



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

Département fédéral de l'intérieur DFI  
**Office fédéral de la santé publique OFSP**  
Unité de direction Protection des consommateurs

# La surveillance radiologique du site de l'ancienne centrale nucléaire de Lucens

**Rencontres internationales de  
Radioprotection 02.04.2014**

Sybille Estier, Division Radioprotection





Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

Département fédéral de l'intérieur DFI  
**Office fédéral de la santé publique OFSP**  
Unité de direction Protection des consommateurs

# 24 heures

VAUD & RÉGIONS SUISSE MONDE ÉCONOMIE BOURSE SPORTS HIGH-TECH PEOPLE

Lausanne & Région Riviera - Chablais Nord vaudois - Broye La Côte Faits divers Images Clic-

## NUCLÉAIRE

### Du tritium dans le drainage de l'ancienne centrale de Lucens

Mis à jour le 04.04.2012 7 Commentaires

Les eaux de drainage contiennent une concentration élevée d'un isotope radioactif. Sans danger, selon l'OFSP.



JEAN-PAUL GUINNARD

Depuis fin 2011, une concentration accrue de

# LE TEMPS

SUISSE & RÉGIOI

ACTUALITÉ ÉCONOMIE & FINANCE CULTURE LIFESTYLE OPINIONS

Monde Genève Internationale Suisse Sciences & Environnement Multim

Texte

VAUD Jeudi 26 avril 2012

## Le mystère plane sur l'ancienne centrale nucléaire de Lucens

› Mathieu Signorell



Depuis son arrêt en 1969, la centrale est devenue un dépôt de biens culturels en 1997. (Keystone)

**L'origine des concentrations élevées de tritium dans l'eau dans la région reste inconnue. Pas de conséquence pour l'environnement**

### LES LIENS

› Communiqué.

L'information de l'OFSP

Mais pourquoi l'eau qui filtre de l'ancienne centrale nucléaire de Lucens (VD) il y a quelques semaines contenait-elle davantage de tritium que d'habitude? Mystère, explique ce jeudi l'Office fédéral de la santé publique (OFSP). Des analyses avaient montré que la concentration de cet isotope radioactif était de 230 Becquerel par litre dans les eaux d'infiltration depuis le début de l'année.



# Sommaire de l'exposé

- La surveillance de la radioactivité dans l'environnement en CH
- La genèse de la centrale : conception et construction
- L'accident du 21 janvier 1969 et le démantèlement du réacteur
- La surveillance radiologique mise en place à partir de 1995
- L'augmentation des concentrations de tritium de 2011-2012
- Les résultats de la surveillance rapprochée
- Conclusions

Les illustrations de la première partie de l'exposé sont tirées du dossier de l'Inspection Fédérale de la Sécurité Nucléaire (IFSN) consacré à la centrale nucléaire de Lucens. -> [www.ensi.ch](http://www.ensi.ch)



# La surveillance de la radioactivité dans l'environnement en Suisse

- Art. 104 à 106 de l'Ordonnance sur la radioprotection (ORaP) règlent la surveillance de la radioactivité dans l'environnement
  - L'Office fédéral de la santé publique (OFSP) surveille les rayonnements ionisants et la radioactivité dans l'environnement
- L'OFSP établit et coordonne le programme national de surveillance et est également chargé de la publication des résultats
- Plusieurs laboratoires de mesure participent à la surveillance
  - Laboratoires de la confédération
  - Laboratoires des cantons (denrées alimentaires)
  - Laboratoires spécialisés d'universités et de centres de recherche





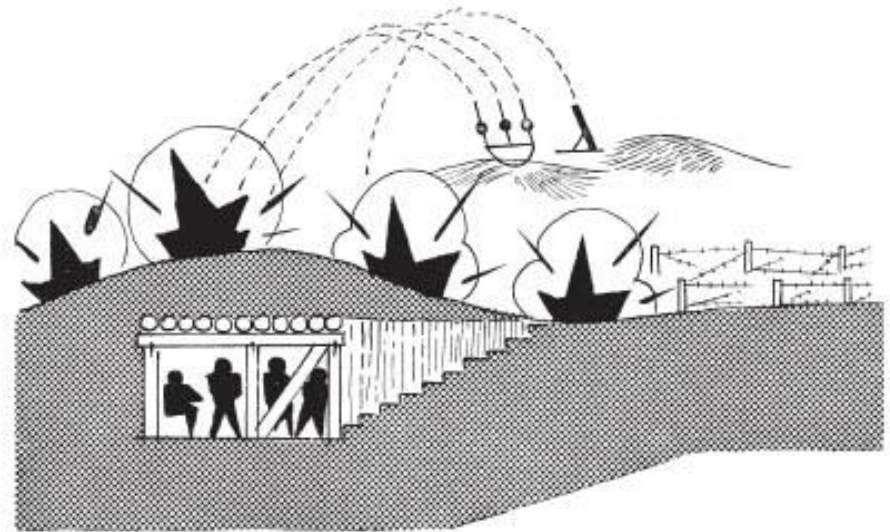
# La genèse de la centrale : contexte historique

- Dans les années 50, la confédération suisse met en œuvre un vaste programme de recherche sur l'utilisation de l'énergie atomique.

➔ Objectif : Construction  
premier pas vers la n  
commerciale « made

- L'implantation sous-terrainne d  
ses preuves, il a été naturelle  
pour la construction de la pre

➔ Protection naturelle co





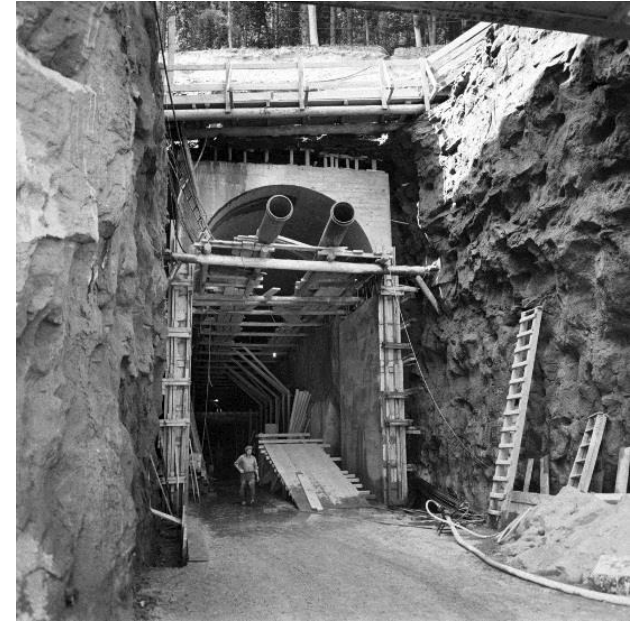
# La genèse de la centrale : contexte historique

- Dans les années 50, la confédération suisse met en œuvre un vaste programme de recherche sur l'utilisation de l'énergie atomique.
  - ➔ Objectif : Construction d'un réacteur expérimental suisse, premier pas vers la mise au point d'une centrale nucléaire commerciale « made in Switzerland »
- L'implantation sous-terrainne des centrales hydrauliques ayant fait ses preuves, il a été naturellement décidé de procéder de même pour la construction de la première centrale nucléaire suisse.
  - ➔ Protection naturelle contre les dangers extérieurs
- Molasse de la région de Lucens offrait des conditions particulières pour la rétention des radionucléides.
  - ➔ En cas de fuite, les radionucléides sont piégés dans les pores. Décroissance radioactive au cours de leur diffusion à travers la montagne avant leur réapparition dans l'environnement.



# La genèse de la centrale : la construction

- 1962 : début de la construction de la centrale nucléaire expérimentale de Lucens (CNEL). Les travaux durent 5 ans.
- L'installation est construite à deux kilomètres au sud-ouest de Lucens (VD), sur la rive gauche de la Broye, le cours d'eau qui devait également assurer l'alimentation des circuits de refroidissement du réacteur
  - ➔ Une galerie d'accès longue de 100 m débouchant sur trois cavernes respectivement destinées au réacteur, à la turbine et à la piscine de stockage des éléments combustibles.

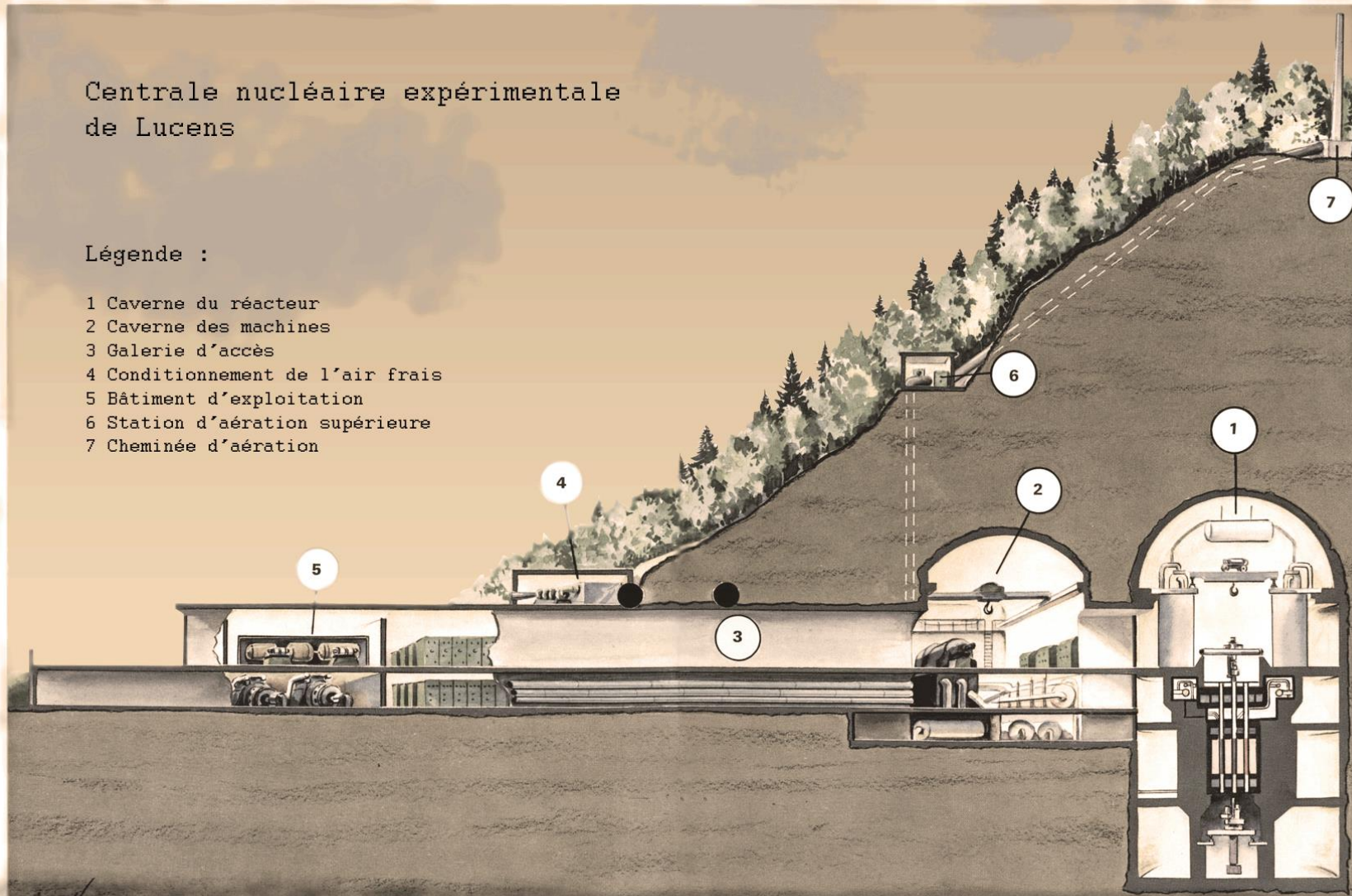




## Centrale nucléaire expérimentale de Lucens

### Légende :

- 1 Caverne du réacteur
- 2 Caverne des machines
- 3 Galerie d'accès
- 4 Conditionnement de l'air frais
- 5 Bâtiment d'exploitation
- 6 Station d'aération supérieure
- 7 Cheminée d'aération

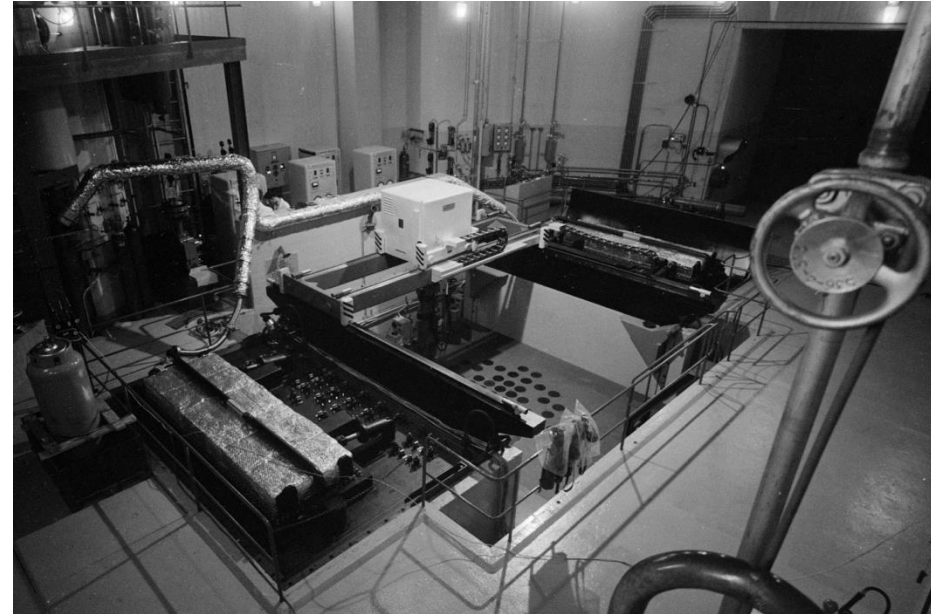






# La genèse de la centrale

- La filière choisie était celle d'un réacteur utilisant de **l'uranium naturel** (non enrichi en U-235) comme **combustible**
- L'utilisation d'uranium naturel comme combustible a conduit à choisir **l'eau lourde ( $D_2O$ ) comme modérateur**  
Le rôle du modérateur est de ralentir (« modérer ») les neutrons pour permettre la réaction de fission des noyaux d'U-235
- Le **dioxyde de carbone ( $CO_2$ )** fut choisi comme gaz de refroidissement et caloporteur





# L'accident du 21 janvier 1969 (1)

- Le 21 janvier 1969, lors d'un démarrage, après 3 mois d'arrêt pour maintenance, un arrêt automatique du réacteur se produit, suivi quelques secondes plus tard, par plusieurs explosions
- Le personnel en salle de commande prend les mesures d'urgence adéquates pour maintenir l'installation dans un état stable





## L'accident du 21 janvier 1969 (2)

- L'accident est dû à un défaut de refroidissement, causé par le colmatage des canaux de circulation du gaz caloporteur par des produits de corrosion (humidité dans la caverne), qui a entraîné la fusion partielle du cœur.
- L'onde de pression qui s'est développée dans le réservoir du modérateur a provoqué la rupture d'un des éléments de sécurité contre la surpression.
- Par cette ouverture, plusieurs tonnes d'eau lourde, du combustible en fusion ainsi que du caloporteur massivement contaminé par des produits de fission ont été projetés dans la caverne de réacteur.





# Les conséquences radiologiques de l'accident

- Selon le rapport de la commission d'enquête sur l'accident de la centrale nucléaire expérimentale de Lucens paru en 1979 ni le personnel ni la population n'ont subi d'irradiation notable



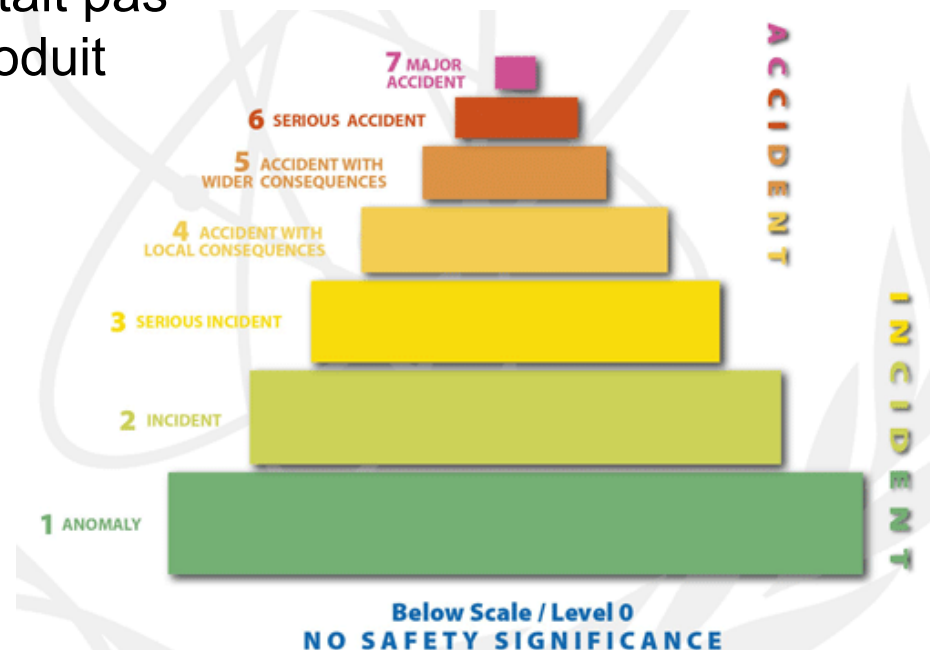
- Selon ce rapport, l'irradiation de la population est essentiellement imputable **au tritium** (max. 0,05 mSv).
  - ➔ produit essentiellement dans l'eau lourde par capture neutronique
  - ➔ rejeté dans l'environnement lors de la décompression de l'enceinte de confinement puis lors de la ventilation mise en place pour assécher la caverne du réacteur au cours des semaines qui ont suivi l'accident





# Classification actuelle de l'accident

- Le rapport de la commission d'enquête a par la suite été l'objet de critiques et controverses
- L'accident de Lucens serait actuellement classé au niveau 4 ou 5 de l'échelle internationale d'évaluation des événements nucléaires (INES), classification qui n'existait pas encore à l'époque où il s'est produit

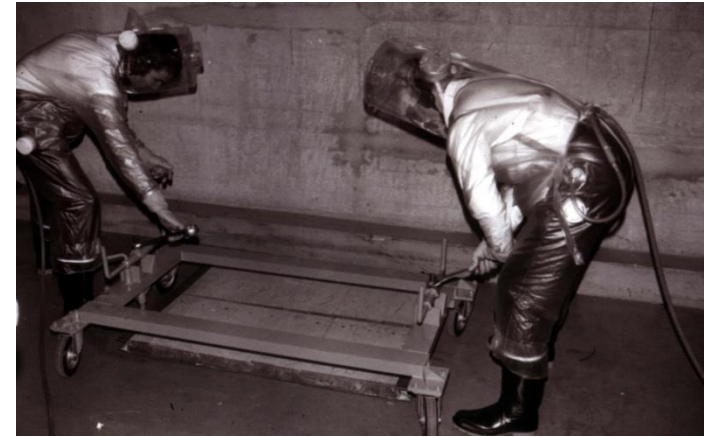




# Décontamination et démantèlement du réacteur

- 03 mars 1969 : début des travaux de décontamination.

Le réacteur a été démantelé au cours des années suivantes



- L'installation a été définitivement désaffectée en 1991/93 par remplissage de la caverne du réacteur et de la piscine d'entreposage du combustible par du béton, avec mise en place d'un système de drainage. La fiabilité de ce système de drainage a dû être démontrée



## Réhabilitation du site

- La ma  
conse
- L'Offic  
la surv



lu

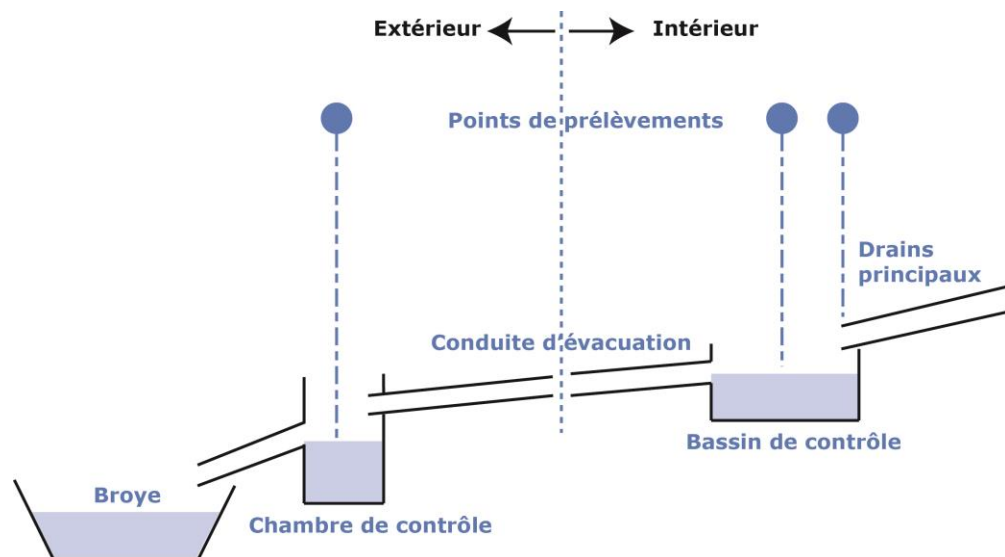
assurer

- L'ancienne caverne des machines abrite aujourd'hui le dépôt de conservation des objets culturels du Canton de Vaud



# La surveillance radiologique du site de l'ancienne centrale de Lucens

- Le programme de surveillance mis en place après le déclassement du site se résume au prélèvement manuel, tous les 15 jours, de deux échantillons d'eau du système de drainage
  - L'un dans le bassin de contrôle (bassin de collecte des eaux de drainage provenant des 9 drains principaux de la caverne)
  - Le second dans la chambre de contrôle (juste avant le rejet dans la Broye)







Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

Département fédéral de l'intérieur DFI  
**Office fédéral de la santé publique OFSP**  
Unité de direction Protection des consommateurs

# Prélèvements au bassin de contrôle





Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

Département fédéral de l'intérieur DFI  
**Office fédéral de la santé publique OFSP**  
Unité de direction Protection des consommateurs

# Prélèvements à la chambre de contrôle







# La surveillance radiologique du site de l'ancienne centrale de Lucens

- Le programme de surveillance mis en place après le déclassement du site se résume au prélèvement manuel, tous les 15 jours, de deux échantillons d'eau du système de drainage
  - L'un dans le bassin de contrôle (bassin de collecte des eaux de drainage provenant des 9 drains principaux de la caverne)
  - Le second dans la chambre de contrôle (juste avant le rejet dans la Broye)
  
- Mesure par l'Institut de Radiophysique (IRA), à Lausanne :
  - des émetteurs gamma et du tritium ( $^3\text{H}$ ) dans les mélanges mensuels des échantillons du bassin et de la chambre de contrôle
  - du Strontium-90 dans les mêmes échantillons sur une base bimestrielle



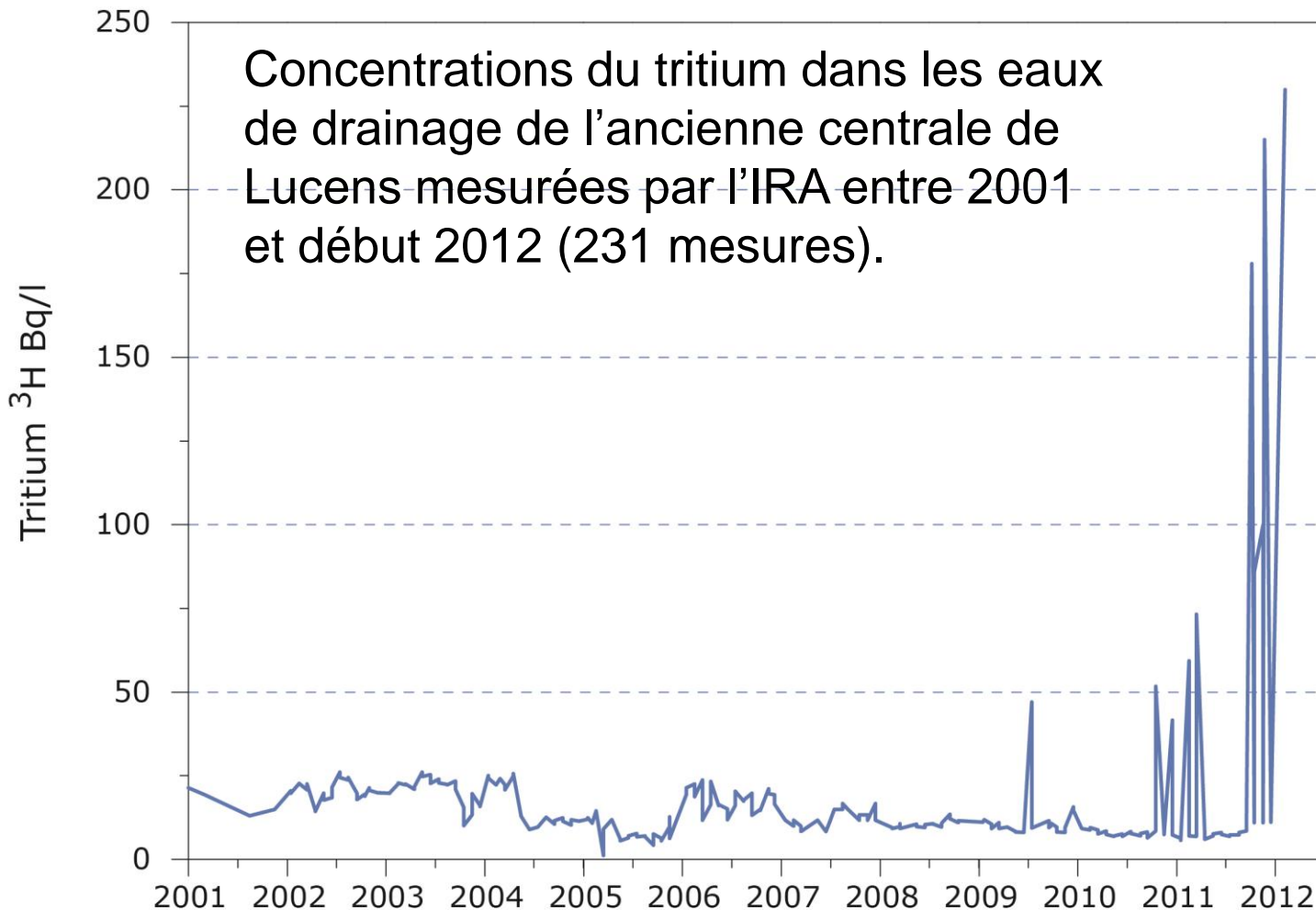
# Les résultats de la surveillance jusqu'en 2010

- Les teneurs en tritium mesurées se situaient, jusqu'à début 2010, entre 10 et 20 Bq/l (valeur moyenne d'env. 15 Bq/l ) alors qu'une eau de surface ne dépasse habituellement pas 3 Bq/l
  - ➔ Traces de l'accident de 1969
- Aucun émetteur gamma (Césium 134 et 137, Cobalt-60) n'a pu être mis en évidence dans les échantillons d'eau (Concentrations inférieures à la limite de détection (LD) de 0.2-0.5 Bq/l).
- Concentrations en Strontium-90 < LD = 5-7 mBq/l





# L'augmentation des concentrations de tritium enregistrées en 2011-2012





# L'augmentation des concentrations de tritium enregistrées en 2011-2012

- Activité maximale en tritium :  
230 Bq/l en février 2012

Cet échantillon présentait une activité mesurable en Césium-137 de 0.5 Bq/l

- Aucune activité en Strontium-90 supérieure à la limite de détection



- Les valeurs enregistrées sont nettement inférieures à la valeur limite d'immission fixées dans l'ORaP à 12'000 Bq/l pour le tritium dans les eaux accessibles au public et ne représentent aucun danger pour la santé, mais l'augmentation justifie un suivi approfondi de la situation



# Mesures prises par l'OFSP au printemps 2012

- Mise en place d'une surveillance en continu des eaux de drainage (un prélèvement manuel par sondage est insuffisant)
- Analyse détaillée du système de drainage, examen de l'inventaire et prélèvements complémentaires d'échantillons sur le site afin de déterminer l'importance des fuites de radioactivité et, si possible, d'en déterminer l'origine







Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

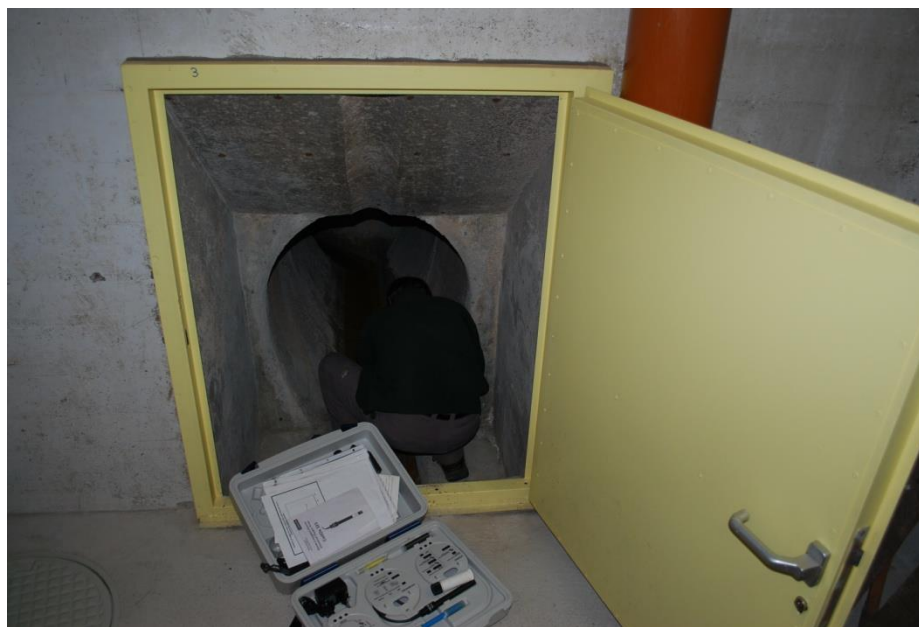
Département fédéral de l'intérieur DFI  
Office fédéral de la santé publique OFSP  
Unité de direction Protection des consommateurs

# Prélèvements au drain N° 4 (caverne du réacteur)





# Prélèvements aux drains latéraux ainsi qu'au drain N° 3 (piscine de stockage du combustible)





# L'inventaire des radionucléides présents après décontamination

- Le rapport de sécurité sur la désaffectation de la centrale nucléaire de Lucens publié en 1988 contient un inventaire des radionucléides présents dans la caverne avant que celle-ci ne soit bétonnée.
- Ce rapport mentionne les activités suivantes ( en date du 1.1.1988)

Strontium-90	: 0.12 Ci (4.4 GBq)	(provenant de 400 g d'Uranium faiblement enrichi se trouvant de façon dispersée dans la caverne)
Yttrium -90	: 0.12 Ci (4.4 GBq)	
Césium- 137	: 0.17 Ci (6.3 GBq)	
Plutonium-239	: 0.003 Ci (100 MBq)	
Divers alpha	: 0.0003 Ci (10 MBq)	
Cobalt-60	: 0.4 Ci (15 GBq)	(produits d'activation)
Argent-108	: 0.09 Ci (3.3 GBq)	



# L'inventaire des radionucléides présents après décontamination

- L'inventaire en tritium a été établi sur la base d'entretiens avec l'ancien directeur de la centrale, J.P. Buclin.
  - ➔ 5 tonnes d'eau lourde ont été expulsées à l'intérieur de l'écran biologique lors de l'accident, la plupart a ensuite été récupérée
  - ➔ Toutefois une quantité estimée à environ 200 kg d'eau lourde a été relâchée durant les trois premiers jours avec les fuites de CO<sub>2</sub> dans le rocher autour du réacteur de la centrale
  - ➔ Ceci correspondait à environ 30 Ci de tritium. Il en reste aujourd'hui environ 1 Ci (37 GBq)



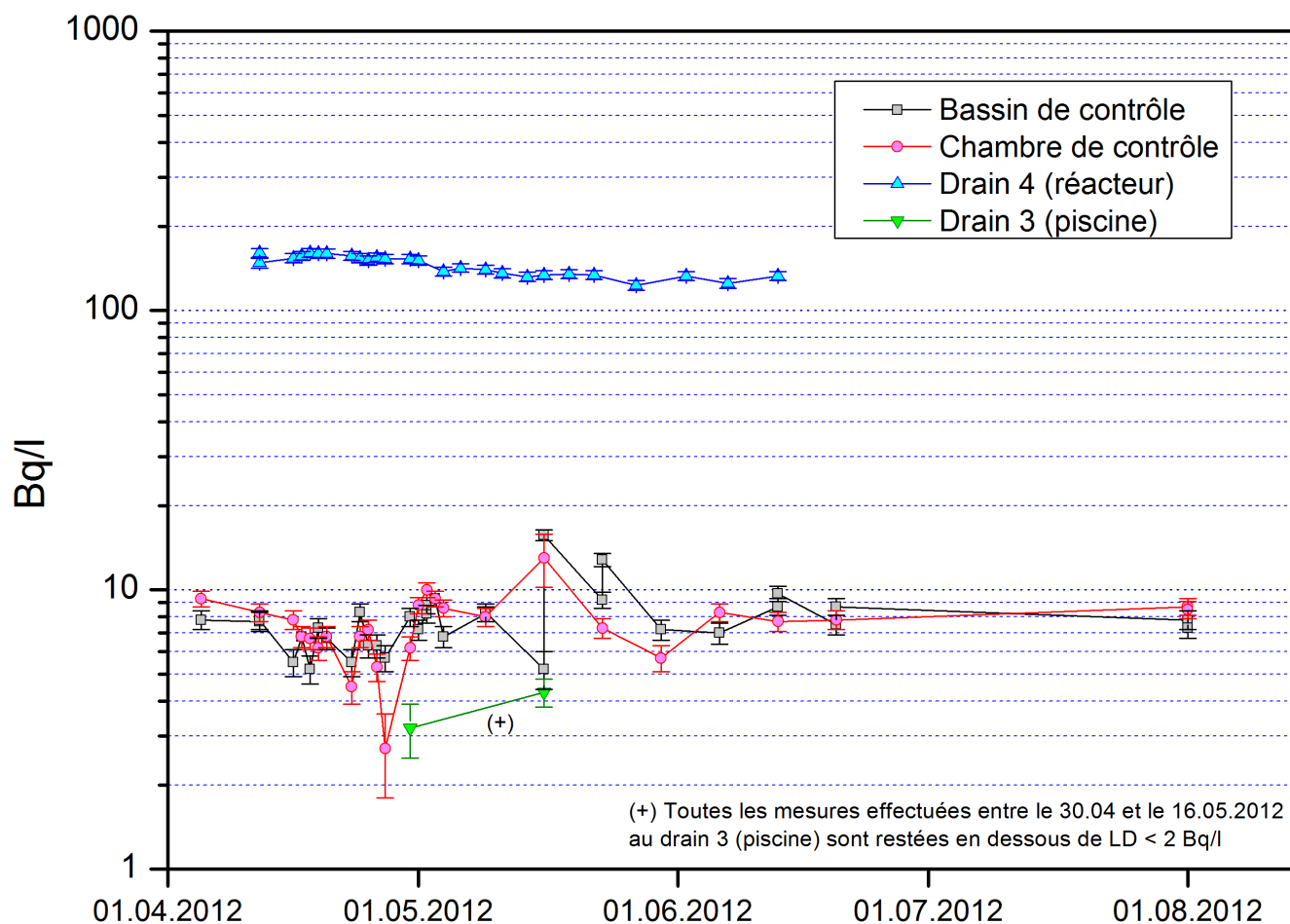


# Mesures prises par l'OFSP au printemps 2012

- Mise en place d'une surveillance en continu des eaux de drainage (un prélèvement manuel par sondage est insuffisant) :
- Analyse détaillée du système de drainage et prélèvements complémentaires d'échantillons sur le site afin de déterminer l'importance des fuites de radioactivité et, si possible, d'en déterminer l'origine
- Organisation d'une campagne de prélèvements d'échantillons d'eaux, de plantes aquatiques et de sédiments dans la Broye pour s'assurer que les concentrations, notamment en tritium et en Césium-137, sont restées faibles dans l'environnement.

# Les résultats de la surveillance rapprochée

## ■ Résultats des analyses du tritium dans les eaux du système de drainage





# Les résultats de la surveillance rapprochée

- L'origine exacte de l'augmentation subite de tritium mesurée fin 2011-début 2012 dans les échantillons de la chambre et du bassin de contrôle n'a pu être identifiée; toutes les valeurs enregistrées étaient  $< 20$  Bq/l
  - ➔ Phénomène ponctuel
- Les mesures complémentaires ont permis d'identifier une fuite permanente de tritium (140 Bq/l) en provenance du drain n° 4 (caverne du réacteur). Des traces de Césium-137 (0.5 Bq/l) ont également été mesurées dans ces échantillons
- Les valeurs de tritium enregistrées dans les eaux des autres drains étaient inférieures à la limite de détection de 2-3 Bq/l
  - ➔ L'eau en provenance du drain 4 est responsable des activités de 10-20 Bq/l observée dans les échantillons du bassin et de la chambre de contrôle dans les prélèvements bimensuels



# Les résultats de la surveillance rapprochée

- Les mesures de tritium libre et organiquement lié, des émetteurs gamma, du strontium-90 ainsi que du plutonium et de l'américium dans les eaux, les sédiments et les plantes aquatiques prélevés dans la Broye n'ont pas présenté de marquage radioactif attribuable à l'ancienne centrale nucléaire de Lucens





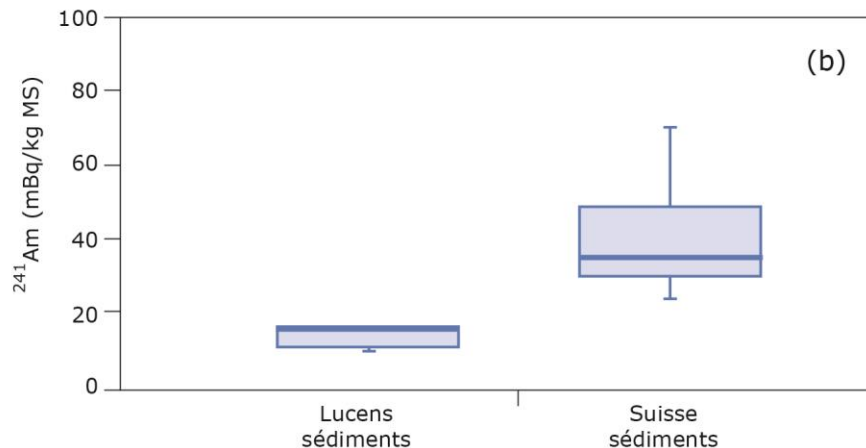
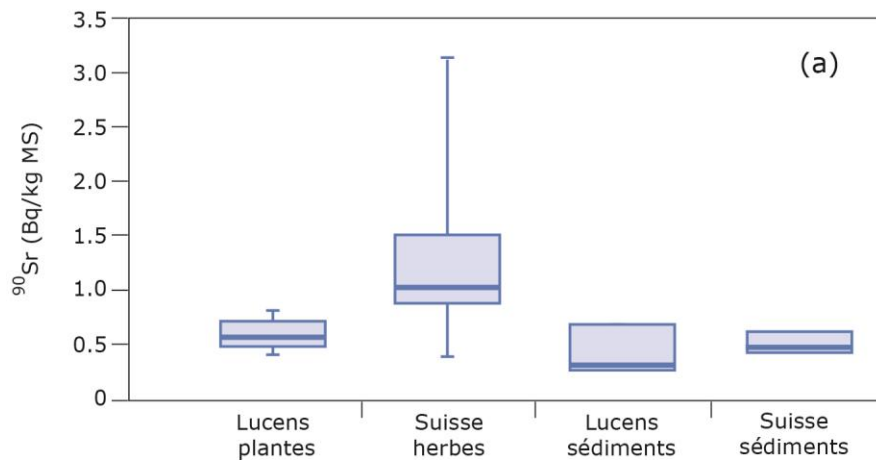


# Les résultats de la surveillance rapprochée

## ■ Exemple de résultat :

Comparaison de la valeur médiane et 25 et 75 % percentiles de la concentration :  
(a) de  $^{90}\text{Sr}$  dans les plantes et les sédiments pour le site de Lucens (23 échantillons) et le reste de la Suisse en 2012

(b) de  $^{241}\text{Am}$  dans les sédiments pour le site de Lucens et le reste de la Suisse (2009-2012)





# Conclusions (1)

- La surveillance et les techniques de mesure très sensibles mises en œuvre par l'OFSP et l'IRA ont permis de déceler une situation anormale sur le site de l'ancienne centrale nucléaire de Lucens. Même si les valeurs mesurées sont restées 50 fois inférieures aux limites légales et ne présentaient pas de danger pour la santé de la population, un programme de mesures complémentaires a été mis en œuvre pour en déterminer l'origine
- Les résultats de la surveillance rapprochée (200 analyses supplémentaires en 3 mois) n'ont pas permis de déterminer l'origine exacte des niveaux de tritium plus élevés mesurés dans les eaux de drainage fin 2011 et début 2012, car les concentrations étaient retombées à celles enregistrées jusqu'en 2010
  - ➔ phénomène ponctuel



## Conclusions (2)

- Probablement lié à des résurgences du tritium rejeté dans l'environnement lors de l'accident (1969)  
Selon l'ancien directeur de la centrale , « les 200 kg d'eau lourde restés dans la caverne à Lucens suite à l'accident peuvent se diffuser de manière fractionnée (sur plusieurs canaux en plusieurs fois) ». Pour lui, des élévations ne présentant pas de danger pour l'être humain, telles que constatées en 2011, peuvent très bien se reproduire ces prochaines années.
- Les mesures effectuées dans les eaux, les sédiments et les plantes aquatiques prélevées dans la Broye n'ont montré aucun marquage de l'environnement par des substances radioactives attribuables à l'ancienne centrale de Lucens