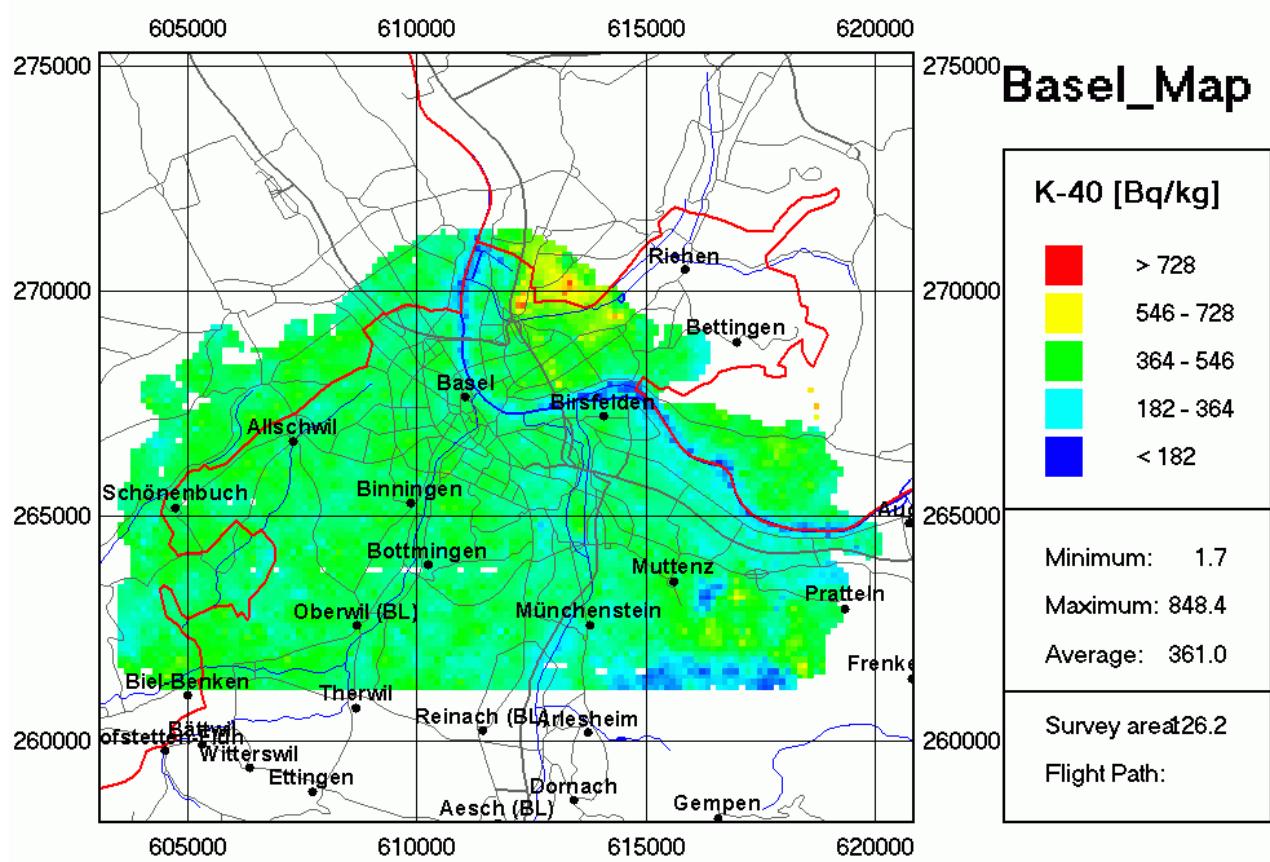
7.1.4. Carte K-40

A l'instar de la carte du débit de dose ambiante, la carte K-40 indique des valeurs 2 à 3 fois plus élevées le long de la frontière germano-suisse que sur tout le reste de la zone mesurée. La légère hausse du débit dose ambiante est ainsi imputable à ces concentrations de potassium.

Ces concentrations (jusqu'à 1200 Bq/kg) ne présentent aucun danger pour la population. Les concentrations de potassium 40, élément radioactif naturel, varient dans le sol en Suisse entre 300 et 900 Bq/kg (OFSP, 2005).

Ces anomalies ont été communiquées au canton de Bâle-Ville pour qu'il effectue un contrôle sur le terrain. Les résultats obtenus par le canton avec les mesures au sol ont confirmés les valeurs obtenues avec l'aéroradiométrie.

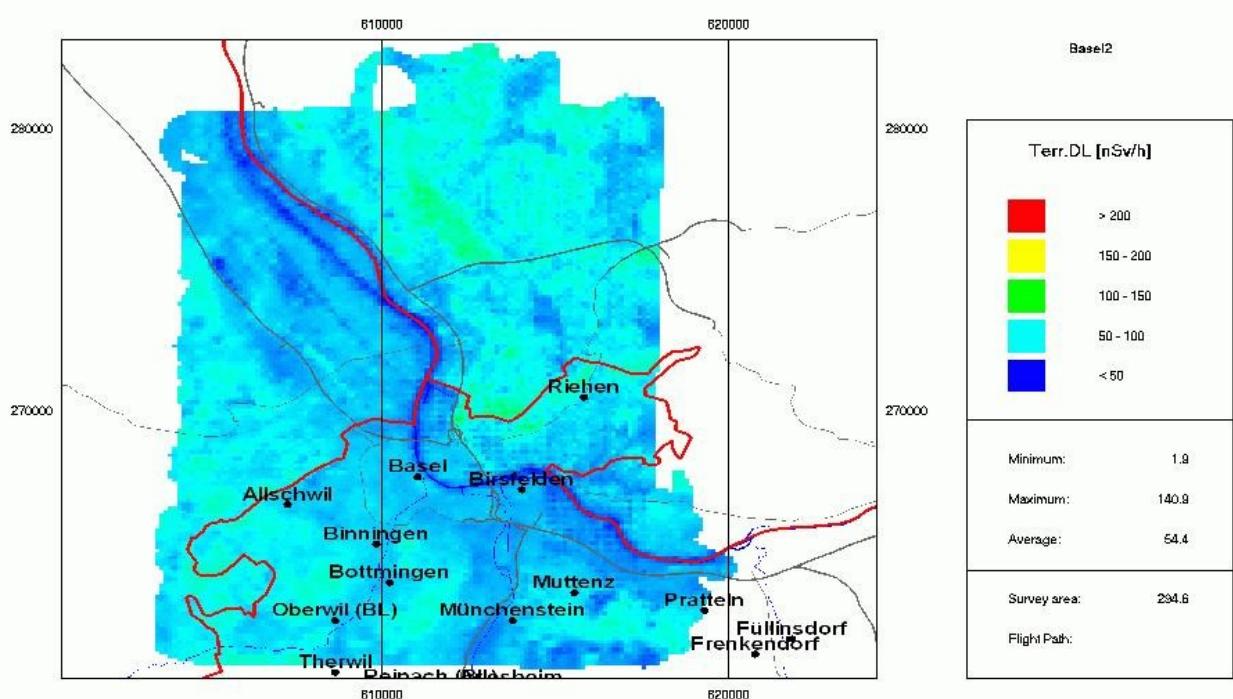
Les valeurs les plus élevées ont été mesurées sur le ballaste des voies de chemin de fer sur le site de l'ancienne gare de triage de la DB à Bâle. Il s'avère qu'une partie de ce ballaste est composée de granit. Ce dernier a une concentration naturelle de potassium 40 se situant vers 1200 Bq/kg (selon l'OFSP). Ces valeurs correspondent aux valeurs mesurées par l'aéroradiométrie et le canton. Ces anomalies sont donc naturelles.



7.2. Résultats: carte composée des équipes allemande – française - suisse

7.2.1. Carte du débit de dose ambiante

La carte du débit de dose ambiante indique des valeurs normales, comparable à celles du plateau suisse (variation entre 50 et 120 nSv/h). La légère hausse le long de la frontière germano-suisse entre Bâle et Riehen (valeurs comprises entre 100 et 150 nSv/h) est due à une concentration plus élevée de potassium 40, élément radioactif naturel. La carte composée confirme cette hausse qui avait été mesurée et présentée dans les résultats de l'équipe suisse. Ces valeurs plus élevées correspondent au débit de dose ambiante mesuré dans les régions alpines en Suisse (variation entre 100 et 200 nSv/h).

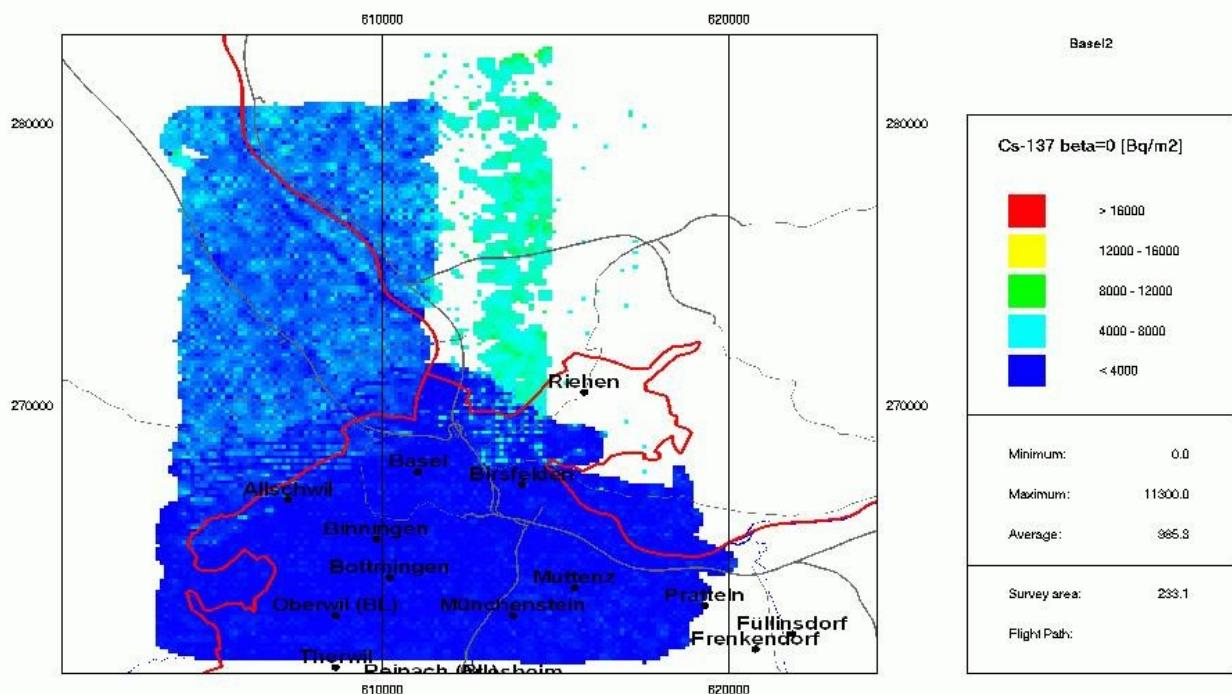


7.2.2. Carte MMGC

Aucune carte MMGC composée ne peut être présentée, car seul le système suisse utilise ce procédé de mesure.

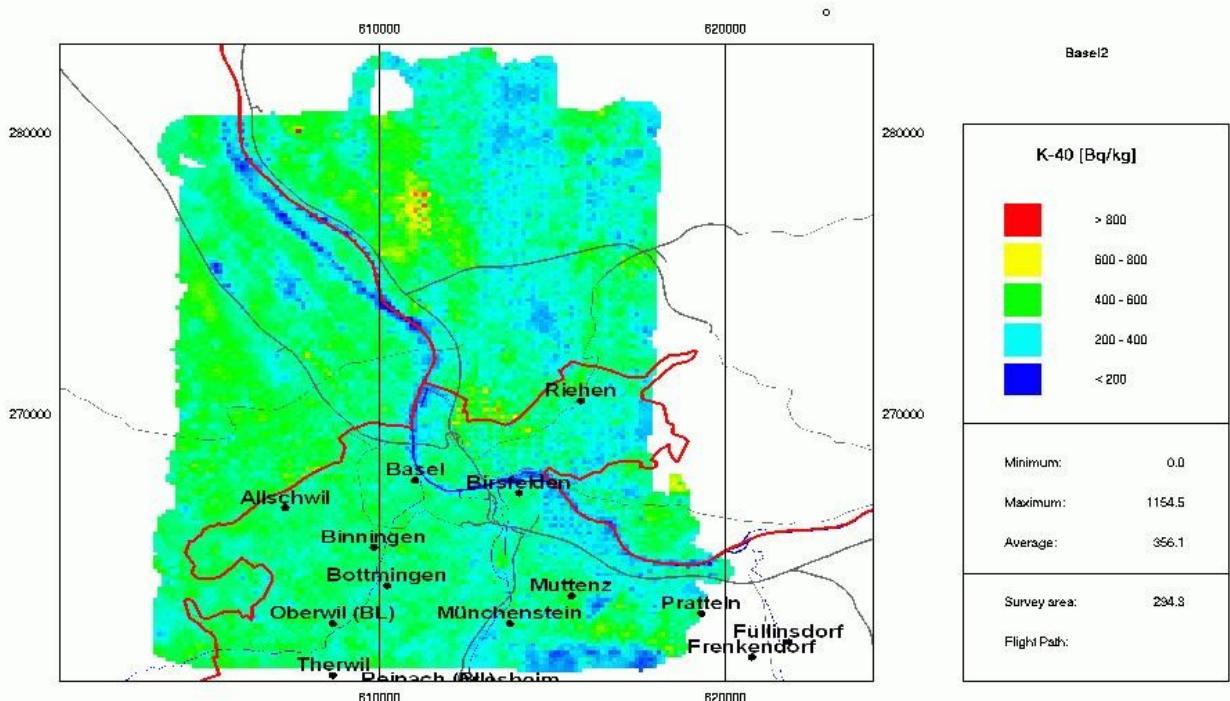
7.2.3. Carte Cs-137

La carte de césium 137 n'indique aucune valeur anormale. La différence entre les résultats des trois équipes provient du mode de calibration des instruments. Ce point sera approfondi dans le rapport scientifique de l'exercice.



7.2.4. carte K-40

Comme les résultats de l'équipe suisse, la carte composée de potassium confirme que la légère hausse du débit de dose ambiante le long de la frontière est imputable à une concentration de potassium 40 - élément radioactif naturel - plus élevée (c.f. commentaire dans le chapitre 7.1.4).



8. Problème de localisation

Les raisons du décalage constaté entre les équipes 1 et 2 lors de l'exercice d'intervention et lors de la recherche de sources à Muttenz ont été recherchées durant le vol au-dessus de Bâle. Il s'est avéré qu'une erreur de conversion apparaît lorsque le système de pilotage du Super Puma est utilisé avec le format de coordonnée suisse CH1903. Lorsque l'on utilise le format international de coordonnée WGS84, format standard du GPS du Super Puma, cette erreur n'apparaît pas. Les pilotes ont remis un rapport à armasuisse (entreprise chargée de l'accréditation des hélicoptères) pour qu'elle puisse corriger cette erreur.

9. Commentaires des cartes aéroradiométriques (B. Bucher, DSN)

Introduction

Les mesures par hélicoptère permettent de déterminer rapidement et sur une vaste surface la radioactivité artificielle et naturelle au sol. Elles sont effectuées à l'aide de détecteurs ultrasensibles. Ceux-ci définissent non seulement l'intensité des rayonnements mais détectent également des sources artificielles ou naturelles au moyen de l'énergie émise par ces rayonnements.

De 1989 à 1993, des mesures aéroradiométriques ont été effectuées chaque année aux alentours des centrales nucléaires suisses. Une méthode particulière (acquisition et traitement des données, cartographie) a été développée et appliquée à cette occasion.

L'Organisation fédérale d'intervention en cas d'augmentation de la radioactivité recourt depuis 1994 à l'aéroradiométrie. Cette méthode peut être utilisée en premier lieu lors d'accidents de transport ou d'exploitation, de défaiillances dans les CN ou encore de chute de satellite. C'est la Centrale nationale d'alarme (CENAL) qui dirige les opérations, alors que l'Institut Paul-Scherrer est chargé d'entretenir et de fournir les systèmes de mesure.

Appareils de mesure

Les vols de mesure se font à bord d'un hélicoptère Super-Puma de l'armée. Ce type d'appareil est très maniable et peut, en cas d'urgence, être employé même par mauvais temps, grâce à son système de vol aux instruments.

Le système de mesure se compose d'un détecteur Nal d'un volume de 16 litres. Il est complété par un spectromètre à 256 canaux équipé pour les mesures aériennes. Le système est piloté par un ordinateur courant. Les données sont enregistrées sur des cartes mémoire PCMCA.

La position de l'hélicoptère est déterminée par GPS. L'altitude radar, la pression atmosphérique et la température extérieure sont indiquées en permanence en plus des valeurs de radioactivité.

Un système redondant assure la disponibilité du dispositif d'aéroradiométrie.

Vols de mesure

Les mesures par spectrométrie gamma peuvent également être effectuées au sol. Dès lors, pourquoi procéder à des mesures aériennes? La rapidité d'exécution est la raison première de ce choix: l'aéroradiométrie permet de couvrir une surface 2500 fois plus grande durant le même laps de temps que les mesures au sol et ce même dans des zones inaccessibles.

Afin d'assurer une couverture homogène de la surface à mesurer, l'hélicoptère suit une grille régulière. Les lignes de vol parallèles sont en général séparées de 250 m les unes des autres et survolées à une altitude de 90 m. Les distances entre les lignes sont réduites lorsque l'on recherche des sources radioactives.

Evaluation

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, Schweizerische Geophysikalische Kommission).

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

- **rappor MMGC:** cette méthode est fondée sur la détermination du rapport entre les deux extrémités du spectre énergétique. Les isotopes radioactifs artificiels produisant des rayonnements gamma faiblement énergétiques, ce rapport correspond à peu près à celui au rapport entre le rayonnement artificiel et le rayonnement naturel.
- **Estimation du débit de dose ambiante:** 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 de calibration en débit de dose. Le débit de dose ambiante 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 300m x 300m. A titre de comparaison, les mesures au sol ne couvrent qu'une surface d'environ 100m².

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) rep. ce-lui dégagé par les déchets radioactifs (Dépôt fédéral (BZL), PSI-Est).

Dans les réacteurs à eau bouillante (CNM et CNL), le produit d'activation N-16 est envoyé dans la salle des machines avec la vapeur. Le toit de cette salle étant relativement peu protégé, le rayonnement gamma à haute énergie du N-16 peut être très bien détecté de l'extérieur. Les CN munies 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.

Zurich, le 31 août 2007

OFFICE FÉDÉRAL DE LA PROTECTION
DE LA POPULATION
Centrale nationale d'alarme



Yves Loertscher