



RAPPORT DE STAGE

Par Sébastien BERCHET

Systeme de prélèvement d'eau tritiée atmosphérique à l'aide d'un dispositif autonome

Stage de 1ère année de BTS TPIL1 réalisé au sein de la SEIVA.
(du 20 avril 2009 au 20 juillet 2009)

TPIL : Technique et Physique pour l'Industrie et le Laboratoire
SEIVA : Structure d'Echange et d'Information sur Valduc

Maître de stage : Catherine SAUT
Jean-Claude NIEPCE

Maître en entreprise : Christophe MAVON
Manuel GRIVET



Remerciements :

Je remercie tout d'abord Catherine SAUT et Jean-Claude NIEPCE pour m'avoir proposé ce stage au sein de la SEIVA. Je les remercie également pour leur accueil et pour m'avoir encadré pendant ces 3 mois.

Je remercie le Pr Michel FROMM de m'avoir accueilli au LCPR-AC.

Je remercie plus particulièrement Christophe MAVON et Manuel GRIVET pour leurs conseils, leur disponibilité et pour m'avoir aidé à aboutir dans ce projet.

Enfin, je remercie toutes les personnes du SPR (Service de Protection contre les Rayonnements) du CEA de Valduc pour leur contribution.

SOMMAIRE

Introduction

I/. Structures d'accueil :

- 1) La SEIVA
- 2) Le LCPR-AC
- 3) Le CEA Valduc
- 4) Le SERAC

II/. Partie théorique :

1) Le tritium :

- a) Caractéristiques du tritium
- b) Origine du tritium
- c) Le tritium et l'environnement
- d) Les risques

2) Comptage du tritium par scintillation liquide

III/.Partie expérimentale :

- 1) Dispositif de prélèvement 2005
- 2) Dispositif de prélèvement 2009
- 3) Dispositif de prélèvement du CEA
- 4) La pompe
- 5) Dispositifs complets 2005 et 2009
- 6) Le dispositif dans la nature
- 7) Extraction de l'eau
- 8) Préparation des échantillons
- 9) Analyse de l'eau
- 10) Résultats 2005 et 2009

Conclusion

GLOSSAIRE
REFERENCES
ANNEXES

INTRODUCTION

Mon stage comptant pour la 2ème année de BTS TPIL a été réalisé à la SEIVA de Dijon en collaboration avec le LCPR AC de Besançon et avec la contribution du SPR du centre CEA de Valduc.

Pour mesurer la teneur en tritium présente dans l'air, les services du CEA de Valduc utilisent une méthode basée sur le piégeage de ce radioélément par barbotage.

Cette méthode permet de prélever à la fois l'eau tritiée et le tritium gazeux présents dans l'air mais elle a trois principaux inconvénients. Tout d'abord, l'appareillage fonctionne sur le secteur ce qui nécessite la proximité d'une prise de courant. Ensuite, le temps de prélèvement est d'une semaine ce qui est long. Enfin, le troisième inconvénient est son coût élevé à l'achat.

Afin de pouvoir réaliser une mesure rapide dans l'environnement un système a été imaginé avec une pompe autonome sur batterie qui aspirerait l'air à travers un desséchant absorbant l'humidité. Ce système résoudrait le problème de l'alimentation électrique et diminuerait également le coût de la méthode.

En 2005, reposant sur ces principes, un système de prélèvement de vapeur d'eau dans l'air a été mis au point.

L'objectif de mon stage est de reprendre ce système, de le modifier afin de l'améliorer, d'en fabriquer 10 exemplaires et de l'utiliser pour effectuer des mesures autour de Valduc.

Le présent rapport est subdivisé en trois parties.

La première est consacrée à une brève présentation des structures au sein desquelles j'ai été accueilli.

La seconde présente l'isotope tritium de l'hydrogène ainsi que la méthode de comptage utilisée pour doser le tritium dans nos prélèvements.

Enfin, notre étude expérimentale constitue la troisième partie. Nos résultats y sont comparés avec ceux qui avaient été obtenus en 2005.

I/. Structures d'accueil :

1) La SEIVA :

SEIVA signifie Structure d'Echange et d'Information sur Valduc. Créée en 1996, c'est une association indépendante d'ouverture qui laisse la parole à chacun. Elle est constituée d'élus locaux, de représentants d'administrations, d'organismes régionaux, d'associations et de personnalités qualifiées. Son rôle est d'évaluer et d'informer sur l'impact du fonctionnement de Valduc, que ce soit sur l'environnement, la recherche, l'économie locale et tous les sujets ne portant pas sur les éléments confidentiels couverts par son classement d'installation nucléaire de base secrète par le Premier Ministre. Par ailleurs, la SEIVA réalise chaque année des campagnes d'analyse de la radioactivité sur l'environnement autour de Valduc. Cela concerne les eaux autour du centre, les animaux et les végétaux. Pour cela, elle dispose de commissions Environnement et Economie et d'un comité scientifique, d'un budget lui permettant d'effectuer des analyses et études indépendantes, de publier son bulletin, d'organiser des conférences et des visites, de participer à différents événements locaux et nationaux et de financer des stages étudiants.

2) LCPR-AC :

Le LCPR-AC signifie Laboratoire de Chimie Physique et Rayonnements Alain CHAMBAUDET. Créé en 1983, il obtient le statut de laboratoire de Recherche correspondant du CEA en septembre 2000. Le 15 Décembre 2003, l'équipe accède au statut d'Unité Mixte de Recherche (UMR) du CEA et porte le nom de son créateur, le Professeur Alain CHAMBAUDET. Les travaux de cette unité s'articulent autour de 3 thèmes principaux de recherches qui sont :

- l'interaction rayonnement matière
- les mécanismes moléculaires d'intérêt biologique
- les capteurs chimiques

Ce laboratoire héberge l'unité technique appelée l'UT MARIO, créée en 2005 qui signifie Unité Technique Métrologie et Analyse des Rayonnements Ionisants. Cette unité a pour but d'apporter son soutien aux activités d'enseignement et de recherche dans le domaine des rayonnements ionisants de Franche-Comté. Elle contribue aussi à la surveillance de l'environnement en faisant des analyses sur l'eau tritiée par exemple. C'est au sein de cette unité que nous avons réalisé les mesures des prélèvements effectués au cours de mon stage.

3) CEA :

Le centre de Valduc est l'un des dix établissements du Commissariat à l'Energie Atomique. Créé en 1957, le centre CEA de Valduc est situé dans le centre de la Côte d'Or, à 45 km au nord-ouest de Dijon.

Valduc conçoit, fabrique et assure la maintenance des composants nucléaires des armes de la force de dissuasion française.

Le centre de Valduc dépend de la Direction des Applications Militaires du CEA.

Le SPR (Service de Protection contre les Rayonnements) effectue, notamment, sur le centre et dans un périmètre proche les analyses de surveillance et de contrôle réglementaires de l'environnement.

4) SERAC :

En 2003, l'Université de Franche-Comté s'est dotée d'une plate-forme analytique complète en réunissant sous la forme du Service d'analyse et de caractérisation (SERAC) : le Centre de spectrométrie (CS), le Centre de microscopie (CM), le Laboratoire de chimie des eaux (LCE) et l'Unité technique de métrologie et analyse des rayonnements ionisants (MARIO).

La création du SERAC a été votée par le conseil d'administration de l'Université de Franche Comté en janvier 2004.

L'équipe technique est aujourd'hui constituée de 12 personnes dont 6 sur ressources propres et inclut des ingénieurs d'études, des assistants ingénieurs et des techniciens.

La direction est assurée par des enseignants - chercheurs de l'UFC.

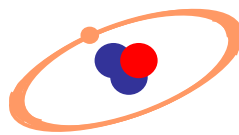
II/. Partie théorique :

1) Le tritium :

a) Caractéristique du Tritium :

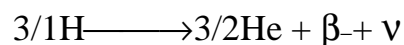
Le tritium a été mis en évidence par Rutherford en 1934. C'est un radio-isotope (isotope radioactif) de l'hydrogène de numéro atomique 1 et de poids atomique 3. Son noyau contient 2 neutrons et 1 proton. Il est noté ^3H ou T.

Tritium



La radioactivité ne concernant que le noyau et non les électrons, les propriétés chimiques des isotopes radioactifs sont les mêmes que celles des isotopes stables. Le tritium a ainsi les propriétés chimiques de l'hydrogène et pour l'essentiel réagit comme lui.

Le tritium se désintègre par émission β^- (émission d'un électron) pour donner de l'hélium 3 selon la réaction nucléaire T.

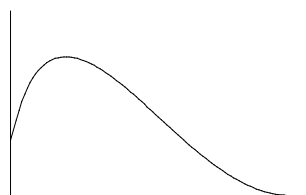


L'antineutrino ν est une particule neutre, de masse voisine de 0 ce qui le rend pratiquement indétectable.

L'énergie maximum des β^- caractéristique de cet isotope est égale à 18,6 keV avec une énergie moyenne de 5,7 keV.

Le rayonnement β^- est peu pénétrant car il est arrêté par 5 millimètres d'air ou par 6 μm d'eau.

La désintégration du tritium est régie par la loi de décroissance radioactive suivante :



Avec : - T : la période radioactive du tritium (T=12,34 ans)

- N et N_0 : le nombre de radionucléides présents à l'instant t et t_0 .

b) Origine du tritium :

-Origine naturelle :

Il existe une production naturelle de tritium qui provient principalement de l'action des neutrons du rayonnement cosmique sur les noyaux d'azote de l'air. L'inventaire naturel est de 3 à 4 kg dans toute l'atmosphère.

-Origine artificielle :

L'origine artificielle est essentiellement due aux essais nucléaires atmosphériques qui ont rejeté 650 kg de tritium entre 1952 et 1963. Aujourd'hui, il en reste moins de 100 kg. La fabrication d'armes nucléaires génère également des rejets de l'ordre de 0,04 kg/an. Les réacteurs nucléaires rejettent environ 0,02 kg/an dans l'atmosphère. On trouve également des traces dans les déchets des établissements utilisant le tritium comme traceur biologique.

c) Le tritium et l'environnement :

Le tritium se dissémine très facilement dans l'environnement car il se substitue à l'atome d'hydrogène, lui-même omniprésent dans l'eau, la matière organique, etc. Le devenir du tritium dépend de façon forte de la forme chimique qu'il prend. Le tritium est présent sous les quatre formes suivantes :

- Le tritium gazeux : HT

Cette première forme n'est pas assimilée par les plantes et peu assimilée par les animaux et l'homme. HT ne s'oxyde en HTO que très lentement dans l'air (durée de vie supérieure à 10 ans). Par contre HT est oxydé très rapidement et presque complètement par les bactéries de l'interface sol-atmosphère. HT n'est oxydé que faiblement par les bactéries des voies respiratoires humaines.

- L'eau tritiée : HTO ou T₂O

Dans ce cas le tritium s'est substitué à un ou deux hydrogènes de l'eau. L'eau tritiée s'assimile rapidement et se dissémine dans l'ensemble du corps vivant. C'est elle qui dans tous les cas est responsable d'au moins 80 % des doses reçues en cas d'expositions diverses. Les voies de contamination sont l'inhalation, l'ingestion et la diffusion à travers la peau. HTO disparaît naturellement après une période biologique de l'ordre de 10 jours. En cas d'exposition accidentelle, on peut accélérer le remplacement de l'eau afin d'éliminer plus rapidement le tritium en buvant une grande quantité d'eau.

- Le tritium organique en position "échangeable" :

C'est le tritium présent dans les molécules organiques où il s'est substitué à l'hydrogène dans les radicaux typiques (-OH, -SH, =NH, ...). Le tritium organique en position échangeable est en équilibre avec le tritium contenu dans l'eau cellulaire et subit les mêmes évolutions.

- Le tritium organique en position " non échangeable "

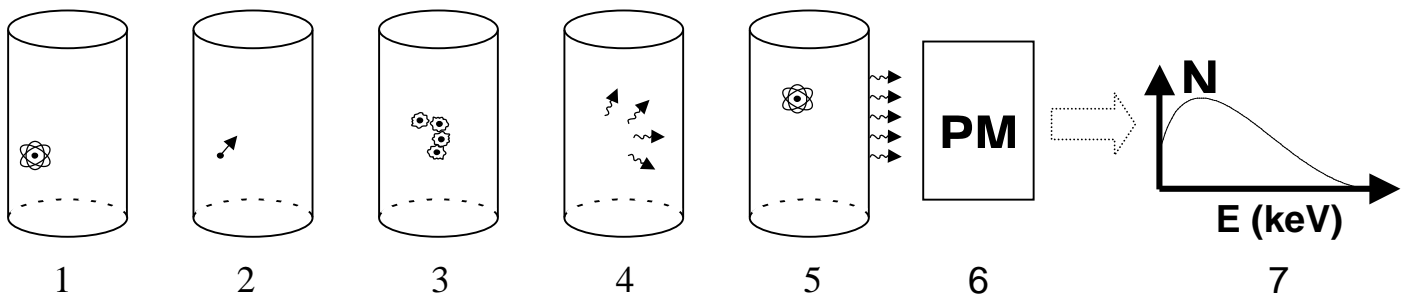
C'est le tritium directement lié au carbone : T-C. Le tritium organique en position non échangeable par définition reste plus durablement présent que HTO. C'est lui qui " marque " l'environnement de façon durable. Le rôle joué par cette fraction reste faible du point de vue de la radioprotection.

d) Les risques :

En tant qu'hydrogène, le tritium ne présente pas de toxicité chimique. On est donc en présence d'une radiotoxicité due à son émission bêta. La faible énergie du rayon bêta n'entraîne pas de contamination externe. La contamination si elle existe est toujours interne et les voies d'absorption sont l'inhalation, l'ingestion, la diffusion cutanée. Les risques liés au tritium gazeux sont plus de 10 000 fois plus faibles que ceux liés au tritium sous la forme d'eau tritiée. La dose efficace par unité d'incorporation, pour le tritium, est néanmoins l'une des plus faibles de tous les radionucléides. La limite de potabilité de l'eau est de 100 Bq/L.

2) Comptage du tritium par scintillation liquide :

Schéma du mécanisme de la scintillation liquide



Dans une fiole de comptage, l'échantillon d'eau est mélangé à un liquide contenant des molécules scintillantes.

Un atome de tritium de l'échantillon se désintègre (1) en libérant un β^- (2).

Le β^- excite les molécules scintillantes (3) qui reviennent à un état stable en émettant un ou des photon(s) (4).

Le nombre de photons émis est proportionnel à l'énergie du β^- . Ces photons sont alors détectés par deux photomultiplicateurs (5) et (6).

Enfin, le spectre β^- est obtenu (7).

Il existe des phénomènes parasites à cette mesure appelés phénomènes d'affaiblissement lumineux ou quenching :

- Le quenching chimique qui interfère sur la production de photons. Dans ce cas, des molécules non scintillantes interagissent avec les β^- émis à la place des substances scintillantes.
- Le quenching dû à la couleur qui interfère sur la détection des photons.

III/.Partie expérimentale :

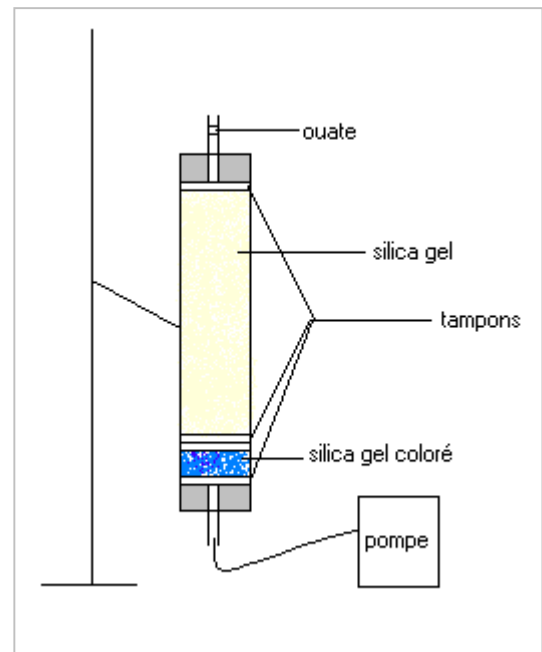
1) Dispositif de prélèvement 2005 :

Un dispositif a été mis au point par un stagiaire durant l'année 2005.

Le but était de réaliser un système pouvant capturer l'eau tritiée atmosphérique. Pour cela, il a fallu prendre un tube en verre ou en plastique transparent.

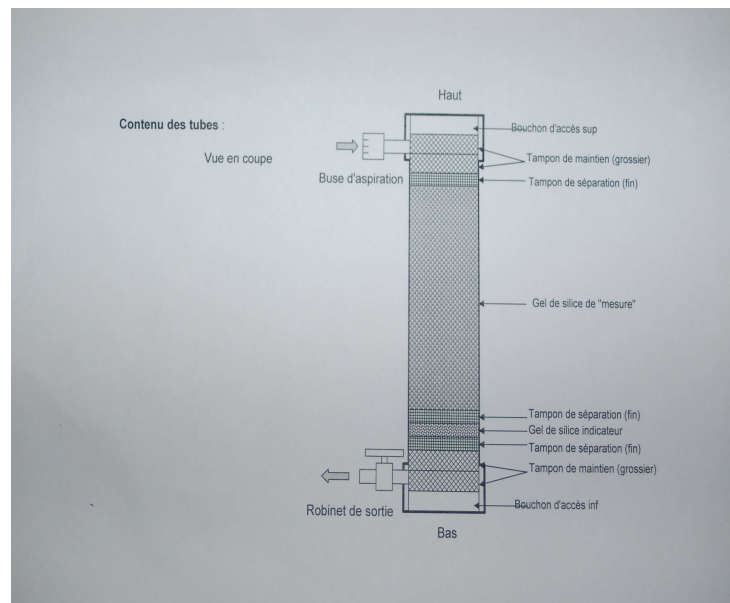
Ce tube est constitué de haut en bas d'une ouate qui permet l'entrée de l'air, d'un tampon isolant, d'une importante quantité de gel de silice incolore permettant de capturer la vapeur d'eau, d'un 2^{ème} tampon isolant, d'une faible couche de gel de silice coloré permettant de vérifier que le tube n'est pas saturé d'eau, d'un 3^{ème} tampon isolant et d'une 2^{ème} ouate permettant la sortie de l'air absorbé.

L'air ne rentre pas tout seul dans le tube. Une pompe, associée au dispositif et munie d'un programmeur, va aspirer pendant un temps donné l'air atmosphérique.



2) Dispositif de prélèvement 2009 :

Afin de pouvoir multiplier les prélèvements, nous avons réalisé, sur le même principe, 10 tubes de mêmes dimensions mais en PVC opaque. Il s'agit du dispositif ci-contre. Cette fois, il s'agit de tubes munis d'un bouchon avec entrée d'air, un isolant, un filtre, le gel de silice incolore, un 2^{ème} filtre, le gel de silice coloré, un 3^{ème} filtre, un 2^{ème} isolant et d'un bouchon permettant la sortie de l'air. Le tout relié à la même pompe que précédemment.



Ce système comporte les mêmes caractéristiques que le précédent.

Ses avantages :
-moins cher
-plus résistant
-plus rapide à la fabrication

3) Dispositif de prélèvement du CEA :

Le CEA de Valduc possède son propre système de prélèvement d'air atmosphérique.

Ses avantages :

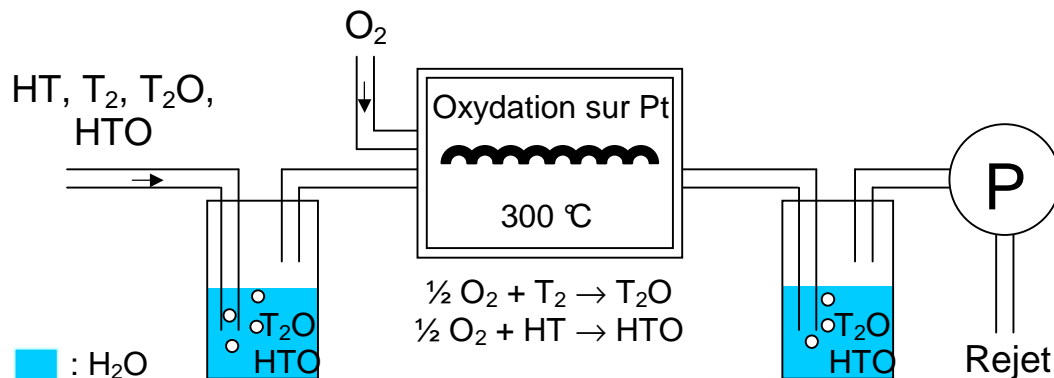
- prélèvement simultané de l'eau tritiée et du tritium gazeux

Ses inconvénients :

- coût
- consommation d'énergie
- alimenté sur le secteur donc non autonome



Forme schématisée du barboteur :



4) La pompe :

Comme cela a déjà été dit, la pompe est une pompe autonome et programmable. Elle possède trois critères de programmation :

- le 1^{er} sert de compte à rebours avant le commencement de l'expérience.
- le 2^{ème} sert à régler le temps total nécessaire qu'il faudra avant que la pompe ne s'arrête d'elle même.
- le 3^{ème} sert à régler le temps de pompage (**qui est de 8h obligatoire et maximum**).



Les différentes durées sont notées en minute.

EXEMPLE:

On décide de placer la dispositif pendant 1 jour dans la nature et de le faire débiter 1h après l'avoir déposé.

1er critère : 60 (60min * 1h)

2eme critère : 1440 (60min * 24h)

3eme critère : 480 (60min * 8h)

Dans ce cas, la pompe aspirera de l'air pendant 8h sur 24h de fonctionnement (le temps de prélèvement est réparti uniformément sur la totalité du temps de fonctionnement).

5) Résultat final 2005 et 2009 :



2005



2009

6) Le dispositif dans la nature :

Pour que le système ne s'abîme pas, nous avons eu l'idée avec Catherine et Christophe de mettre le tube et la pompe dans une boîte étanche à l'abri du temps et d'éventuels animaux.

Sur cette photo, la pompe est volontairement couchée pour bien distinguer le montage.

Dans les conditions réelles, on la place debout.

De l'air sec est aspiré à l'aide d'une pompe dans le tube contenant du gel de silice. Les vapeurs d'eau présentes dans le tube sont entraînées par ce flux d'air et sont absorbées par le gel de silice.

Le dimensionnement de l'enceinte d'absorption dépend principalement du débit d'air aspiré. En effet, le temps de passage de l'air humide dans la colonne doit être suffisamment important pour permettre un piégeage efficace.

Pour diminuer les temps de passage dans la colonne, nous l'avons dimensionnée afin d'obtenir un rendement acceptable à un débit de **4 L.min⁻¹** (débit maximum de la pompe).



7) Extraction de l'eau :

Une fois que l'on a récupéré le dispositif, on procède à l'extraction de l'eau.

Pour cela, on dispose d'un système de distillation.

Il se compose d'un ballon en inox, d'un chauffe ballon, d'un réfrigérant et d'un récipient pour recueillir l'eau extraite.



La manipulation est assez simple :

On commence par mettre le gel de silice incolore dans le ballon en inox. On chauffe ce dernier à environ 130°C à l'aide du chauffe ballon.

On laisse se faire la manipulation environ une heure et on fait analyser le contenu obtenu dans le scintillateur.

8) Préparation des échantillons :

Une fois que l'eau est extraite du tube, il faut préparer les échantillons que l'on va faire analyser par scintillation liquide.



Tout d'abord, on prépare une fiole de référence de 20 ml. Elle servira de base à l'analyse.

Cette fiole contient: - 10 ml de liquide scintillant
- 10 ml d'eau de référence

L'eau de référence est une eau à très faible teneur en tritium.

Ensuite, on prépare la fiole échantillon de 20 ml.

Cette fiole contient: - 10 ml de liquide scintillant
- 10 ml d'eau extraite du tube

On double cette fiole, si la quantité d'eau extraite du tube le permet.

Tout les flacons sont remués afin d'homogénéiser les solutions et tamponnés à l'aide d'un chiffon humide pour éviter une éventuelle formation d'électricité statique.

9) Analyse des échantillons :

Une fois que les fioles sont prêtes, on les installe dans une cassette, elles-même insérée dans le compteur à scintillation liquide. Chacune d'entre elles est comptée pendant 200 minutes. Ces cassettes peuvent contenir jusqu'à 10 fioles.



10) Résultats :

2005 :

NUMERO DE PRELEVEMENT	LIEU	<u>2009 :</u>		RESULTAT	RESULTAT	RESULTAT
		INCERTITUDE (Bq/l)	SEIVA (Bq/L eau atmosphérique)	SEIVA (Bq/m3 air)	CEA (Bq/m3 air)	
1	cabane CEA	2,9	19,2	0,22	communiqué après fin de stage voir campagne d'analyses 2009	
2	cabane CEA	4,5	41,8	0,4		
3	Salives	2,7	17,3	0,21		
4	Salives	7,6	81,9	0,87		
5	Salives	5,1	49,1	0,57		
6	Salives	2,4	12,8	0,15		
7	Salives	2,9	19,5	0,22		
8	Salives	4,2	37,5	0,45		
9	Salives	26,6	318,6	3,85		
10	Salives	3	21,8	0,28		
11	Salives	voir	communiqué			
12	Grancey le château	campagne	après fin de			
13	Grancey le château	d'analyses	stage			
14	cabane CEA	2009				
15	cabane CEA	non valide				

ANNEXE

ANNEXE 1 : Suivi d'un dispositif

ANNEXE 2 : Précautions à prendre lors de l'échantillonnage

ANNEXE 3 : Programmation de la pompe

ANNEXE 4 : Préparation des échantillons

ANNEXE 5 : Résultats en Bq/L

ANNEXE 6 : Résultats en Bq/m³

ANNEXE 7 : Carte des différents lieux de prélèvement

ANNEXE 8 : Fonctionnement des barboteurs

ANNEXE 9 : Exemple d'une fiche de résultat

ANNEXE 10 : Tableau des prélèvements

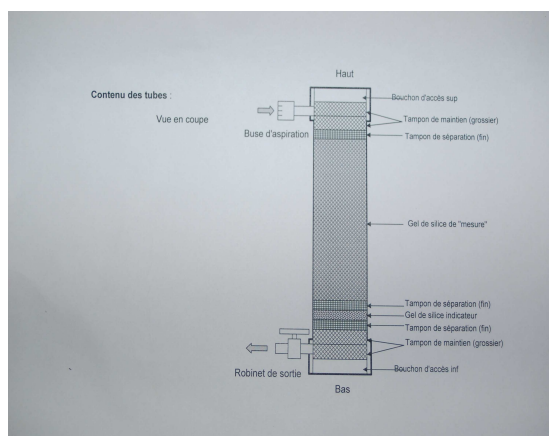
ANNEXE 1 :

Suivi d'un dispositif

1) Fabrication du tube.

2) Préparation du tube (de bas en haut) :

- visser le bouchon d'accès inférieur
- mettre deux tampons de maintien
- mettre un tampon de séparation
- mettre le gel de silice indicateur
- mettre un 2^{ème} tampon de séparation
- peser le gel de silice incolore (noté m1)
- remplir le tube de ce gel
- mettre un 3^{ème} tampon de séparation
- mettre deux tampons de maintien
- visser le bouchon d'accès supérieur



3) Programmation de la pompe

voir annexe 3

4) Positionnement du dispositif dans la nature :

- mettre le dispositif dans une boîte pour bien le protéger du temps et d'éventuels visiteurs
- refermer la boîte
- placer cette dernière sur le lieu désiré

5) Récupération du dispositif.

6) Extraction de l'eau :

- peser le gel de silice incolore (noté m2)
- mettre ce gel dans le ballon en inox
- chauffer le ballon à 130°C environ
- récupérer l'eau extraite dans un petit flacon

7) Préparation des échantillons :

voir annexe 4

8) Analyse de l'eau :

voir annexe 4

9) Exploitation des résultats :

voir annexe 4, 5 et 6

ANNEXE 2

Echantillonnage de l'eau Principales précautions à prendre (Norme NF EN ISO 5667-3 : juin 2004)

- Les flacons vides sont stockés et transportés fermés hermétiquement par leur bouchon.
- Ne pas toucher l'intérieur des flacons avec les doigts ou un objet.
- Rincer le flacon de prélèvement avec l'échantillon.
- Remplir complètement le récipient et le boucher de manière qu'il n'y ait **pas d'air** au dessus de l'échantillon.
- Ne pas prélever des particules de grandes tailles (feuilles ...) en même temps que l'échantillon.
- Ne pas placer de matière étrangère dans les flacons d'échantillonnage (thermomètre ...).
- Ne pas fumer à proximité des échantillons.
- Ne pas placer les échantillons ouverts près d'un ventilateur ou d'un système d'air conditionné, ou à proximité d'aliments ou de boissons.
- Conserver les échantillons **entre 1 et 5 °C** , soit au réfrigérateur, soit dans une glacière pour le transport (la température de réfrigération donnée est celle de l'environnement de l'échantillon et pas celle de l'échantillon lui-même). La réfrigération n'est efficace que si elle est appliquée immédiatement après le prélèvement des échantillons.
- Conserver les échantillons **à l'abri de la lumière** (surtout pour les analyses alpha/bêta).
- Apporter les échantillons au laboratoire le plus rapidement possible.

ANNEXE 3 :

Programmation de la pompe

La pompe a dû préalablement être rechargée pendant 8 heures (si fonctionnement autonome).

Le lieu de prélèvement doit comporter un abri pour protéger la pompe en cas de pluie.

Retirer le système d'étanchéité du tube.

Raccorder le tube et la pompe à l'aide du tuyau en plastique.

Fixer le tube sur le support à l'aide de la pince et de la noix : ajuster la hauteur pour que le tuyau ne présente pas de plis et pas trop haut pour que le système soit au plus stable.

Programmation de la pompe :

- Dévisser la plaque de protection à l'aide du tournevis.
- Activer le bouton poussoir ON/OFF sur la position "on".
- Appuyer sur la touche START/HOLD afin de stopper le pompage le temps de la programmation.
- Appuyer sur la touche SET UP, l'écran permettant de régler le temps correspondant au délai initial avant que la période de prélèvement ne commence, s'affiche : régler ce délai à l'aide des boutons DIGIT SET et DIGIT SELECT, le premier permettant de modifier le chiffre (0 à 9) et le deuxième de passer au chiffre suivant. (le maximum est de 9999 minutes soit environ 7 jours).
- Appuyer ensuite sur la touche MODE, il est alors temps de régler la durée totale du prélèvement avec les mêmes boutons DIGIT SET et DIGIT SELECT (le maximum est également de 9999 minutes).
- Ré appuyer sur MODE, et finalement régler la durée de pompage (inférieure ou égale à la durée totale de prélèvement) toujours à l'aide des boutons DIGIT SET et DIGIT SELECT (maximum 9999 minutes).
N.B. : on peut vérifier ou modifier les réglages effectués en appuyant sur la touche MODE en boucle.
- Une fois les réglages terminés, activer la pompe en appuyant sur START/HOLD, le délai (s'il est différent de 0, sinon le pompage) commence à cet instant, l'écran affiche le décompte toutes les minutes.
- Revisser la plaque de protection.

ANNEXE 4 :

Préparation des échantillons

1)Matériel spécifique :

Flacons en polyéthylène de 20 mL,
Dispensette de 10 mL.

2)Réactifs :

Liquide scintillant,
Eau de référence

3)Mode opératoire :

L'identification des fioles se fait sur leur bouchon.

Fiole de référence :

Préparer une fiole contenant 10 mL de liquide scintillant et 10 mL d'eau de référence.

Fiole échantillon :

Préparer si possible 2 fioles identiques pour chaque échantillon d'eau à analyser.

Dans chaque fiole, mélanger 10 mL de liquide scintillant avec 10 mL d'échantillon.

Secouer les flacons afin d'homogénéiser les solutions.

Si il n'y a pas assez d'échantillon a analyser, on rajoute de l'eau tritiée de référence pour atteindre les 10 mL.

Placer les fioles dans une cassette. La position n°1 de la cassette est réservée à la fiole contenant l'eau de référence.

Vérifier que le drapeau de la quille est en position réinitialisation et placer la cassette dans le Tricard.

Etablir un protocole de comptage (voir manuel d'utilisation de l'appareil).

Analyse et résultats :

Les échantillons sont analysés automatiquement lorsque le drapeau de la quille est lu par le Tricarb.

Après chaque analyse, un fichier résultat est créé sous Windows et les données sont imprimées.

L'activité en Bq/L de l'échantillon est déterminée à l'aide de ces données.

ANNEXE 5 :

Résultats en Bq/L

Analyse d'une feuille de résultats donnés par le Tricarb

Calcul de l'activité volumique C_A en Bq/L à partir des résultats du Tricarb :

- on calcule l'efficacité de comptage E (%) grâce à l'équation de la courbe de quenching ($E(\%)$ en fonction du TSIE), le TSIE étant donné dans les résultats du Tricarb.
- on sait que le nombre de désintégrations par minute (DPM) est tel que :

$$DPM = CPM/E$$

Avec : $CPM = CPM(\text{mesuré}) - CPM(\text{ref})$

(CPM : nombre de coups par minute, donné par le Tricarb).

On obtient C_A par la relation :

$$C_A = (DPM/60) * 100$$

ainsi C_A est en Becquerel (nombre de désintégration par seconde) par litre.

ANNEXE 6 :

Résultats en Bq/m3

Masse après manipulation – Masse avant manipulation = Masse d'eau atmosphérique prélevée

Masse corrigée présente = Masse d'eau atmosphérique prélevée * 1.02

Avec : 1.02= marge d'erreur

EXEMPLE :

Pour le prélèvement numéro1 :

$$290.42-268.37=22.05\text{g}$$

Masse d'eau atmosphérique prélevée= 22.05 g

$$22.05*1.02=22.49\text{g}$$

Masse corrigée présente= 22.49 g

On a donc 22.49 g d'eau à 19.2 Bq/L.

Cela revient donc à dire que l'on a 22.49 cm³ d'eau à 19.2 Bq/L.

On applique une règle de trois pour transformer nos Bq/L en Bq/m³

$$\begin{array}{l} 22.49 = x \\ 1000 = 19.2 \end{array}$$

$$(22.49*19.2)/1000 = 0.43 \text{ Bq}$$

On a donc 0.43 Bq pour 1.92 m³ soit 0.22 Bq/m³.

Avec = 1.92 m³ qui correspond au débit de la pompe (4l/mn soit 0,004 m³/mn) multiplié par 480 mn (8h)

ANNEXE 7 :

Positionnement des différents prélèvement



ANNEXE 8 :

FONCTIONNEMENT DES BARBOTEURS

1. PRINCIPE

Le prélèvement est réalisé en continu, par pompage et barbotage dans l'eau (après filtration des aérosols) de la vapeur d'eau tritiée et éventuellement du tritium-gaz converti en vapeur d'eau tritiée.

2. PRELEVEMENT

But de l'échantillonnage : recueillir dans un milieu absorbant le tritium atmosphérique en vue d'une mesure différée en laboratoire, de manière à ce que la concentration en activité volumique soit représentative de celle de l'air à contrôler.

3. METHODE

Prélèvement en continu d'un volume connu d'air à débit constant.

4. QUANTITE PRELEVEE, PERIODICITE ET DUREE

Les barboteurs du SPR du CEA de Valduc, sont réglés de telle sorte qu'ils prélèvent à un débit de $0,5 \text{ L.min}^{-1}$ sur une durée de 7 jours. Le volume d'air prélevé est donc de $5,04 \text{ m}^3$. en exposant

5. MESURE DU TRITIUM DANS L'EAU DES BARBOTEURS

Le tritium est ensuite compté par scintillation liquide. On obtient une activité en Bq/L

Remarque : le tritium étant piégé dans de l'eau, la solution est diluée. Le facteur de dilution est pris en compte au moment où l'activité est ramenée en Bq.m^3 .

Glossaire:

Isotopes : On appelle isotopes, des noyaux qui diffèrent par le nombre de neutrons. Des isotopes possèdent les mêmes propriétés chimiques et atomiques. Par contre les propriétés nucléaires sont différentes, car le nombre de neutrons influe sur la stabilité du noyau. La majorité des atomes présents dans la nature sont des isotopes stables. Les isotopes radioactifs, beaucoup plus nombreux, ont généralement disparu en raison de leur instabilité. Ils peuvent être recréés artificiellement par exemple pour des applications médicales.

Radioactivité : C'est la propriété que possèdent certains éléments naturels ou artificiels d'émettre spontanément des particules α , β et/ou un rayonnement γ .
Il y a émission de rayonnement lors de la désintégration d'un élément instable ou de la fission.
L'uranium et le plutonium sont des nucléotides émetteurs de particules α .
Les noyaux lourds instables comme le tritium se désintègrent en émettant des particules β .

Radioactivité alpha : Le rayonnement alpha est constitué d'un noyau d'hélium comprenant 2 protons et 2 neutrons. Il porte 2 charges positives. Des atomes dont les noyaux radioactifs sont trop chargés en protons et en neutrons émettent souvent un rayonnement alpha. Ils se transforment en un autre élément chimique dont le noyau est plus léger.
Par exemple, l'uranium 238 est radioactif alpha et se transforme en thorium 234.
Les particules composant le rayonnement alpha sont fortement ionisants, mais très peu pénétrants. Une simple feuille de papier les arrête.

Radioactivité bêta : On appelle électrons « bêta » les électrons émis spontanément par certains noyaux radioactifs excédentaires en neutrons.

Radioactivité bêta moins : Le rayonnement bêta moins est constitué d'un électron chargé négativement. Un des neutrons au sein du noyau se désintègre en un proton plus un électron, ce dernier étant éjecté.

Radioactivité bêta plus : Le rayonnement bêta plus est constitué d'un positon (particule de même masse que l'électron mais chargée positivement). Un des protons au sein du noyau se désintègre en un neutron plus un positon, ce dernier étant éjecté. La radioactivité β^+ est beaucoup plus rare dans la Nature.
Pour les deux types de désintégration bêta, le noyau garde le même nombre de nucléons (donc la même masse atomique).
Un écran de quelques mètres d'air ou une simple feuille d'aluminium suffisent pour les arrêter.

Radioactivité gamma : Le rayonnement gamma (ou photon) est une onde électromagnétique comme la lumière visible, les ondes radios, les rayonnements infrarouges et ultraviolets, les rayons X mais plus énergétique (de l'ordre du million d'électronvolts). Ce rayonnement suit souvent une désintégration alpha ou bêta. Après émission de la particule alpha ou bêta, le noyau est encore excité car ses protons et ses neutrons n'ont pas trouvé leur équilibre. Il se libère alors d'un trop-plein d'énergie par émission d'un rayonnement gamma.

Décroissance radioactive : L'activité d'un échantillon radioactif diminue avec le temps du fait de la disparition progressive des noyaux instables qu'il contient. La désintégration radioactive d'un noyau donné est un phénomène aléatoire.

Période radioactive : La « période » ou « demi-vie » d'un élément radioactif est le temps nécessaire pour que sa radioactivité diminue de moitié. Ce temps caractéristique ne dépend pas

de l'âge de l'échantillon. La radioactivité décroît très vite avec le nombre de périodes : elle est divisée par 1000 au bout de dix périodes.

Pour les déchets radioactifs, on parle de « vie courte » lorsque la période est inférieure à 5 ans et de « vie moyenne » lorsqu'elle est comprise entre 5 et 100 ans ; les noyaux dont la période dépasse 100 ans sont dits « à vie longue ». Les isotopes utilisés pour les diagnostics médicaux sont à vie très courte.

Les unités

Le Becquerel (Bq) et le Curie (Ci) : unités d'activité

Un becquerel équivaut à une désintégration par seconde. C'est une unité extrêmement petite. Le becquerel remplace une unité historique longtemps employée, le curie ou Ci. Un curie vaut 37 milliards de becquerels. C'est l'activité d'un gramme de radium.

Doses et radioprotection

Faibles doses : On appelle faibles doses des expositions pour lesquelles aucun effet nuisible n'a été observé chez l'adulte. La limite supérieure délimitant le domaine des faibles doses n'est pas définie précisément. Elle se situerait à une centaine de millisieverts. Selon cette définition les expositions de l'ordre du millisievert, rencontrées dans la vie courante, constituent de très faibles doses.

L'absence d'observations n'est pas une preuve d'une absence d'effets des rayonnements ionisants. Elle signifie que ces effets sont trop faibles pour se manifester d'une manière claire.

Dose efficace : La « dose efficace » est une dose biologique. Très utilisée en radioprotection, elle mesure l'exposition d'une personne individuelle aux rayonnements. Elle tient compte de la sensibilité des tissus affectés. C'est la dose à considérer quand il s'agit d'estimer le risque résultant d'une exposition à la radioactivité. Elle s'exprime en sieverts ou millisieverts.

Radiotoxicité : La radiotoxicité mesure la nuisance d'un noyau radioactif assimilé par l'organisme à la suite d'une inhalation ou ingestion. Elle tient compte du devenir de la substance dans le corps humain, mais non de la probabilité que ce radioélément soit assimilé par l'organisme. Cette probabilité dépend des précautions prises et de l'environnement. Pour une même quantité ingérée, la radiotoxicité varie d'un facteur 1 à 10 000 entre des émetteurs bêta de faible énergie comme le tritium et des noyaux lourds émetteurs alpha.