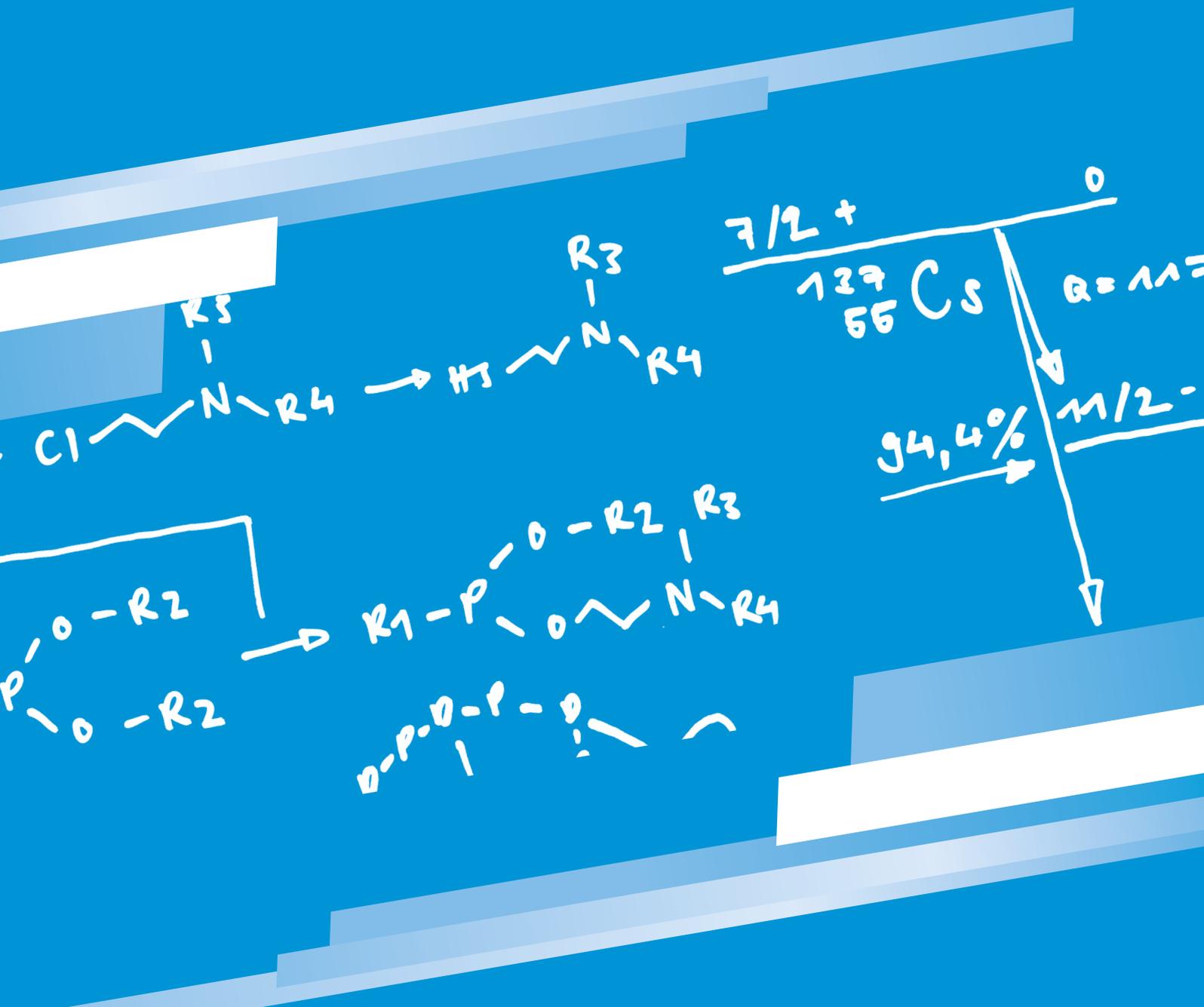


# LABORATOIRE SPIEZ



**Mise en pages**

wps medienservice AG  
Kunzwerk/Dorfstrasse 69  
CH-5210 Windisch  
Tel. +41 44 749 38 38  
www.wps.ch  
welcome@wps.ch

**Éditeur**

Département fédéral de la défense,  
de la protection de la population et des sports DDPS  
Office fédéral de la protection de la population OFPP  
LABORATOIRE SPIEZ  
CH-3700 Spiez  
Tél. +41 58 468 14 00  
Fax +41 58 468 14 02  
laborspiez@babs.admin.ch  
www.labor-spiez.ch  
Twitter: @SpiezLab

**Crédits photos**

LABORATOIRE SPIEZ  
BBS Ingenieure AG (16, 17, 18, 19)  
BM Photos (20, 21)

Le présent rapport annuel est également  
disponible en langues allemande et anglaise.

- 4** Editorial
- 6** Spiez, Collaborating Center de l'AIEA – une rétrospective
- 10** Surveillance des moustiques, vecteurs du virus du Nil occidental
- 14** Le groupe Chimie analytique et le laboratoire de défense NBC 1 de l'Armée suisse
- 16** Essai d'explosion de grande envergure SHIELD 2019  
Pression exercée par l'onde de choc induite par une explosion – simulation numérique et réalité
- 20** Sécurité assurée au Laboratoire Spiez par une haute étanchéité des laboratoires
- 25** Publications

# Chère lectrice, cher lecteur,



**Dr. Marc Cadisch**  
Chef du Laboratoire Spiez

Cela ne vous étonnera guère: le Laboratoire Spiez est actuellement très concerné par la crise du COVID-19. En tant qu'institut fédéral chargé de la protection NBC, nous avons été directement impliqués dans la lutte contre la pandémie et le sommes encore. Nous étions parmi les premiers laboratoires de Suisse à pouvoir détecter le SARS-CoV-2. Notre expertise dans le domaine du matériel de protection NBC a également été très sollicitée: face aux graves problèmes d'approvisionnement de la santé publique en masques de protection, nous avons développé des méthodes de test ad hoc, ce qui nous a permis de soutenir efficacement la Confédération dans ses acquisitions. Enfin, nous avons dû adapter nos procédures internes à la nouvelle donne, en gardant à l'œil la nécessité d'assurer en permanence nos prestations dans tout l'éventail de nos missions. Je suis très heureux que nous y soyons parvenus jusqu'ici.

Les obligations supplémentaires issues de la crise ont toutefois impacté d'autres missions et projets. C'est pour cette raison d'ailleurs que notre rapport d'activité 2019 paraît plus tard que prévu cette année. Mais je reste persuadé de l'utilité d'une rétrospective de l'année écoulée, même avec un certain décalage. En 2019, le Laboratoire

Spiez a été un peu moins sous les feux de l'actualité nationale et internationale que les années précédentes. Ce fut une année assez calme, ce qui est plutôt bon signe dans notre domaine d'activités. Cela signifie premièrement qu'il n'y a pas eu d'événement NBC grave à déplorer en Suisse et dans le monde. Et deuxièmement, que nous avons pu nous concentrer sur nos spécialités, continuer d'améliorer notre expertise et parfaire la coopération avec nos partenaires de longue date. Le maintien et le développement de nos savoir-faire sur un large éventail de la protection NBC restent à la base de notre réussite.

Les articles suivants l'illustrent bien, en rendant compte d'activités qui, sans avoir fait la une des journaux, n'en représentent pas moins d'importants projets de notre institution:



La conseillère fédérale Viola Amherd visite le laboratoire de sécurité biologique à Spiez (nov. 2019).

- La Section Chimie nucléaire tire un bilan positif quatre années après sa désignation comme Collaborating Centre de l'AIEA. Ses travaux en tant que tel se concentrent sur des missions environnementales au Japon et dans le Pacifique sud et sur l'établissement de procédures radioanalytiques complexes (page 6).
- La Section Biologie rend compte de la surveillance de moustiques transmetteurs du virus du Nil occidental. S'il n'est pas encore arrivé en Suisse, ce virus est désormais installé en Italie près de nos frontières (page 10).
- La Section Chimie montre comment nous pouvons compter sur le soutien de militaires spécialisés pour nos analyses en cas d'événement; un mécanisme du système de milice suisse qui a également fait ses preuves dans le domaine biologique, dans le cadre du COVID-19 (page 14).
- La Section Protection NBC fait le point sur sa participation au plus grand test d'explosifs jamais réalisé en Europe. L'expérience a eu lieu en Suède et a permis d'examiner des questions liées à la protection des bâtiments dans des conditions proches de la réalité (page 16).
- Enfin, la Section Logistique, qualité et sécurité indique comment elle assure le confinement dans un laboratoire biologique de degré 4, le degré maximal de sécurité (page 20).

Nous sommes bien sûr aussi intervenus sur le terrain, à plusieurs reprises, en 2019. En tant que consultants d'organisations internationales, nous avons pris part aux activités de la Suisse en matière de désarmement et de contrôle des armements. Les aspects techniques et scientifiques du contrôle des armements appartiennent d'ailleurs à nos compétences fondamentales. En créant en 2020, dans le cadre d'une importante réorganisation, un nouvel état-major dédié à cette tâche, nous avons renforcé nos structures dans ce domaine. Au vu de la situation internationale, nous allons de toute évidence devoir encore longtemps nous consacrer à cette mission ...

De par nos activités, nous fournissons un apport essentiel à la protection NBC de la population de notre pays. Et nous renforçons la crédibilité des efforts nationaux et internationaux de contrôle des armements. Nous tenons à poursuivre ces contributions en Suisse et dans le monde, en coopération avec nos partenaires d'ici et d'ailleurs. J'aimerais tous les remercier chaleureusement pour leur collaboration précieuse et constructive.

# Spiez, Collaborating Center de l'AIEA – une rétrospective

Le Laboratoire Spiez a été désigné Collaborating Centre de l'Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA) en 2017. Les Collaborating Centres sont des institutions scientifiques reconnues, qui collaborent avec des divisions de l'AIEA, notamment dans les domaines de la protection de l'environnement, de la gestion des ressources et de l'assurance qualité. La contribution du Laboratoire Spiez se concentre sur les missions liées à la protection de l'environnement et à la mise en place de méthodes de radio-analyse de haut niveau. En 2019 aussi, nous avons organisé des cours dans ces domaines et pris part à diverses missions internationales.

## Échantillons provenant des eaux côtières en face de Fukushima

À l'invitation de l'AIEA et du Japon, la Section Chimie nucléaire a participé à une mission de l'AIEA pour le prélèvement d'échantillons d'eau de mer, de sédiments et de produits de la pêche dans les eaux côtières situées en face du réac-

teur désaffecté de Fukushima Daiichi. Sur la base des recommandations publiées dès 2013 par l'AIEA sur la surveillance de la mer, la mission envoyée du 3 au 14 juin visait à soutenir l'assurance qualité de la collecte et de l'analyse des données sur la radioactivité effectuées par les laboratoires japonais.

Échantillons de poissons prélevés dans les eaux côtières situées en face de Fukushima pour analyse à Spiez.





Atelier d'experts pour la spectrométrie gamma in situ.

Les échantillons ont été envoyés au Canada et à Spiez pour des analyses plus poussées. À Spiez, nous avons analysé vingt échantillons d'eau de mer provenant de cinq sites (310 kg d'eau de mer au total), 6 échantillons de poissons de diverses espèces et trois échantillons de sédiments. Les analyses portaient sur tous les radio-isotopes qui sont significatifs après un événement dans une centrale nucléaire et qui peuvent être mesurés par spectrométrie gamma sans procédé de désagrégation.

Les résultats de la mission sont encore en cours d'évaluation. Nous pouvons cependant nous attendre à ce qu'ils confirment ceux des missions antérieures de comparaison et de prélèvement : l'organisation japonaise chargée du prélèvement

## Les échantillons de Fukushima ont été envoyés au Canada et à Spiez pour des analyses plus poussées.

et les laboratoires qui analysent le matériel d'échantillon fournissent des données fiables et se conforment aux normes internationales.

En 2019, la situation environnementale du point de vue radiologique dans la mer qui borde Fukushima Daiichi n'est pas alarmante : il ressort des analyses des isotopes d'uranium et de plutonium des sédiments qu'une grande partie des radio-isotopes recensés ne sont pas imputables à l'accident de

Fukushima. Ils proviennent pour l'essentiel d'un événement survenu antérieurement. C'est la première fois qu'un résultat aussi probant est disponible. L'incendie de la piscine de stockage du combustible pendant la catastrophe a entraîné peu de rejets de matériel nucléaire dans la zone côtière de Fukushima. Si le Japon souhaite une étude plus approfondie de la situation avec l'AIEA, le LS est disposé à accompagner un nouveau projet par des analyses.

### Atelier d'experts pour la spectrométrie gamma *in situ*

Pour la seconde fois depuis 2015, nous avons organisé un atelier sur la spectrométrie gamma sur site pour le réseau ALMERA (*Analytical Laboratories for the Measurement of Environmental Radioactivity*, réseau mondial de laboratoires d'analyse pour la mesure de la radioactivité dans l'environnement). Contrairement au premier cours, qui portait sur les connaissances de base, l'atelier qui s'est tenu du 21 au 25 octobre 2019 s'adressait à des experts du monde entier disposant déjà de connaissances approfondies.

La spectrométrie gamma *in situ* englobe des méthodes permettant de procéder à des évaluations fiables, directement sur le terrain et sans prélèvement d'échantillon, de l'activité de radionucléides émettant des rayons gamma. Des sols et surfaces contaminés, du matériel radioactif dans divers récipients et des sources radioactives inaccessibles font partie des objets typiquement mesurés.

Comme aucun prélèvement n'est effectué dans le cadre de cette méthode et qu'une personne intervient dans le champ de rayonnement de l'objet à mesurer avec le spectromètre gamma, divers aspects de la procédure de mesure doivent faire l'objet d'entraînements ciblés. Outre l'utilisation correcte des spectromètres gamma portables et l'application des mesures de radioprotection, nous nous sommes exercés à travailler avec le logiciel d'étalonnage ISOCS™ (In Situ Object Counting System) – car l'établissement de modèles adéquats est primordial pour la pertinence de telles mesures, où l'appréciation correcte de la situation et l'expérience de l'analyste jouent un rôle essentiel.

Dix-neuf participants venus de 14 pays ont été confrontés à neuf tâches passionnantes, qui avaient été préparées à Spiez, au Mont-Vully et au Grimsel Test Site. Deux représentants de l'AIEA ont accompagné le cours, puis rassemblé et évalué les résultats des mesures en consultant les organisateurs au Laboratoire Spiez. Grâce à la constitution de huit petites équipes, encadrées chacune par un instructeur Suisse, nous avons pu assurer un apprentissage d'un haut niveau d'efficacité.

### **Développement des capacités (Capacity Building) sur les Îles Marshall**

Afin de soutenir le développement d'une capacité nationale pour la surveillance de la radioactivité sur les îles Marshall, un expert de la Section Chimie nucléaire a participé à une autre mission de l'AIEA. Le but de celle-ci était de former les responsables sur le terrain au prélèvement d'échantillons, aux techniques de pré-traitement et aux analyses de la radioactivité. La mission devait rafraîchir la formation initiale dispensée en 2017 et élargir les connaissances des autorités locales à des techniques supplémentaires.

La mission englobait un contrôle de la radioactivité des atolls Bikar et Bokak, deux atolls au nord des Îles Marshall partiellement concernés par les essais d'armes nucléaires américains. À cet effet, de nombreux échantillons d'eau, y compris d'eau de mer, de terre, de sédiments, de sols, de poissons, de mollusques et d'algues, ont été prélevés. Les échantillons ont été préparés pour la mesure de la radioactivité et analysés dans des laboratoires sur l'île principale par spectrométrie gamma. Les échantillons font l'objet d'une analyse détaillée

Prélèvement d'échantillons sur l'atoll Bikar.





Préparation des échantillons au laboratoire RMI EPA, Majuro, Îles Marshall.

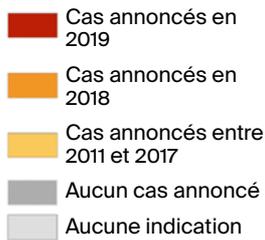
des radio-isotopes à Spiez. Un rapport complet accompagné des résultats sera présenté à l'AIEA et aux autorités locales. Ces travaux serviront à une vaste étude de surveillance et faciliteront la comparaison avec les données provenant d'analyses antérieures.

#### **Collaboration dans le domaine de l'hydrologie isotopique**

Nous collaborons avec la Section d'hydrologie isotopique de l'AIEA afin de promouvoir l'application des techniques nucléaires pour la protection des eaux. L'hydrologie isotopique s'appuie sur le fait que les eaux de différents endroits ont une signature isotopique différente, les isotopes caractérisant cette « empreinte » pouvant être d'origine naturelle ou artificielle: d'une part, l'eau contient en principe des isotopes stables et souvent également des isotopes radioactifs, et, d'autre part, des isotopes radioactifs finissent sous forme de produits résiduels de réacteurs et d'essais nucléaires dans l'environnement et, partant, dans le cycle hydrologique. Les substances radioactives présentes dans les eaux de surface et les eaux souterraines peuvent être utilisées comme marqueurs pour déterminer d'où celles-ci proviennent.

Le principal domaine d'application de la mesure des isotopes est le contrôle du cycle hydrologique naturel. Nous nous sommes engagés sur le terrain en dispensant des formations nationales et régionales (p. ex. en Jamaïque, au Costa Rica, au Cameroun, au Ghana, en Thaïlande et en Jordanie). En 2019, nous avons organisé les cours suivants :

- Application des techniques isotopiques pour la datation des eaux souterraines dans la région métropolitaine de Mexico (Mexico City). Les participants au cours ont été formés à l'utilisation des techniques isotopiques et de marquage en vue de déterminer l'âge des eaux souterraines – un instrument important pour l'évaluation et la gestion des systèmes hydrogéologiques.
- Formation de base en radiochimie dans le cadre du projet RAS7032 de l'AIEA d'évaluation de la pollution des ressources en eau par l'utilisation de techniques isotopiques chimiques et environnementales. La formation dispensée aux participants venus de Jordanie s'est concentrée sur la mesure des radionucléides à l'aide de la spectroscopie alpha et de compteurs proportionnels à gaz.



Le virus du Nil occidental est endémique en Italie du Nord et des cas de personnes infectées sont signalés régulièrement à proximité de la frontière avec la Suisse.

# Surveillance des moustiques, vecteurs du virus du Nil occidental

La propagation des virus transmis par les moustiques représente un problème de santé publique. En Europe, le virus du Nil occidental est devenu de plus en plus présent au cours de ces dernières années. Certes, la plupart des personnes infectées ne ressentent que des symptômes légers, mais dans environ 1% des cas, le virus provoque une inflammation des méninges qui peut être létale. Les oiseaux migrateurs forment le réservoir naturel du virus, qui peut être transmis via les moustiques aux humains et à certaines espèces animales. Il ne s'est pas encore répandu en Suisse, mais il sévit en Italie, dans la zone frontalière. Afin de détecter précocement une propagation de virus en Suisse, un système de surveillance des maladies transmises par les moustiques a été mis en place.

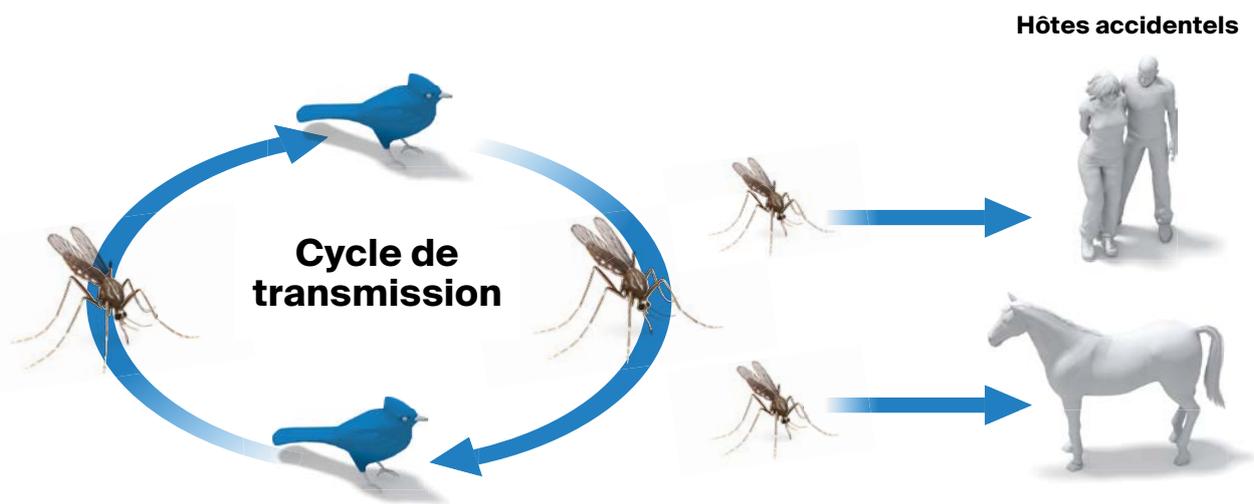
Le virus du Nil occidental (VNO), comme ceux de la Méningo-encéphalite verno-estivale (MEVE) et de la fièvre jaune, également transmis par des insectes, appartient à la famille des flavivirus. Il tire son nom d'un district d'Ouganda, où le virus a été isolé pour la première fois en 1937. Des oiseaux migrateurs transportent le virus depuis les régions endémiques d'Afrique et du Moyen-Orient vers l'Europe. Il est présent depuis plusieurs années dans certaines régions d'Europe méridionale, où il est transmis par les moustiques durant la saison estivale et peut persister pendant l'hiver.

En 2018, les infections à VNO ont augmenté en Europe par rapport aux années précédentes. Au total, 2083 infections ont été déclarées chez l'homme, principalement en Italie, en Serbie et en

Grèce. Depuis quelques années, le virus est endémique en Italie du Nord et des cas de personnes infectées sont signalés régulièrement à proximité de la frontière avec la Suisse. À ce jour, en Suisse, le virus n'a été mis en évidence que chez des personnes de retour de voyage qui avaient été infectées hors du pays.

## Types de surveillance

La surveillance de la propagation du virus du Nil occidental en Suisse passe, d'une part, par la déclaration des cas d'infection aux autorités sanitaires, et, d'autre part, par le contrôle de ses vecteurs (moustiques) et hôtes (oiseaux). Une autre approche consiste à maintenir à des endroits stratégiques des animaux dits sentinelles, faisant régulièrement l'objet de tests sérologiques



*Le virus du Nil occidental est transporté dans de nouvelles régions par les oiseaux migrateurs et maintenu dans un cycle de transmission entre l'oiseau et le moustique. En Europe, les vecteurs du virus sont les moustiques, principalement du genre Culex. Ils peuvent le transmettre aux espèces locales d'oiseaux, qui servent de réservoir naturel au virus. Au sein des populations de moustiques, la transmission du VNO est verticale (de l'animal adulte aux œufs). Deux espèces que l'on trouve également en Suisse, le Culex pipiens (moustique commun) et le Culex torrentium, semblent jouer un rôle important dans la diffusion du virus chez les humains et les chevaux. Ces derniers sont appelés hôtes accidentels (ou « finaux »), car ils peuvent être infectés par le virus mais ne peuvent le transmettre.*

afin de dépister une infection au VNO. À cet effet, du sang est régulièrement prélevé chez les sujets sentinelles et testé pour rechercher des anticorps spécifiques au virus. Ces deux méthodes ont pour inconvénient que l'information sur une éventuelle propagation du virus n'est disponible qu'après un certain temps.

La surveillance des vecteurs s'avère par conséquent un complément utile, car avec une stratégie de surveillance mise en place de manière op-

### **Une stratégie innovante pour la mise en évidence de virus chez les moustiques infectés a été mise au point il y a quelques années en Australie.**

timale, une propagation du virus peut être détectée rapidement. La méthode consistant à analyser des pools de moustiques, souvent utilisée, s'appuie sur la collecte et la préparation d'échantillons de milliers de moustiques. Elle exige un relevé quotidien des pièges à moustiques, une chaîne du froid constante pour la préservation de leur ARN viral, ainsi qu'un traitement et une analyse complexes des pools de moustiques par les méthodes de la biologie moléculaire. Comme la part de moustiques infectés dans les régions à faible transmission est minimale, les moyens requis pour ce type de surveillance s'avèrent relativement importants.

### **Nouvelle stratégie**

Une stratégie innovante pour la mise en évidence de virus chez les moustiques infectés a été mise au point il y a quelques années en Australie. Cette méthode s'appuie, d'une part, sur la caractéristique des cartes FTA (Flinders Technology Associates) qui permet de fixer et de conserver les virus sur des surfaces cellulosiques traitées chimiquement, et, d'autre part, sur le fait que les moustiques infectés expulsent du virus pendant l'absorption de sucre. Si les cartes FTA sont enduites d'une solution sucrée et intégrées aux pièges à moustiques, les moustiques capturés ingèrent la solution sucrée sur la carte et y déposent de la salive avec du virus. Les virus fixés sur les cartes peuvent être prélevés et identifiés par technique biomoléculaire.

### **Étude menée au Laboratoire Spiez**

L'étude que nous avons menée visait à déterminer si cette stratégie australienne pouvait être appliquée en Suisse également. À cet effet, nous avons vérifié dans le cadre d'une étude de terrain de plusieurs années si les cartes FTA conviennent pour la mise en évidence des virus dans des conditions naturelles. Parmi les trois types de pièges disponibles dans le commerce que nous avons retenus, il s'agissait de choisir celui qui permettait d'obtenir les meilleurs résultats en association avec les cartes FTA. La sensibilité du dispositif devait également être évaluée en comparaison avec la stratégie traditionnelle du pool de moustiques, en analysant les moustiques piégés parallèlement aux cartes FTA pour la recherche de virus.

**Résultats**

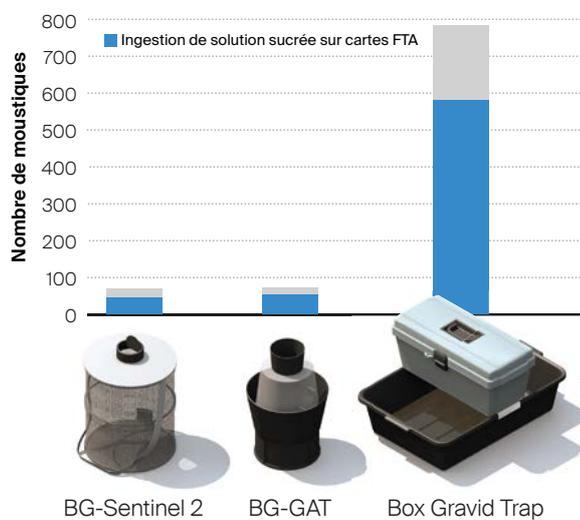
Les analyses préliminaires montrent que les flavivirus sur les cartes FTA sont déjà complètement inactivés au bout de quelques minutes et que les échantillons peuvent être traités sans risque. Nous avons pu également constater que le génome viral pouvait être conservé sur les cartes de manière stable jusqu'à une température d'au moins 37°C et que les séquences virales pouvaient être mises en évidence par la biologie moléculaire même après deux semaines, et ce, presque sans perte de signal.

Pour l'évaluation des cartes FTA, nous avons muni trois pièges à moustiques (BG-Sentinel 2, BG-GAT et Box Gravid Trap) de cartes FTA au Tessin, et ces dernières ont été enduites d'une solution sucrée

teinte en bleu. Nous avons disposé les trois types de pièges à 10 mètres de distance les uns des autres et les avons contrôlés chaque jour. La position des pièges a fait l'objet d'une rotation, de manière à utiliser chaque piège deux fois au même endroit. L'efficacité des pièges a pu être évaluée sur la base du nombre de moustiques capturés. Chez les moustiques qui avaient ingéré la solution sucrée teintée sur les cartes, une coloration bleue était visible dans l'abdomen, et, dans l'idéal, les moustiques avaient déposé de la salive sur les cartes.

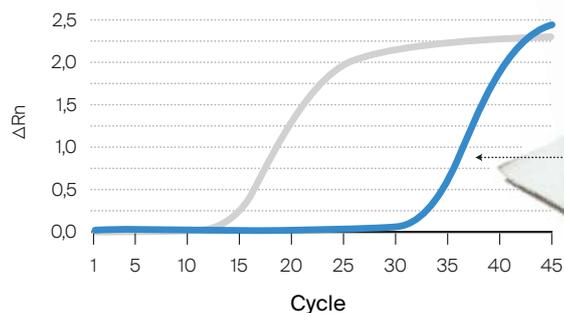
L'étude de terrain a montré que les pièges de type Box-Gravidtraps permettent de capturer en moyenne au moins onze fois plus de moustiques que les autres. De plus, ceux-ci restent physique-

**Evaluation des pièges à moustiques**



**Usutu virus**

Détection par RT-qPCR



Les virus provenant de la salive des moustiques sont fixés sur les cartes FTA.



ment intacts, car, contrairement à ce qui se passe avec d'autres modèles, ils ne sont pas aspirés par un ventilateur. L'odeur de l'appât (foin en décomposition) attire plutôt les femelles. Le décompte des moustiques a montré qu'au bout de 48 heures, 76% en moyenne avaient été se nourrir du sucre enduisant les cartes FTA. L'investissement est bien moindre grâce aux cartes FTA, car les pièges à moustiques ne doivent pas être vidés chaque jour. Les cartes peuvent être collectées après 14 jours et aucune chaîne du froid n'est nécessaire. Compte tenu du nombre élevé de moustiques capturés et des taux élevés d'individus ingérant la solution sucrée, le Box-Gravidtrap s'avère le piège optimal pour la surveillance des moustiques. En outre, les cartes FTA et les moustiques pris au piège ont fait l'objet d'analyses par biologie moléculaire afin d'identifier les séquences de génome viral. À côté de nombreuses séquences de virus spécifiques aux moustiques et sans intérêt concernant l'humain, nous avons pu mettre en évidence de manière répétée le virus Usutu, et ce, tant sur les moustiques que sur les cartes FTA de ce même piège. Le virus Usutu apparaît de manière sporadique en Europe et est phylogénétiquement proche d'autres virus de la famille des flavivirus comme le virus de l'encéphalite japonaise et le VNO. Le fait que le virus Usutu ait été détecté à diverses reprises dans les pools de moustiques et sur les cartes montre l'intérêt que présente la méthode basée sur les cartes FTA dans ce type de piège pour assurer la surveillance dans une région à faible prévalence du virus. En vue de déterminer quelles sont les espèces de moustiques qui transmettent le virus, il peut être utile de compléter la surveillance dans une seconde phase par la capture et l'analyse ciblées des moustiques.

# Le groupe Chimie analytique et le laboratoire de défense NBC 1 de l'Armée suisse

**En cas d'événement impliquant des agents de guerre chimiques en Suisse, le groupe Chimie analytique du Laboratoire Spiez devrait probablement faire face à un afflux d'échantillons à analyser, et ce, pendant une longue période. Dans un tel cas, il pourrait s'appuyer sur les spécialistes C du laboratoire de défense NBC 1. Ce soutien apporté par l'armée permet une augmentation significative de la prestation de travail quantitative et de la capacité à intervenir dans la durée des analystes de Spiez.**

Encore récemment, il nous a été donné de constater que lors d'événements, même de faible ampleur et très localisés, impliquant des agents de guerre chimiques, un très grand nombre d'échantillons doivent être analysés. Dans une première phase, l'analyse chimique doit résoudre rapidement un certain nombre de questions, quant à l'agent en cause, sa propagation, et, si possible, sa source. Pour le suivi des mesures visant la décontamination des matériaux et des locaux, il s'agit dans une deuxième phase de procéder aux mesures de libération (détermination des niveaux de contamination) à grande échelle qui s'avèrent nécessaires. L'attentat contre l'ancien agent des services de renseignement russes Sergueï Skripal et sa fille Ioulia en mars 2018 à Salisbury en Angleterre, constitue un cas d'école à cet égard. Quelques grammes seulement d'un agent de guerre chimique de la classe du Novitchok ayant été utilisés par ses auteurs, la diffusion de la contamination est restée relativement limitée. Le

**Des spécialistes C de l'armée sont formés à la préparation des échantillons et à l'analyse instrumentale.**

Defence Science and Technology Laboratory (DSTL) de Porton Down, en Grande-Bretagne, a néanmoins dû analyser en continu pendant plusieurs mois des milliers d'échantillons de nature et d'origine diverses. L'institut britannique n'a pu venir à bout de ce défi gigantesque qu'en mobilisant des infrastructures et du personnel supplémentaires.

Compte tenu des ressources humaines restreintes du Laboratoire Spiez, il n'est pas possible en Suisse en cas d'événement radiologique ou nucléaire (N), biologique (B) ou chimique (C) d'assurer la disponibilité opérationnelle nécessaire 24 heures sur 24 et 7 jours sur 7 pendant une période prolongée sans renfort. C'est la raison pour laquelle, après l'accident de réacteur de Tchernobyl et la catastrophe nucléaire qui en a résulté en 1986, on a créé le laboratoire militaire A SPAC 86, devenu par la suite le laboratoire de défense NBC 1 de l'Armée suisse, pour appuyer les physiciens de Spiez. Son personnel est formé de spécialistes qui ont effectué l'école de recrues de la défense NBC au centre de compétences NBC-DEMUNEX et travaillent en tant que physiciens, biologistes ou chimistes dans la vie civile. Dans le cadre de cours de répétition (CR) de trois semaines, les spécialistes N, B et C sont formés afin de pouvoir apporter leur soutien aux experts des différents secteurs du Laboratoire Spiez en cas d'événement majeur. Un formidable outil en termes qualitatif et quantitatif peut ainsi être déployé, qui est financé par l'Armée suisse à travers le crédit-cadre destiné à l'équipement personnel et au matériel à renouveler (BER).

## **Formation des spécialistes C**

Dans le cadre d'une introduction d'une demi-journée organisée au début des cours de répétition, les spécialistes C se familiarisent avec les tâches du Laboratoire Spiez et du groupe Chimie analy-





Dans le cadre de l'exercice, les spécialistes C doivent analyser plusieurs centaines d'échantillons en l'espace de deux jours et demi.

tique, la Convention sur les armes chimiques et l'Organisation internationale pour l'interdiction des armes chimiques (OIAC). Celle-ci comprend également des présentations sur l'histoire des agents de guerre chimiques, les méthodes d'analyse et les réactions de dégradation.

Cette introduction est suivie au cours des deux premières semaines du CR par des modules axés sur le traitement et l'analyse des agents de guerre chimiques et des composés apparentés. Les spécialistes sont formés à la préparation des échantillons et à l'analyse instrumentale. Cette formation théorique et pratique vise à ce que les spécialistes C puissent, en concertation avec les experts du Laboratoire Spiez, préparer en toute sécurité des échantillons de tous types, utiliser de manière aussi autonome que possible les systèmes d'analyse et interpréter les résultats avec les experts.

Les spécialistes C reçoivent, par groupes, des instructions pour la préparation d'échantillons de matériel et environnementaux et pour la détection et l'identification de composés relevant de la Convention sur les armes chimiques par chromatographie en phase gazeuse, chromatographie en phase liquide couplée à la spectrométrie de masse et spectroscopie par résonance nucléaire. Les spécialistes intéressés disposant des

connaissances préalables correspondantes reçoivent une formation complémentaire en matière de fabrication de substances de référence.

#### **Exercice d'intervention**

Si un grand nombre d'échantillons de composition inconnue devaient être analysés sur une courte période, il faudrait quelque peu improviser quant à la stratégie à adopter pour la préparation et l'analyse des échantillons ainsi que pour l'organisation du travail dans les laboratoires. Afin d'évaluer et de renforcer la collaboration entre le groupe Chimie analytique et les spécialistes C de l'armée, un exercice d'intervention simulant divers scénarios est organisé lors de la troisième semaine du CR. Il s'agit pour ceux-ci de traiter des mandats d'analyse sous la direction du groupe Chimie analytique, dans le cadre desquels plusieurs centaines d'échantillons doivent être préparés et analysés en l'espace de deux jours et demi. Grâce à une collaboration efficace entre les spécialistes C et le groupe Chimie analytique ainsi qu'à la haute disponibilité opérationnelle, à la motivation et à la persévérance des parties concernées, ces exercices se sont toujours déroulés à la satisfaction de la direction de l'exercice. Cela montre que, grâce à l'appui du laboratoire de défense NBC1, le groupe Chimie analytique est également préparé pour des événements de grande ampleur.



Illustration du terrain d'essai à Älvdalen.

## Essai d'explosion de grande envergure SHIELD 2019: Onde de choc – simulation numérique et réalité

En août 2019, l'essai d'explosion de grande envergure SHIELD a eu lieu en Suède. La Suisse, la Suède, la Norvège, l'Allemagne et les États-Unis ont participé aux divers tests menés dans le cadre de ce projet. Dans le contexte de la protection des constructions, l'Office fédéral de la protection de la population (OFPP) a testé le comportement structural de structures en béton armé. Le Laboratoire Spiez a accompagné la mise en place de ces essais et l'installation du dispositif de mesure. Le groupe Protection collective a effectué des calculs de simulation numériques extensifs de la propagation de l'onde de choc.

Sous l'appellation SHIELD<sup>1</sup>, l'explosion d'un camion ayant à son bord 38 tonnes du mélange ANFO<sup>2</sup> a été provoquée en août 2019 à proximité de la ville d'Älvdalen, en Suède. Un essai d'une telle envergure sur un véhicule piégé est une première en Europe. Il a permis aux organisations partenaires impliquées de se pencher sur des questions liées à la protection des constructions dans des conditions proches de la réalité.

La participation de la Suisse au projet SHIELD a été lancée et coordonnée par le Groupe d'étude sur la protection de l'infrastructure militaire, centre de compétences d'armasuisse Immobilier pour la protection contre les effets des armes. Dans le cadre du projet de l'OFPP portant sur des structures en béton armé, le Laboratoire Spiez a soutenu le Centre de test d'armasuisse S+T et le La-

boratoire fédéral d'essai des matériaux et de recherche (EMPA) de Dübendorf dans le domaine des techniques de mesure. Le groupe Protection collective a élaboré les bases concernant l'effet attendu de l'onde de choc. La propagation de l'onde de choc a été calculée à l'aide du programme CFD<sup>3</sup> «Apollo Blastsimulator».

### Situation initiale et objectifs visés

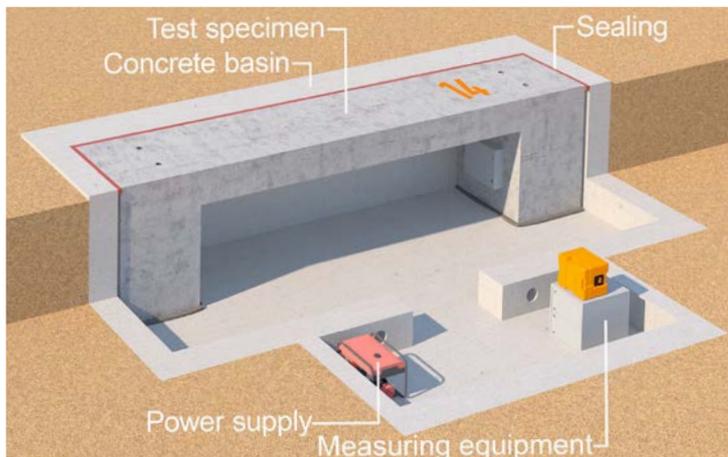
Les effets des armes conventionnelles et nucléaires sur les ouvrages de protection de la défense et de la protection de la population ont été évalués. La pression exercée par l'onde de choc induite par une explosion est souvent déterminante à cet égard. Suite à la révision des normes SIA, les Instructions techniques pour la construction et le dimensionnement des ouvrages de protection (ITC<sup>4</sup>) ont dû être adaptées.

1 Super Heavy Improvised Explosive Loading Demonstration

2 Ammoniumnitrat Fuel Oil

3 Computational Fluid Dynamics

4 ITC 2017 - Instructions techniques pour la construction et le dimensionnement des ouvrages de protection, Office fédéral de la protection de la population (OFPP)



ill. 1: Container en béton, poutres de test et sas pour l'infrastructure.

Compte tenu du site étendu et isolé sur lequel il s'est déroulé et d'une charge explosive exceptionnellement élevée (30 tonnes d'équivalent TNT), le projet SHIELD se prêtait particulièrement à des tests de structures à l'échelle 1:1. Dans le but d'étudier le comportement structural des dalles des ouvrages de protection sous l'effet d'une onde de choc aérienne, l'OFPP a pris part à cet essai avec le projet «Civil Protection Shelter».

Pour le Laboratoire Spiez, il était également intéressant de procéder à des simulations numériques dans le cadre de tels scénarios d'actes terroristes.

ill. 2: Étanchéification des joints.



Il devient ainsi possible de prédire les effets liés à l'explosion d'un véhicule piégé en milieu urbain.

### Mise en place des tests

Pour les besoins du test, des poutres en béton armé ont été produites. Les extrémités des poutres ont été encastrées à l'aide d'appuis massifs d'un mètre de largeur. Quatre poutres fabriquées par l'EMPA de Dübendorf ont été transportées et utilisées en Suède.

Sur le champ de tir, deux poutres ont été disposées côte à côte dans chaque container en béton. Les deux containers se trouvaient respectivement à 56,5 m et 83,5 m de distance du point d'explosion. Le groupe électrogène et le matériel de mesure ont été placés dans un local annexe (ill. 1).

Les poutres ont été installées dans les containers en béton sur le terrain en juillet 2019, sous la coordination d'un collaborateur du groupe Protection collective du Laboratoire Spiez. Les poutres, d'un poids de 12 tonnes chacune, ont dû être positionnées avec précision, afin de garantir une ouverture des joints égale entre les deux poutres et entre les poutres et le container.

Pour que l'effet de l'onde de choc entraînée par la détonation n'agisse que sur la surface des poutres, il a fallu empêcher la surpression de s'introduire au

travers des espaces présents entre les poutres. Des calculs basés sur une simulation CFD effectuée au Laboratoire Spiez ont montré que, si les espaces du container restaient ouverts, une surpression se formerait, et que cette surpression correspondrait à environ un tiers de la pression extérieure maximale. Cela aurait non seulement faussé le résultat du test mais également endommagé le matériel de mesure. C'est pourquoi des joints ont été conçus de manière à ce que l'étanchéité résiste à la surpression, sans empêcher la déformation des poutres. Pour rendre les joints étanches, on a utilisé un système auquel le Laboratoire Spiez avait déjà eu recours avec succès lors d'essais de résistance aux ondes de choc. L'étanchéité a été réalisée par du personnel spécialisé, mis à disposition par le fournisseur (ill. 2).

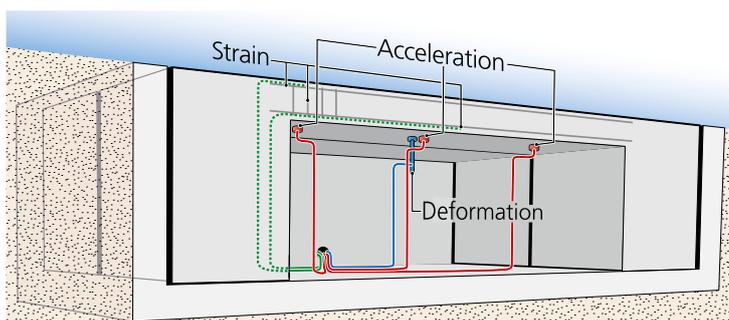
### Technique de mesure

Afin d'obtenir des résultats probants à l'issue de l'essai, un dispositif de mesure complexe a été installé sur les containers et les poutres de test (ill. 3). armasuisse S+T et l'EMPA de Dübendorf étaient responsables de ce dispositif.

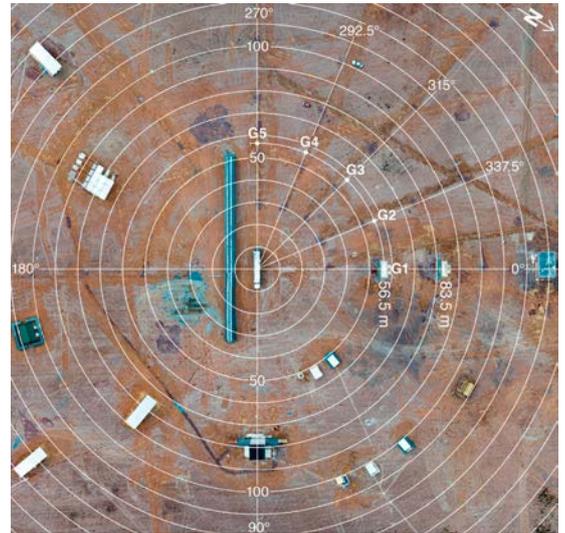
Outre la pression exercée à l'extérieur et à l'intérieur du container, les déformations de l'armature et les accélérations des poutres ont aussi été mesurées. En outre, des caméras ont été installées afin de disposer d'enregistrements vidéos. Aucun autre essai dans le cadre du projet SHIELD n'a engagé de tels moyens du point de vue de la technique de mesure et de la logistique. Pour un déroulement sans accroc des mesures, l'alimentation électrique a été assurée par un groupe électrogène.

### Simulation de la propagation de l'onde de choc

Afin de pouvoir obtenir des prédictions fiables concernant la pression de l'onde de choc attendue et, partant, des bases pour le calcul relatif aux poutres, le groupe Protection collective a procédé à des simulations de la propagation de l'onde de choc à l'aide d'un programme CFD. Les me-



ill. 3: Mesures effectuées sur les poutres de test (représentation schématique).



ill. 4: Vue aérienne du périmètre de test.

sures effectuées lors de l'essai sur le terrain ont confirmé les calculs estimatifs dans une large mesure.

Une vue aérienne du site (ill. 4) montre que les éléments à tester étaient disposés perpendiculairement au camion contenant l'explosif. À dix mètres sur la gauche du camion piégé se trouve le mur de protection de 90 mètres de long mis en place dans le cadre d'un test réalisé par les collaborateurs de la Bundeswehr. Lors de l'explosion, la pression est mesurée dans le quadrant de 0 à 270° représenté.

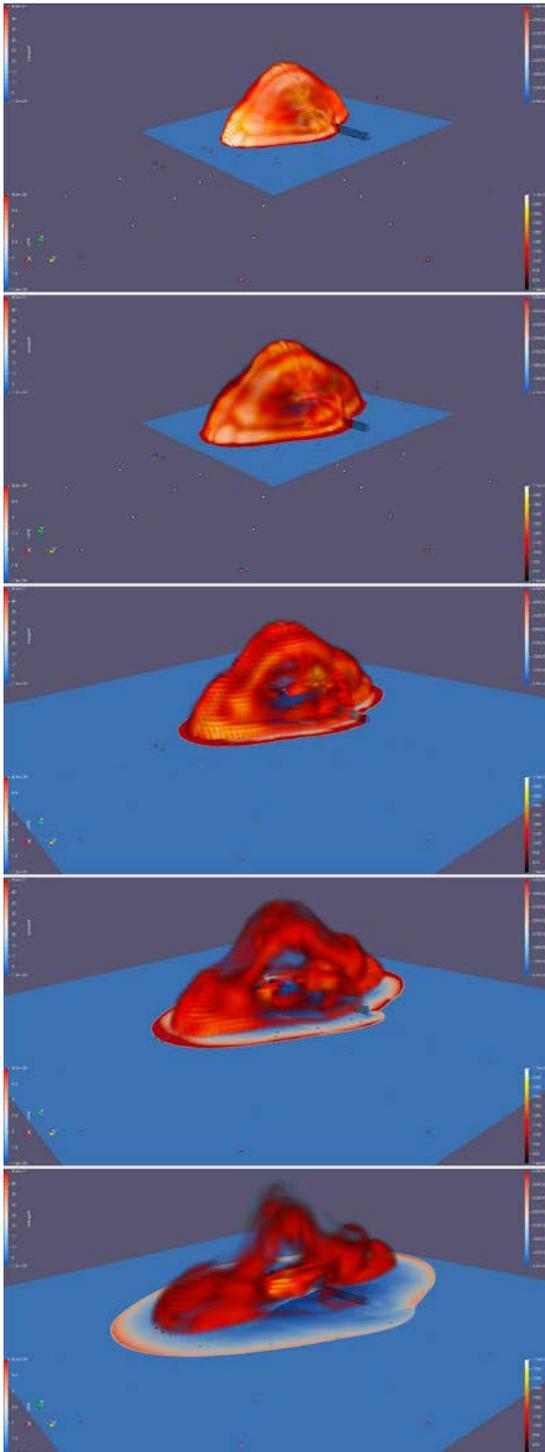
La détonation a été modélisée à l'aide du programme «Apollo Blastsimulator» (ill. 5) et l'influence du mur de protection et de la géométrie de la charge explosive a également été considérée. Les simulations montrent que la propagation et la pression de l'onde de choc dépendent de façon significative de la géométrie de la charge ANFO sur le camion. Du fait de la disposition de la charge explosive et du mur de protection, le déplacement de l'onde de choc ne se développe pas de façon symétrique par rapport à l'axe de propagation. Des prédictions antérieures effectuées par des tiers et basées sur des charges hémisphériques ont donné des résultats nettement trop faibles ou même faux.

Le 15 août 2019, la charge munie de 38 tonnes d'explosif a été mise à feu. Les séquences d'images (ill. 6) montrent les 200 premières ms après la mise à feu. La boule de feu de 120 mètres de diamètre et la propagation de l'onde de choc sont bien visibles.

### Conclusions

L'essai SHIELD a permis de manière inédite à ce jour en Europe de soumettre divers éléments des infrastructures de protection à des tests dans des conditions proches de la réalité. L'essai a été un succès, notamment grâce à la collaboration entre les divers partenaires, nationaux et internationaux. Les expériences menées par le groupe Pro-

tection collective à l'aide de simulations numériques des effets d'une explosion ont fourni des bases importantes pour la préparation de l'essai. Les simulations et leur contrôle expérimental réussi constituent en outre une avancée importante pour la description des effets d'attentats terroristes impliquant des véhicules piégés.



ill. 5: Simulation CFD de la propagation de l'onde de choc (Apollo-Blastsimulator).



ill. 6: Essai sur le champ de tir d'Ålvdalen, 15 août 2019.

# Sécurité assurée au Laboratoire Spiez par une haute étanchéité des laboratoires

Les bâtiments et systèmes techniques des laboratoires de sécurité maximale répondent à des exigences élevées. Une stratégie technique bien pensée est nécessaire pour empêcher la fuite d'organismes hors du laboratoire, même dans des situations exceptionnelles. Pour pouvoir être utilisés en toute sécurité, les laboratoires de haut confinement (P3-P4) doivent être aussi étanches que possible à l'environnement. Il convient par conséquent de contrôler régulièrement le parfait état de tous les mécanismes de protection. Des procédures standardisées permettent de déterminer l'étanchéité des locaux.

C'est un jeudi matin comme les autres dans l'Oberland bernois, alors que deux virologues du Laboratoire Spiez se préparent à une entrée de routine dans le laboratoire de sécurité biologique. Dans le vestiaire, tous deux inspectent leur vêtement protecteur et l'enfilent avant de pénétrer dans le laboratoire. Dans leur combinaison gonflée par la sur-

pression, ils rappellent un peu les scaphandriers qui explorent les fonds marins. Les combinaisons sont reliées à un tuyau bleu qui assure en permanence leur alimentation en air sain et sont maintenues ainsi en légère surpression pour empêcher la pénétration de particules d'air à l'intérieur en cas de déchirure.

Poste de travail au laboratoire de sécurité biologique.





Installation de ventilation du laboratoire de sécurité biologique.

Les chercheurs étudient un flacon de cultures cellulaires au microscope: des altérations sont visibles dans le tapis cellulaire. Ces trous, ou plaques, sont dus à l'effet cytopathique induit par la réplication des particules virales. Un simple microscope optique suffit pour vérifier si la mise en culture du virus a réussi (ill. 1).

S'il s'agit de virus du groupe de risque 4, soit des agents pathogènes de haute dangerosité pour lesquels il n'existe pas de traitement médical, cette opération doit impérativement être effectuée dans un laboratoire de niveau 4 (ou P4; en anglais: BSL 4, biosafety level 4), c'est-à-dire correspondant au niveau de sécurité biologique maximal. Il existe en Suisse un seul laboratoire de biosécurité de type P4 où l'on travaille avec des combinaisons à surpression, et il se trouve à Spiez. Le virus Ebola, le plus connu des agents pathogènes responsables de fièvres hémorragiques, est un exemple d'agent de la classe 4.

### Stratégie de confinement

Une situation exceptionnelle dans le cadre de l'exploitation du laboratoire peut par exemple résulter de la fuite de matériel actif biologique hors d'une enceinte de sécurité. Des agents pathogènes peuvent ainsi s'échapper sous forme d'aérosols par la ventilation ou des ouvertures dans l'enveloppe du local. De tels accidents de laboratoire sont souvent liés à un fort dégagement d'aérosols. C'est pourquoi les laboratoires sont maintenus en dépression par rapport aux pièces voisines et l'air

des laboratoires passe à travers deux filtres HEPA (filtres H14 à particules en suspension) avant d'être évacué à l'extérieur du bâtiment. Ce dispositif de sécurité caractérise un «containment» (terme anglais signifiant «encapsulation») ou «confinement» dynamique, qui fonctionne en principe à l'inverse d'une salle blanche (ou «salle propre»), en ce qu'un flux d'air orienté est généré dans la zone contaminée aux endroits non étanches de l'enveloppe. Toutes les interfaces avec l'environnement extérieur, comme le sas pour personnes et le sas de décontamination pour les déchets solides et les eaux usées du laboratoire disposent de systèmes de décontamination chimiques ou thermiques sous forme de douches chimiques, d'autoclaves et d'installations de stérilisation des eaux usées.

Le confinement dynamique, c'est-à-dire le maintien d'une dépression dans les laboratoires, dépend du bon fonctionnement de l'installation de ventilation. Mais comment le principe de confinement peut-il être assuré en cas de défaillance de la ventilation? En prévision d'un tel scénario d'urgence, la plupart des laboratoires P4 sont également dotés de clapets étanches au gaz dans les conduits de ventilation, qui sont activés immédiatement en cas de perte du confinement dynamique. On parle ici d'un confinement statique. La pièce est ainsi isolée et son enceinte rendue étanche vis-à-vis de l'extérieur. Le confinement statique représente par conséquent la redondance essentielle de l'encapsulation de l'air potentiellement contaminé en cas de dysfonctionne-



ill. 1: Vue prise par une caméra de surveillance montrant la vérification de la mise en culture du virus.

ment du dispositif de ventilation et de perte du confinement dynamique.

Une situation similaire se produit également en cas de fumigation d'un laboratoire, une opération qui doit être effectuée régulièrement à des fins de décontamination. Toutefois, les installations de ventilation sont désactivées à dessein dans un tel cas, afin que la concentration de gaz dans la pièce puisse être contrôlée.

#### Les locaux à haute étanchéité et leur contrôle

Pour que le confinement statique puisse être assuré, les laboratoires doivent être aussi hermétiques que possible vis-à-vis de l'extérieur. Les nombreuses voies de pénétration de l'enveloppe du bâtiment – par exemple les passages de câbles (électriques, multimédia), les portes et fenêtres – doivent par conséquent toutes être rendues étanches. Et ce avant tout parce que dans un local de laboratoire isolé, des sources de chaleur sont encore actives, qui provoquent une augmentation de la pression suite à l'expansion de l'air. L'enveloppe hermétique de la pièce empêche la sortie d'air dans l'environnement. C'est pourquoi il est im-

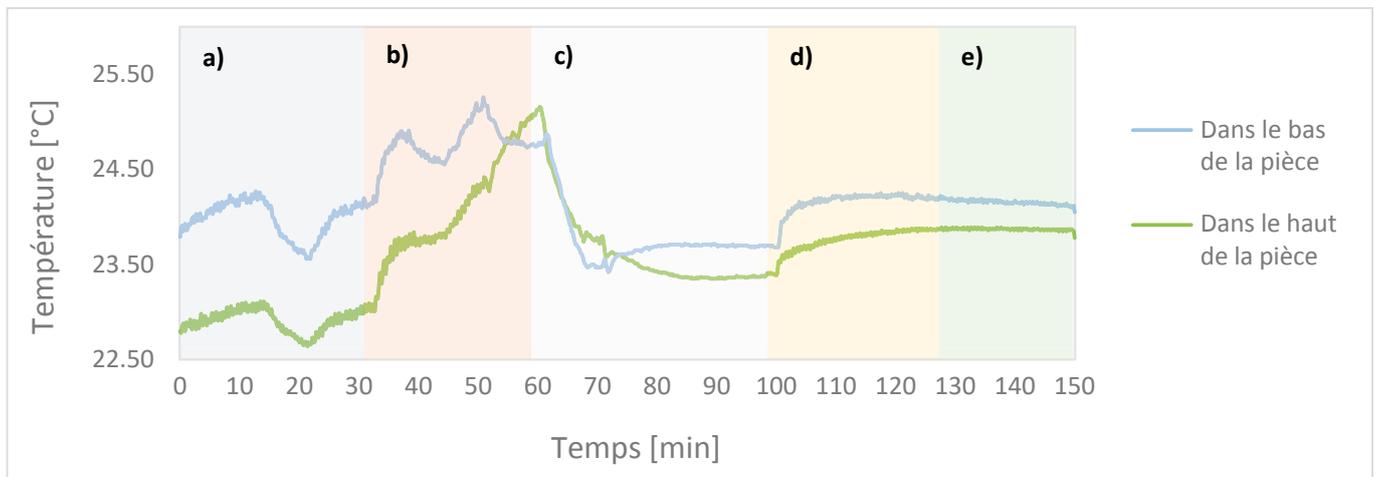
portant de vérifier régulièrement l'intégrité de toute la surface de l'enceinte de confinement. Normalement, ce contrôle est effectué au cours des périodes de maintenance annuelles au moyen de procédures standardisées visant à déterminer l'étanchéité de la pièce. Ces locaux se trouvent à ce moment-là en état de décontamination.

La notion d'étanchéité est cependant quelque peu trompeuse, car l'herméticité absolue n'existe pas. L'étanchéité d'une pièce est déterminée à l'aide de la mesure du débit d'air de fuite pour une pression différentielle donnée – on mesure par conséquent plutôt la «non-étanchéité» d'une pièce. Étant donné que le confinement statique d'une surface au sens d'une limite correspond à un niveau d'étanchéité, cela consiste plus précisément à mesurer le volume d'air qui s'échappe à travers la surface de l'enceinte de confinement pendant une certaine durée et d'en déduire une classe d'étanchéité. À Spiez, c'est la norme VDI qui sert de base aux mesures d'étanchéité de l'air de confinement<sup>1</sup> et permet d'obtenir des résultats en unités de mesure de la perméabilité à l'air [ $l/(m^2s)$ ] pour une pression de test donnée.

Les conduites d'air à l'extérieur du confinement sont contrôlées depuis un certain temps selon les normes pour l'étanchéité des conduites. La directive VDI 2083 mentionnée ici s'appuie en principe sur celles-ci et intègre les classes A à D d'étanchéité des conduites d'air (selon DIN EN 15727<sup>2</sup>) dans les classes 1 à 4 d'étanchéité des locaux. Sont également décrites dans la directive les classes 5 à 7 d'étanchéité des locaux. Pour la classification du confinement à Spiez, trois autres classes (8, 9 et 10) ont été ajoutées, ce qui ne correspond toutefois plus à la directive officielle. À titre de référence pour un laboratoire P4, la norme VDI 2083 propose la classe 5 d'étanchéité à l'air.

<sup>1</sup> VDI 2083 Blatt 19:2018-08 Reinraumtechnik; Dichtheit von Containments; Klassifizierung, Planung und Prüfung (Cleanroom technology; Tightness of containments; Classification, planning, and testing). Berlin: Beuth Verlag (norme européenne disponible en allemand et en anglais, sur la technique pour salle blanche; l'étanchéité du confinement; la classification, la planification et le contrôle).

<sup>2</sup> DIN EN 15727:2010-10 Lüftung von Gebäuden; Luftleitungen und Luftleitungsbauteile, Klassifizierung entsprechend der Luftdichtheit und Prüfung; Deutsche Fassung EN 15727:2010 (Ventilation for buildings; Ducts and ductwork components, leakage classification and testing; German version EN 15727: 2010). Berlin: Beuth Verlag (norme d'octobre 2010 disponible en allemand, sur la ventilation des bâtiments; les conduits d'air et les éléments composant le réseau des conduits d'air; la classification selon étanchéité à l'air et le contrôle).



ill. 2: La stabilisation de la température dans la pièce prend un certain temps et les sources de chaleur doivent être éliminées pour la mesure. Le présent graphique montre la préparation par étapes d'un local climatisé NSB4 avec un congélateur à  $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$  en marche. a) Fonctionnement normal, b) arrêter la ventilation, c) éteindre la source de chaleur et faire circuler l'air ambiant, d) régler la pression de test, e) lancer la mesure.

### Problèmes pouvant se poser

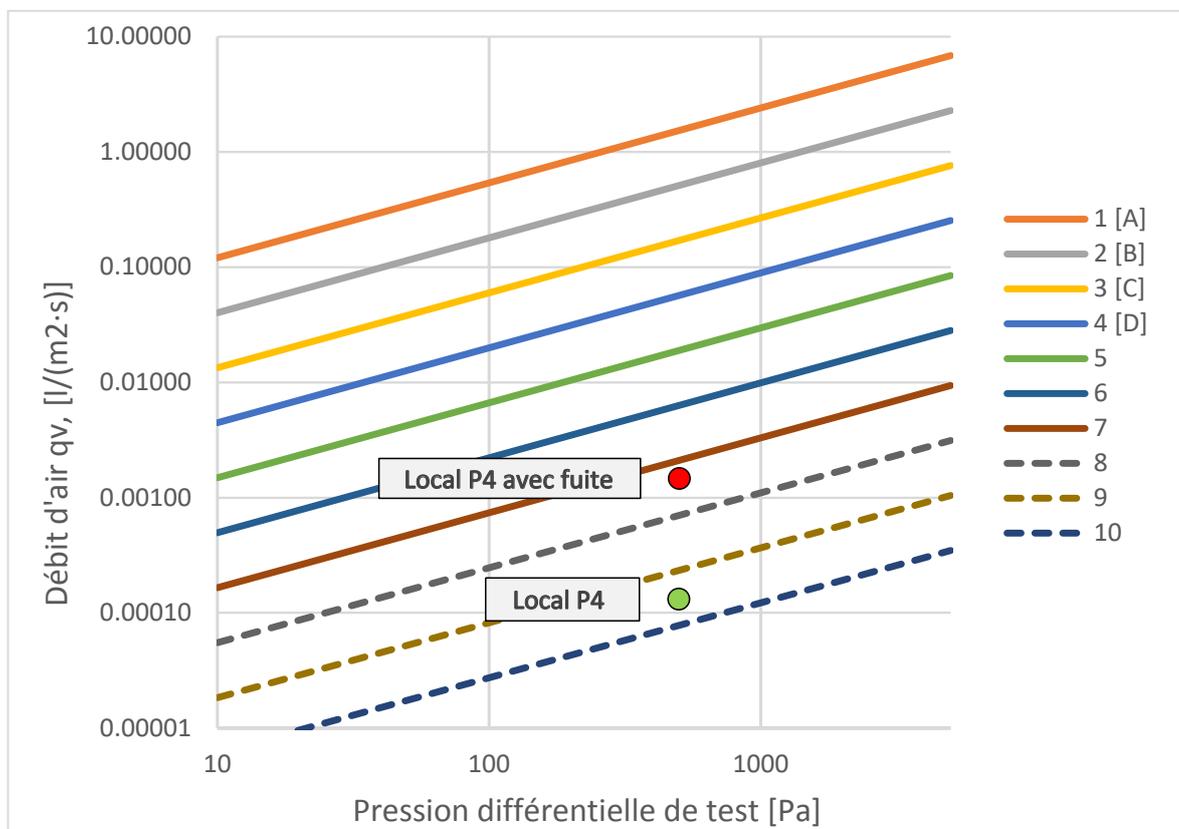
Dans les pièces à haute étanchéité, le débit volumique d'air de fuite peut être si faible que sa mesure ne peut être qu'approximative. C'est pourquoi à Spiez, le débit volumique d'air de fuite n'est pas directement mesuré, mais calculé sur la base de la mesure d'une baisse de pression. Dans le cadre de la méthode appliquée à Spiez, la pièce est maintenue en surpression à 500 Pa et il faut attendre que la température ambiante se soit équilibrée et stabilisée sur toutes les surfaces (ill. 2). La baisse de pression est ensuite mesurée pendant 20 minutes. Le contrôle du confinement en surpression est utile non seulement parce qu'au moment de la vérification, les pièces se trouvent en état de décontamination (par fumigation), mais aussi parce que la surpression simule en même temps une situation d'urgence dans laquelle le confinement statique doit intervenir.

Les fluctuations de température sont un autre problème rencontré lors du contrôle de l'étanchéité, car elles peuvent sensiblement fausser le résultat de la mesure. Une augmentation de la température ambiante de  $0,1\text{ }^{\circ}\text{C}$  seulement se traduit déjà par une augmentation de la pression de 35 Pa. Pour cette raison, la variation de la température ambiante devrait être relevée précisément pendant la

mesure, et une valeur de correction thermique de la pression calculée sur cette base. En fonction de la variation de la température dans la pièce, cette valeur compense toutes les influences thermiques sur les valeurs de pression mesurées. Les variations de la pression atmosphérique, les pressions ambiantes variables dans les pièces voisines et, de manière générale, les pressions différentielles de mesures choisies trop faibles entraînent des mesures incorrectes.

### Conclusions

Contrairement aux autres normes fréquemment appliquées, qui définissent une valeur seuil pour l'étanchéité de la pièce et l'évaluent comme «suffisante» ou «insuffisante», l'éventail de classes d'étanchéité dans la norme VDI attribue à chaque pièce testée une sorte d'empreinte digitale. Ainsi, la vérification périodique de l'étanchéité fournit des informations supplémentaires importantes : si «l'empreinte digitale» d'une pièce varie d'une année à l'autre sous la forme d'une réduction de la classe d'étanchéité, cela indique une nouvelle fuite. Ainsi, une expérience menée à Spiez a montré qu'un local P4, qui correspond normalement à la classe d'étanchéité 9 (adaptée de la norme VDI 2083), présente après simulation d'une fuite de 4 mm de diamètre avec 500 Pa de pression de test



ill. 3: Classes d'étanchéité à l'air, telles qu'appliquées à Spiez, adaptées de la norme VDI 2083. Le graphique montre les valeurs mesurées dans un local NSB4 avant et après la simulation d'une fuite de 4 mm de diamètre.

une classe d'étanchéité réduite de deux classes, passant à la classe 7 (ill. 3).

L'exigence minimale en matière d'étanchéité d'un local P4 varie selon l'activité et les réglementations. La définition d'une classe d'étanchéité minimale doit par conséquent s'appuyer sur une évaluation du risque et être adaptée à l'institution concernée. Le Laboratoire Spiez peut avec la

norme VDI 2083 comme base pour une procédure de mesure adaptée et avec la classification étendue pour les locaux P4 effectuer des vérifications annuelles de l'étanchéité d'un laboratoire et identifier et corriger rapidement les éventuelles nouvelles fuites. Il s'assure ainsi que le confinement statique est opérationnel pendant la fumigation et apte à prendre le relais à tout moment en situation d'urgence.

# Publications

\* Résumé disponible en français, version intégrale publiée uniquement en allemand ou en anglais



## Section Chimie nucléaire

José Corcho, Meyzonnat, G., Barbecot, F., Corcho Alvarado, J.A., Lauzon, J., McCormack, R., Tognelli, A., Zeyen, H. and Alazard, M.

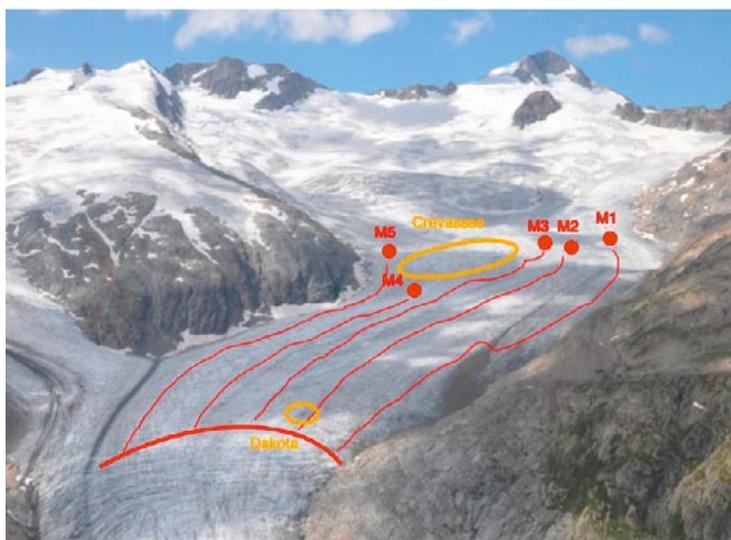
**Borehole Heat Budget Calculator: A new tool for the quick exploitation of high-resolution temperature profiles by hydrogeologists**  
**Journal of Water Resource and Protection, 11, 122-147. doi: 10.4236/jwarp.2019.112008**

José Corcho, Hans Sahli, Stefan Röllin

**Bestimmung von Plutoniumisotopen in Wasserproben\* (Détermination des isotopes du plutonium dans des échantillons d'eau)**  
**LN 2019-01 CORJ**

Les concentrations du plutonium<sup>239</sup> dans les échantillons d'eau sont très faibles. L'activité spécifique du <sup>239</sup>Pu est d'environ 3 µBq/kg dans les eaux de rivière et d'environ 0,1 µBq/kg dans les eaux de pluie. Dans la présente note de laboratoire,

ill. 1: Emplacements de prélèvement d'échantillons sur le glacier du Gauli (lignes parallèles M1 à M5). Le site de l'accident de l'avion Dakota est indiqué.



les mesures de trois méthodes différentes de préparation d'échantillons d'eau sont comparées entre elles. Les mesures sur les échantillons ont été réalisées au moyen de l'Element XR ICP-MS et du Neptune ICP-MS. Avec les trois méthodes, des rendements de plutonium de près de 100% ont été atteints. Pour les seuils de détection les plus bas, un grand volume d'échantillons est nécessaire et également, dans de tels cas, des étapes de pré-concentration de plutonium (précipitation de l'hydroxyde de fer) et de séparation chimique. Les méthodes de préparation des échantillons ont été testées sur trois types d'échantillons d'eau (eau de glacier, de rivière et de mer). Les échantillons provenant du glacier, pour lesquels les mesures du plutonium ont été utilisées à des fins de datation, présentaient un intérêt particulier. Ces échantillons de glacier ont été prélevés dans le cadre du cours de répétition de l'armée suisse par le Lab déf NBC 1 sur le glacier du Gauli (ill. 1). Des traces de plutonium ont pu être trouvées dans une zone à proximité du glacier, ce qui laisse supposer qu'il s'agit de glace datant des années 60. Les résultats sont utilisés pour préciser les calculs du modèle de la rivière du glacier.

Cédric von Gunten

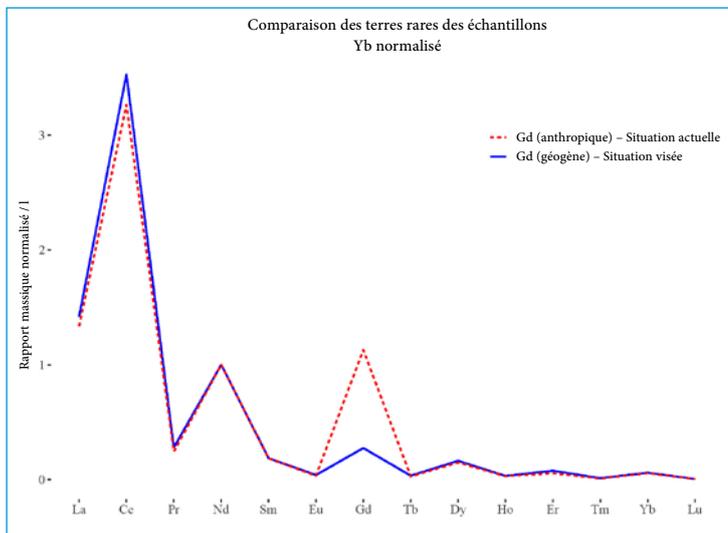
**Gadolinium-markierte Munition: Abschätzung der Umweltgefährdung (Munition marquée au gadolinium: évaluation de l'impact environnemental)**  
**LN 2019-01 VGCE**

Le gadolinium, un métal de la série des lanthanides (terres rares), est entre autres utilisé pour le marquage des munitions. Ces munitions sont exclusivement à la disposition de certaines autorités en Suisse. Elles sont utilisées dans le cadre d'exercices, du gadolinium étant alors rejeté sur les places de tir.

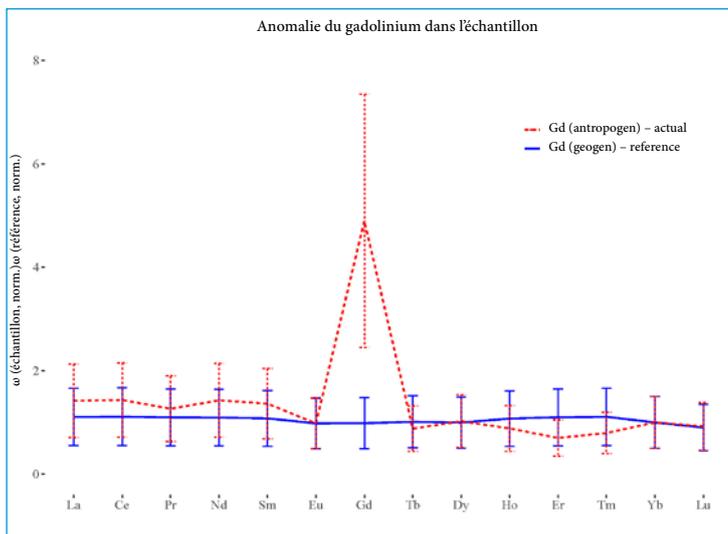
Conformément à la règle Oddo Harkins, les lanthanides présentent une répartition caractéristique dans la croûte terrestre (ill. 1). Si du gadolinium an-

thropique est rejeté dans l'environnement (p. ex. à la suite de tirs), il est possible de le constater par le biais d'une anomalie dans cette répartition caractéristique (ill. 2 et ill. 3). Afin d'évaluer la pollution environnementale qui en résulte, une place de tir a fait l'objet d'analyses visant à détecter du gadolinium anthropique. Du gadolinium non naturel a ainsi pu être mesuré seulement à l'état de traces ( $\omega(\text{Gd}_{\text{anthropogène}}) = 0.3 \mu\text{g/g}$ ). Compte tenu de la taille de l'installation de tir étudiée et de la faible quantité de munition marquée utilisée lors des tirs, le gadolinium ne devrait pas avoir d'incidence environnementale significative, même au cours des années à venir, sur les places de tir.

ill. 2:



ill. 3:



Cédric von Gunten

**Bestimmung der Haupt- und Spurenelemente verschiedener Stahlproben mittels ICP-Massenspektroskopie und saurem Aufschluss**  
**LN 2019-02 VGCE**

Cédric von Gunten

**Validierung neuer Spritzenfilter zur Probenvorbereitung**  
**LN 2019-03 VGCE**

Cédric von Gunten

**Kurzvalidierung des neuen Autosamplers und des neuen FAST Systems**  
**LN 2019-04 VGCE**

Cédric von Gunten

**Bestimmung der in-house Probenaufarbeitungsunsicherheit**  
**LN 2019-05 VGCE**

Cédric von Gunten

**Testing of Lishtot Testdrop Pro for the expert group «Water, Sanitation and Hygiene» WASH of the Swiss Humanitarian Aid Unit SHA**  
**LS 2019-07**

Jasmin Ossola

**Validierung des QuickTrace® M-8000 Mercury Analyzers**  
**LN 2019-01 OSJA**

André Pignolet

**Laborabwasser-Neutralisationsanlage Jahresbericht 2018**  
**LN 2019-01 PAN**

Stefan Röllin

**Isotopenverdünnungsanalyse von Plutonium**  
**LN 2019-01 ROF**

---

Stefan Röllin

**Altersbestimmungen von Plutonium  
LN 2019-02 ROF**

---

Hans Sahli

**Low level Bestimmungen von radioaktiven  
Cäsium-Isotopen in Wasserproben. Methoden-  
entwicklung an Meerwasserproben aus  
Fukushima  
LN 2019-01 SAHH**

---

Marc Stauffer

**Ringversuchsergebnisse 2018 der Prüfstelle  
STS 0028  
LN 2019-01 STM**

---

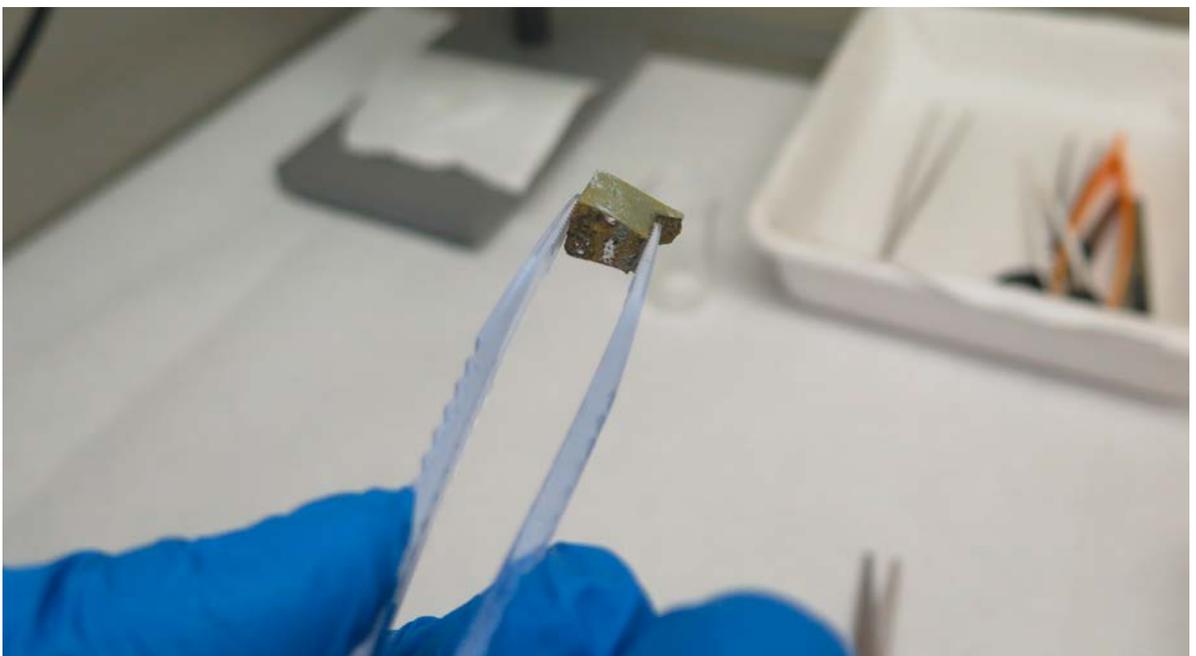
Dr. Christoph Wirz, Marc Stauffer, Dr. Nina Mosimann, Christian Saxer, Forensisches Institut Zürich (FOR)

**Collaborative Material Exercise 6 (CMX-6)  
Anwendungsübung der analytischen Prozesse für die Nukleare Forensik\* (Collaborative Material Exercise 6 (CMX-6), exercice pratique coordonné sur les processus d'analyse pour la criminalistique nucléaire)  
LN 2019-04 WIC, STM, SNIN**

La criminalistique nucléaire est l'examen de matières radioactives à l'aide de techniques d'analyse afin d'en déterminer l'origine et l'histoire, dans le cadre d'enquêtes de police. Le Groupe de travail technique international sur la criminalistique nucléaire (ITWG) élabore des directives et organise des exercices dans le but de promouvoir cette discipline scientifique et de proposer aux autorités nationales et internationales compétentes une approche commune et des solutions techniques efficaces. Fin 2018, le Laboratoire Spiez, en collaboration avec l'Institut de sciences Forensiques (FOR), a pris part pour la première fois à un «Collaborative Material Exercise» (CMX, exercice coordonné sur le matériel) de l'ITWG. La note de laboratoire rend compte de l'approche adoptée pour le traitement de problématiques complexes. Elle présente la collaboration avec le FOR, les résultats des mesures et leur interprétation, ainsi que les rapports et conclusions sur les points faibles et possibilités d'optimisation.

L'un des échantillons à analyser était composé de l'élément chimique cérium, qui était contaminé par du plutonium. La composition isotopique du plutonium et son âge ont été déterminés et des résultats juridiquement exploitables ont été obtenus, qui permettent de déduire quels autres échantillons présentent cette contamination spécifique au plutonium (Graded Decision Framework).

Un des échantillons était constitué de l'élément Ce, contaminé par du plutonium.





## Section Biologie

---

Ackermann-Gäumann R, Siegrist D, Züst R,  
Signer J, Lenz N, Engler O.

**Standardized focus assay protocol for  
biosafety level four viruses**

**J Virol Methods. 2019 Feb; 264:51-54. doi:  
10.1016/j.jviromet.2018.12.002. Epub 2018 Dec  
1. PubMed PMID: 30513365.**

---

Ackermann-Gäumann R, Eyer C, Leib SL,  
Niederhauser C.

**Comparison of Four Commercial IgG-Enzyme-  
Linked Immunosorbent Assays for the Detecti-  
on of Tick-Borne Encephalitis Virus Antibodies**

**Vector Borne Zoonotic Dis. 2019 May;  
19(5):358-364. doi: 10.1089/vbz.2018.2359.  
Epub 2018 Dec 4. PubMed PMID: 30523740.**

---

Stefanie Gobeli Brawand, Sonja Kittl, Martina  
Dettwiler, Andreas Thomann, Simon Feyer, José  
Cachim, Grégoire Theubet, Nicole Liechti, Mat-  
thias Wittwer, Nadia Schürch, Simone Oberhänkli,  
Andreas Heinimann and Jörg Jores

**An unusual case of bovine anthrax in the can-  
ton of Jura, Switzerland in 2017 \***

**BMC Veterinary Research, 2019, 15:265.**  
[https://bmcvetres.biomedcentral.com/artic-  
les/10.1186/s12917-019-1996-4](https://bmcvetres.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12917-019-1996-4)

Début mai 2017, un foyer de fièvre charbonneuse s'est déclaré dans une ferme de Villars-sur-Fontenais, dans le canton du Jura, entraînant la mort de deux vaches. Le dernier cas connu dans ce canton date de 1993. Un affaissement de terrain dans la zone de pâturage, qui était relié par un vaste système karstique de grottes à une ancienne fosse de carcasses animales, est la source présumée de la contamination. Une cavité temporaire y avait été ouverte par un spéléologue quelques jours avant l'apparition des cas. De l'eau contaminée par des spores du bacille du charbon s'en est probablement échappée, s'infiltrant dans les prés. Même si les tests effectués sur de nombreux échantillons d'herbes et de sols se sont révélés négatifs, cette hypothèse reste la plus plausible. L'analyse phylogénétique de l'isolat a mis en évidence un génotype d'origine endémique, ce qui montre que les spores du bacille du charbon peuvent persister pendant plusieurs décennies dans l'environnement et entraîner l'apparition d'un foyer d'infection selon les circonstances.

---

Maximilian Brackmann, Stephen L. Leib, Mauro  
Tonolla, Nadia Schürch, Matthias Wittwer

**Antimicrobial resistance classification using  
MALDI-TOF-MS is not that easy: lessons from  
vancomycin-resistant Enterococcus faecium**  
**Clinical Microbiology and Infection. doi:  
<https://doi.org/10.1016/j.cmi.2019.10.027>**

Foyer de fièvre charbonneuse dans le Jura.



---

Cédric Invernizzi, Filippa Lentzos

**Laboratories in the cloud**

**Bulletin of the Atomic Scientist, July 2, 2019.**

<https://thebulletin.org/2019/07/laboratories-in-the-cloud/#>

---

Junier T, Huber M, Schmutz S, Kufner V, Zagordi O, Neuenschwander S, Ramette A, Kubacki J, Bachofen C, Qi W, Laubscher F, Cordey S, Kaiser L, Beuret C, Barbié V, Fellay J, Lebrand A.

**Viral Metagenomics in the Clinical Realm: Lessons Learned from a Swiss-Wide Ring Trial**

**Genes (Basel). 2019 Aug 28; 10(9). pii: E655.**

**doi: 10.3390/genes10090655. PubMed PMID: 31466373. PubMed Central PMCID: PMC6770386.**

---

Nicole Liechti, Nadia Schürch, Rémy Bruggmann, Matthias Wittwer.

**Nanopore sequencing improves the draft genome of the human pathogenic amoeba *Naegleria fowleri***

**Scientific Reports, 2019, 9:16040.**

<https://www.nature.com/articles/s41598-019-52572-0>

---

Samuel M. Luedin, Francesco Danza, Samuele Roman, Matthias Wittwer, Joël F. Pothier and Mauro Tonolla

**Mixotrophic Growth Under Micro-Oxic Conditions in the Purple Sulfur Bacterium «*Thiodictyon syntrophicum*»**

**Front. Microbiol., 05 March 2019.**

<https://doi.org/10.3389/fmicb.2019.00384>.

---

Samuel M. Luedin, Nicole Liechti, Raymond P. Cox, Francesco Danza, Niels-Ulrik Frigaard, Nicole R. Posth, Joël F. Pothier, Samuele Roman, Nicola Storelli, Matthias Wittwer, Mauro Tonolla

**Draft Genome Sequence of *Chromatium okenii* isolated from the stratified alpine lake Cadagno**

**Scientific Reports, 2019, 9:1936.**

<https://www.nature.com/articles/s41598-018-38202-1>.

---

Casati Pagani S, Frigerio Malossa S, Klaus C, Hoffmann D, Beretta O, Bomio-Pacciorini N, Lazzaro M, Merlani G, Ackermann R, Beuret C.

**First detection of TBE virus in ticks and seroreactivity in goats in a non-endemic region in the Southern part of Switzerland (Canton of Ticino)**

**Ticks Tick Borne Dis. 2019 Jun; 10(4):868–874.**

**doi: 10.1016/j.ttbdis.2019.04.006. Epub 2019 Apr 18. PubMed PMID: 31047827.**

---

Pilloux L, Baumgartner A, Jatou K, Lienhard R, Ackermann-Gäumann R, Beuret C, Greub G.

**Prevalence of *Anaplasma phagocytophilum* and *Coxiella burnetii* in *Ixodes ricinus* ticks in Switzerland: an underestimated epidemiologic risk**

**New Microbes New Infect. 2018 Sep 6; 27:22–26.**

**doi: 10.1016/j.nmni.2018.08.017. eCollection 2019 Jan. PubMed PMID: 30534383. PubMed Central PMCID: PMC6278774.**

---

Remy MM, Alfter M, Chiem MN, Barbani MT, Engler OB, Suter-Riniker F.

**Effective chemical virus inactivation of patient serum compatible with accurate serodiagnosis of infections**

**Clin Microbiol Infect. 2019 Jul;25(7): 907.e7–907.e12.**

**doi: 10.1016/j.cmi.2018.10.016. Epub 2018 Oct 28. PubMed PMID: 30391583.**

---

Roman Schönenberger

**Etablierung eines massenspektrometrischen Verfahrens für den Nachweis von Viren mittels rapifleX MALDI-TOF/TOF MS System am Beispiel von Flavivirenkulturen aus Zellkulturlinie Vero C1008 CRL-1586™**

<https://www.medi.ch/arbeiten/poster-schoenenberger-roman.pdf>

---

Denise Siegrist, Dr. Roland Züst, Dr. Olivier Engler

**Validierungsbericht der End-point RT-PCR für den Nachweis und Identifikation von Lassa-Viren**

**LS 2019-06**

---

Denise Siegrist, Dr. Roland Züst, Dr. Olivier Engler

**Validierung der End-Point RT-PCR für den Nachweis und Identifikation von Filoviren**  
**LN 2019-13 SIDE, ZUET, ENO**

---

Torriani G, Trofimenko E, Mayor J, Moreno H, Michel S, Heulot M, Chevalier N, Zimmer G, Shrestha N, Platte P, Engler O, Rothenberger S, Widmann C, Kunz S.

**Identification of Clotrimazole Derivatives as Specific Inhibitors of Arenavirus Fusion**  
**Journal of Virology Mar 2019, 93 (6) e01744-18; doi: 10.1128/JVI.01744-18.**

---

Wipf NC, Guidi V, Tonolla M, Ruinelli M, Müller P, Engler O.

**Evaluation of honey-baited FTA cards in combination with different mosquito traps in an area of low arbovirus prevalence**  
**Parasit Vectors. 2019 Nov 21;12(1): 554. doi: 10.1186/s13071-019-3798-8. PubMed PMID: 31753035. PubMed Central PMCID: PMC6873520.**



## Section Chimie

---

Thomas Clare

**Validierung des GC-MSD/dFPD Systems Agilent 7890B/5977A (MSD6): Performancevergleich mit baugleichem GC-MSD/dFPD System Agilent 7890B/5977A (MSD5)**  
**LN 2019-01 CLA**

---

Urs Meier

**Chemische Forensik im Bereich der Chemiewaffen**  
**LN 2019-02 MRU**

---

Thomas Clare, Peter Siegenthaler

**Maskierung von CWC-relevanten Verbindungen durch Matrixkomponenten bei der Detektion mit GC-dFPD, GC- $\mu$ ECD, GC-NPD und GC-AED\* (Masquage de composés relevant de la CAC par des composants formant matrice**

---

Fritz Wüthrich

**Mikrobiologische Trinkwasseranalytik**  
**LS 2019-03**

---

Dr. Roland Züst, Denise Siegrist, Dr. Oliver Engler

**Validierung der End-Point RT-PCR für den Nachweis und Identifikation von SARS Viren**  
**LN 2019-14 ZUET, SIDE, ENO**

---

Schneeberger PHH, Fuhrmann S, Becker SL, Pothier JF, Duffy B, Beuret C, Frey JE, Utzinger J.

**Qualitative microbiome profiling along a wastewater system in Kampala, Uganda**  
**Sci Rep. 2019 Nov 22;9(1):17334. doi: 10.1038/s41598-019-53569-5. PubMed PMID: 31757984. PubMed Central PMCID: PMC6874685.**

**lors de la détection au moyen du GC-dFPD, du GC- $\mu$ ECD, du GC-NPD et du GC-AED)**  
**LN 2019-03 CLA, SIG**

Pour la détection spécifique de composés organiques volatils, le groupe Chimie analytique utilise des chromatographes à phase gazeuse associés à des détecteurs azote-phosphore (GC-NPD), des détecteurs photométriques à double flamme (dFPD), des détecteurs à capture de micro-électrons ( $\mu$ ECD) et des détecteurs d'émission atomique (AED). Un projet d'analyse a été lancé afin de déterminer dans quelle mesure des composants formant matrice empêchent la détection spécifique de composés relevant de la CAC.

---

Andreas Schorer, Jean-Claude Dutoit

**Vergleich von Extrelut und Chem Elut «Supported Liquid Extraction» (SLE)**  
**LN 2019-04 ANDRS, DUT**

---

Thomas Clare

Validierung des Gerstel TD 3.5+ / Agilent 7890B/5977B TD-GC-MSD/dFPD Systems (TD3-MSD7) im Modus für Flüssig-Injektion: Performancevergleich mit dem Agilent 7890B/5977B GC-MSD/dFPD System (MSD6)  
**LN 2019-05 CLA**

---

Andreas Schorer, Martin Schär, Marco Elmiger, Peter Siegenthaler

Nachweis von Fentanyl, Carfentanil und Remifentanil in Wasser- und Wischproben mittels GC-MS und LC-MS\* (Mise en évidence par GC-MS et LC-MS du fentanyl, du carfentanil et du rémifentanil dans des échantillons d'eau et des échantillons prélevés par essuyage)  
**LN 2019-06 ANDRS, SCM, ELM, SIG**

---

Urs Meier

Forensische Analyse der Deuterium/Wasserstoff ( $^2\text{H}/^1\text{H}$ ) Isotopenverhältnisse in CWÜ-relevanten Verbindungen unter Anwendung der NMR-basierten SNIF-Technik (Site-Specific Natural Isotope Fractionation)  
**LN 2019-07 MRU**

---

Andreas Zaugg, Martz Severin

Synthese und Charakterisation von racemischem Bornylchlorid sowie den jeweiligen (+)/(-)-Stereoisomeren  
**LN 2019-01 ZAA, MSEV**

---

Fausto Guidetti, Michael Arnold

Messkampagne mit dem X-am 8000 der Firma Dräger  
**LN 2019-01 GIF, ARND**

---

Fausto Guidetti

Prüfung von Nachweisplättchen des Kampfstoffnachweisgerätes KANAG  
**LN 2019-02 GIF**

---

Benjamin Menzi

Sichtbarkeit von verschiedenen chemischen Kampfstoffen mit ultraviolettem Licht (UV365 und UV254)  
**LN 2019-01 MEN**

---

Luca Moschen, Benjamin Menzi

Herstellung von Alkylphosphonsäurechlorfluoride  
**LN 2019-01 LMO, MEN**

---

Roland Kurzo, Jan Klopfenstein

Herstellung von Chlorpikrin (PS)  
**LN 2019-01 KURO**

---

Dennison, G. H.; Curty, C.; Metherell, A. J.; Micich, E.; Zaugg, A.; Ward, M. D.

Qualitative colorimetric analysis of a Ir(iii)/Eu(iii) dyad in the presence of chemical warfare agents and simulants on a paper matrix  
**RSC Advances 2019 9(14): 7615-7619**



## Section Protection NBC

---

Dr. Christian Gloor

Dichtheitsprüfung von Schutzmasken mittels Helium  
**LS 2019-05**

---

Regula Gosteli

Validierung der Kampfstoffbeständigkeitsprüfung statisch mittels Indikatorpapiermethode auf dem Kamerasystem KS-2/6  
**LN 2019-01 GOSR**

---

Regula Gosteli

Vergleichsmessungen der Kampfstoffbeständigkeitsprüfung mittels Indikatorpapiermethode, Durchführung auf dem Kamerasystem KS-2/6 und YPAP21  
**LN 2019-02 GOSR**

---

Regula Gosteli

Referenzmaterial für die Kampfstoffbeständigkeitsprüfung, Prüfung der Retentionszeit diverser potentiell geeigneter Polymerfolien gegenüber Yperit (HD) und HD:Chlorbenzol 80:20  
**LN 2019-03 GOSR**

---

Marco Hofer

Sorptionsmittelprüfung mit Toluol nach SI4570 Erarbeiten eines neuen Prüfverfahrens  
**LN 2019-01 HOM**

---

Dr. Gilles Richner

Integrale Prüfung der persönlichen C-Schutzausrüstung gegenüber Gas (ICPg) Weiterentwicklung der Methodik  
**LS 2019-08**

---

Johann Stalder

Validierung der Messkette zu «3 t-Schockprüfmaschine SPM»  
**LN 2019-003 SJ**

---

André Zahnd

Numerische Simulation der Luftstossausbreitung und Druckeinwirkung auf die Teststruktur mit dem CFD-Programm «Apollo Blastsimulator»  
**LS 2019-04**



## Section Logistique, qualité et sécurité

---

Breitenbaumer S., Lörtscher B., Weber B.

**Höchste Ansprüche. Hochdichte Räume sorgen im Labor Spiez für Sicherheit**  
**ReinRaumTechnik, 5/2019.**

---

Beat Lörtscher

**HIGH FLOW BIO-X Filter Messreihe**  
**Differenzdruck**  
**LN 2019-02 LOB**

---

Stefan Breitenbaumer, Beat Lörtscher

**Sterilisationsprozess Abwassersterilisationsanlage BL**  
**LN 2019-01 BRS, LOB**

---

Beat Lörtscher

**Optimierung Sterilisationsprozess nach beobachtetem Druckanstieg nach der Wartung**  
**LN 2019-03 LOB**



## Unité Coordination NBC

---

Dr. Natalie Kummer, Dr. César Metzger

**Investigations forensiques lors d'incidents atomiques, biologiques et chimiques en Suisse**  
**Revue internationale de criminologie et de police technique et scientifique. 2019/4.**  
**P. 484-504.**

# Domaines accrédités

Participation aux essais interlaboratoires organisés d'octobre 2018 à septembre 2019

Service	Nbre	Type et partenaire
<b>STS 0019</b>		En raison de la conclusion de missions d'analyses pour le compte de l'OIAC, le Laboratoire de Spiez a été libéré de l'obligation de participer aux essais d'aptitude et a reçu la prolongation de sa désignation OIAC pour une nouvelle année.
<b>STS 0022</b>	1	Mesures comparatives portant sur des substances sorbantes (CS, CK, HCN, SO <sub>2</sub> , NH <sub>3</sub> ), WIS Munster, Allemagne
<b>STS 0028</b>	7	<ul style="list-style-type: none"> <li>- International Soil Exchange ISE - University of Wageningen</li> <li>- Potable water - Ielab</li> <li>- PT ALMERA - IAEA</li> <li>- PT Seawater RML - IAEA</li> <li>- PT IRA/BAG</li> <li>- Essais interlaboratoires - Office fédéral allemand pour la radioprotection, Allemagne</li> <li>- PT TRIC - IAEA</li> </ul>
<b>STS 0036</b>	7	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Série d'essais interlaboratoires internationaux organisée par le Deutsches Referenzbüro für Ringversuche und Referenzmaterialien (DRRR), Kempten</li> <li>- Détermination de la densité, deux matériaux</li> <li>- Combustibilité (à l'horizontale), deux matériaux</li> <li>- Combustibilité (à la verticale), deux matériaux</li> <li>- Mesure de la différence entre deux couleurs <math>\Delta E^*</math>, et coordonnées dans l'espace colorimétrique <math>\Delta L^*</math>, <math>\Delta a^*</math> et <math>\Delta b^*</math> (jaune or contre jaune mais et rouge feu contre rouge de sécurité)</li> <li>- Déformation rémanente après compression, deux matériaux</li> <li>- Déformation rémanente sous charge de traction, deux matériaux</li> <li>- Résistance à la compression des mousses plastiques, deux matériaux</li> </ul>
<b>STS 0054</b>	3	Bactériologie : essai interlaboratoire microbiologie de l'eau
	2	Bactériologie : mise en évidence de génomes bactériens pour <i>Bacillus anthracis</i> , <i>Coxiella burnetii</i> , <i>Francisella tularensis</i> , <i>Brucella spp</i> et <i>Borrelia burgdorferi</i> (distributeur : INSTAND e.V.)
	11	Virologie : orthopox (EDV LabNet) arbovirus, fièvre jaune et Zika (QCMD) Nil occidental PCR (QCMD) dengue PCR (QCMD) Chikungunya PCR (QCMD) MEVE sérologie (INSTAND e.V.) juin 2019 hantavirus sérologie (INSTAND e.V.) Nil occidental PCR (INSTAND e.V.) MEVE sérologie (INSTAND e.V.) nov. 2019 MERS PCR (QCMD)
<b>STS 0055</b>	0	Aucun essai interlaboratoire



**Éditeur**

Département fédéral de la défense, de la protection  
de la population et des sports DDPS

Office fédéral de la protection de la population OFPP

LABORATOIRE SPIEZ

CH-3700 Spiez

Tél. +41 58 468 14 00

Fax +41 58 468 14 02

laborspiez@babs.admin.ch

www.labor-spiez.ch

Twitter: @SpiezLab



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

**Office fédéral de la protection de la population OFPP**  
**LABORATOIRE SPIEZ**