

Plan de gestion des déchets radioactifs



Sommaire

1.	Modes de production des effluents liquides et gazeux et des déchets contaminés	5
1.a	L'unité de production (UPR)	5
1.b	Le RIPA.....	6
1.c	Nature, état physique et types de déchets	6
2.	Identification des zones de production, d'entreposage des effluents liquides, gazeux et des déchets radioactifs solide.....	8
2.a	L'unité de production	8
2.b	Le RIPA.....	8
3.	Modalités de gestion des effluents et déchets radioactifs de l'établissement.....	9
3.a	Les effluents liquides	9
3.a.1	Les modalités de contrôle	10
3.a.2	L'élimination	11
3.a.3	L'identification et la localisation des points de rejet des effluents liquides	11
3.a.4	Les dispositions de surveillance périodique du point de rejet	11
3.b	Les déchets solides contaminés	11
3.b.1	Les modalités de contrôle	13
3.b.2	L'élimination.....	13
3.b.3	Les lieux de stockage pour décroissance.....	12
3.c	Les effluents gazeux.....	13
3.c.1	L'élimination	15
3.c.4	L'identification et la localisation des points de rejet des effluents gazeux.....	15
3.c.5	Estimation de l'activité des rejets gazeux.....	15
4.	Dispositions de surveillance de l'environnement	16

Introduction

Ce plan de gestion des effluents et des déchets radioactifs s'inscrit dans le cadre de l'arrêté du 23 juillet 2008. Ce plan s'applique au site du Cyclotron Réunion Océan Indien (CYROI) où sont produits des radioéléments provenant d'un cyclotron GE (80 mA et 16,5 MeV) et où est développée actuellement une activité de recherche en radiochimie et d'imagerie petit animal.

Le processus de gestion des déchets radioactifs est organisé suivant quatre grands principes:

- le tri,
- le conditionnement,
- le stockage,
- l'élimination.

L'activité est soumise à autorisation par l'ASN et la responsabilité de l'activité est donnée au GIP CYROI en tant que personne morale.

Radionucléides utilisés au CYROI :

Radionucléide	Activité autorisée	Utilisation	Période
^{18}F	450 GBq	Production et RIPA	110 minutes
$^{99\text{m}}\text{Tc}$	12 GBq	RIPA	6,02 heures
^{68}Ga	3000 MBq	RIPA	1,13 heure
^{111}In	1480 MBq	RIPA	2,80 jours

	Plan de gestion des déchets radioactifs du GIP CYROI	Radioprotection	Version 4
		CYRRP PR004	Mise à jour 26/02/2016

1. Modes de production des effluents liquides et gazeux et des déchets contaminés

Au sein du GIP CYROI, les effluents liquides et gazeux et les déchets contaminés proviennent à la fois de l'unité de production de radiopharmaceutique (UPR), du cyclotron, de l'unité de Radiochimie de la clinique et de l'imagerie Petit Animal (RIPA). Ces effluents et déchets contaminés se présentent sous trois types :

- Solides ;
- Liquides ;
- Gazeux.

1.a L'unité de production (UPR)

Dans l'unité de production, plusieurs étapes produisent des déchets radioactifs. Ces étapes sont :

- La production des radionucléides ;
- Le transfert et la synthèse ;
- Le contrôle qualité ;
- L'emballage et l'expédition ;
- Les maintenances diverses.

Durant l'étape de production, les radionucléides sont produits grâce à un cyclotron qui permet d'obtenir du ^{18}F par bombardement de protons de 16,5 MeV sur une cible de H_2^{18}O . Avant cette étape, une pré-irradiation est réalisée sur une cible remplie de H_2^{16}O ce qui conduit à produire du ^{13}N .

L'étape dite de synthèse qui suit, produit elle aussi des déchets. Le ^{18}F est transféré par des lignes jusqu'aux enceintes où des kits de synthèse permettent d'effectuer la fabrication. Les différents éléments en contact avec le ^{18}F sont donc contaminés et sont traités par la suite comme des déchets radioactifs.

Lors des étapes du contrôle qualité, de l'emballage et de l'expédition, des manipulations sont susceptibles de mettre en contact des éléments avec le produit radioactif. Cela conduit donc à la production de déchets contaminés.

Les maintenances diverses réalisées dans la zone de production génèrent différents types de déchets dont la gestion sera détaillée plus loin.

1.b Le RIPA

L'unité RIPA est constituée de trois secteurs susceptibles de générer des déchets :

- La Radiochimie/Le contrôle qualité
- La Recherche et Développement préclinique (R&D préclinique)
- La salle Micro PET

Les secteurs de la Radiochimie/Contrôle qualité et de la R&D préclinique sont susceptibles de générer des effluents et des déchets radioactifs dus aux activités de manipulation qui peuvent mettre en contact du produit radioactif et des éléments consommables (gants, blouses, charlottes...) ou chimiques.

L'activité d'imagerie réalisée dans la salle du Micro PET va aussi produire des déchets constitués par des cadavres d'animaux à qui on aura administré un radiotracer mais aussi dans une moindre mesure des consommables potentiellement contaminés.

La présence de lignes pour le transfert des radionucléides du cyclotron jusqu'aux enceintes blindées de Radiochimie et de la R&D préclinique est également une source de déchets qui sont constitués par les éléments de ces lignes.

1.c Nature, état physique et types de déchets

Parmi les trois types de déchets produits par les activités du CYROI, on note la présence d'un certain nombre de radionucléides caractéristiques.

- ❖ Au niveau des **liquides**, alors que les effluents collectés par le réseau d'assainissement de l'établissement sont susceptibles de ne contenir que du ^{18}F pour la partie production, les effluents liquides de la partie RIPA pourront contenir du éventuellement du ^{18}F , ^{68}Ga , $^{99\text{m}}\text{Tc}$ et ^{111}In . Les analyses réalisées par les personnes compétentes en radioprotection (PCR) et l'IRSN (Annexe 1) sur les effluents liquides recueillis lors des phases de maintenance du cyclotron montrent la présence des radionucléides suivants :

Radionucléide	Période	Activité volumique (Bq/l)
^{22}Na	2,3 ans	$0,96 \pm 0,39$
^{54}Mn	312 jours	$7,7 \pm 0,9$
^{58}Co	71 jours	$24,2 \pm 1,9$
^{57}Co	272 jours	107 ± 7
^{56}Co	77 jours	$22,1 \pm 1,7$
^{109}Cd	462,6 jours	121 ± 15
^{65}Zn	243,9 jours	$3,2 \pm 0,9$

- ❖ Au niveau des **déchets solides contaminés**, le radionucléide présent majoritairement reste le ^{18}F . Cependant, des études nous montrent que d'autres radionucléides sont présents dans les déchets solides constitués par les kits de synthèse et par les pièces usagés du cyclotron [1]. Ces radionucléides sont les suivants :

Radionucléide	Période (jours)	Activité massique (Bq.kg ⁻¹)	Spectre (%)
^{109}Cd	463	6461	43,5
^{58}Co	71	3926	26,4
^{56}Co	77	3000	20,2
^{51}Cr	27,7	852	5,7
^{57}Co	272	439	3,0
^{54}Mn	312	100	0,7
^{65}Zn	244	48	0,3
^{96}Tc	4,35	11	0,1
^{95}Nb	35	9	0,1
$^{110\text{m}}\text{Ag}$	250	2	0,0

Compte tenu de leur faible activité massique et de leur faible contribution au spectre, le ^{96}Tc , le ^{95}Nb et le $^{110\text{m}}\text{Ag}$ sont négligeables.

- ❖ Au niveau des **effluents gazeux**, il y a production principalement de ^{13}N lors des phases de pré-irradiation et de maintenance du cyclotron.

[1] Louise BOWDEN et al. Radionuclide impurities in proton-irradiated [^{18}O]H₂O for the production of ^{18}F : activities and distribution in the [^{18}F]FDG synthesis process. Applied Radiation and isotopes 67(2009) 248-255

	Plan de gestion des déchets radioactifs du GIP CYROI	Radioprotection	Version 4
		CYRRP PR004	Mise à jour 26/02/2016

2. Identification des zones de production, d'entreposage des effluents liquides, gazeux et des déchets radioactifs solide

2.a L'unité de production

Dans l'unité de production radiopharmaceutique, les différents locaux qui sont amenés à produire des déchets radioactifs sont :

- Le bunker du cyclotron (P01/P02)
- La production (P12)
- Le contrôle qualité (P08)
- L'emballage (P15)

Dans la zone de production, on peut distinguer une zone dédiée à l'entreposage des déchets radioactifs en X02 que l'on appelle local dit « douteux » (*cf. Figure 1 ci-après*).

Au niveau du bunker du cyclotron, on retrouve un certain nombre de sources radioactives qui génèrent un débit de dose assez important. Lors des opérations de maintenance, un certain nombre d'actions produisent des déchets radioactifs qui peuvent être de natures liquides, gazeux mais surtout solides (pièces usagées du cyclotron). Ces déchets et en particulier ceux provenant des cibles sont entreposés dans des stockeurs blindés dans le bunker du cyclotron (*cf. Figure 1 ci-après*).

Dans la salle dédiée au contrôle de qualité du produit, des contrôles sont réalisés sur le ^{18}F -FDG produit. Les diverses activités effectuées et les règles qui en découlent conduisent à la production de déchets susceptibles d'être contaminés.

Le poste d'emballage du produit fini est une zone où des contrôles de radioprotection sont réalisés (exemple : frottis,...) ce qui génère également des déchets qui peuvent être contaminés.

2.b Le RIPA

Dans l'unité RIPA, les locaux susceptibles de produire des déchets radioactifs sont :

- La Radiochimie (R11 et R12)
- La R&D préclinique (R08)
- La salle du Micro PET (E03)
- Le contrôle qualité recherche (R14)

Durant les activités de manipulation effectuées dans les zones de Radiochimie et de R&D préclinique des déchets de plusieurs types sont produits. Pour la plupart de ces déchets, ils

	Plan de gestion des déchets radioactifs du GIP CYROI	Radioprotection	Version 4
		CYRRP PR004	Mise à jour 26/02/2016

sont d'abord gérés triés dans les différents laboratoires ensuite on les entrepose dans des poubelles plombés pour décroissant décroissance. Après un contrôle ont évacué les déchets vers le local déchet RIPA cf. **Figure 1**.

Les déchets solides contaminés sont triés dans différentes poubelles plombées en différenciant le ^{18}F -FDG des autres radionucléides utilisés afin d'optimiser leur élimination après décroissance.

Les cartouches de synthèses et les éluions de ^{68}Ga contaminés sont stockés dans l'enceinte de chimie pour décroissance. .

On effectue une spectrométrie gamma sur ces déchets solides et liquides afin de les envoyer s'il y a lieu à l'ANDRA sinon il suit la filaire des déchets conventionnels.

A côté de la salle du Micro PET, les animaux morts auxquels on a administré des radionucléides sont entreposés dans des congélateurs dédiés pour être gérés par décroissance avant élimination.

Pour les animaux vivants auxquels on a administré des radionucléides sont entreposés dans une armoire dédiés pour être gérés par décroissance après contrôle d'ambiance et de non contamination, ils retrouvent l'animalerie du CYROI.

Au niveau du contrôle qualité les déchets liquides et solides proviennent principalement des synthèses réalisées en chimie et clinique, gérer et entreposer comme décrit ci-dessus dans l'enceinte de chimie

3. Modalités de gestion des effluents et déchets radioactifs de l'établissement

L'ensemble des effluents et déchets contaminés produits au sein du CYROI sont collectés, triés et gérés de manière à réduire au maximum l'exposition des personnes face aux dangers des rayonnements ionisants. L'existence de différents types d'effluents et de déchets implique la mise en place de modes de gestion adaptés (cf. Annexe 2).

3.a Les effluents liquides

L'origine des radionucléides présents dans les effluents liquides conditionne leur gestion.

↳ Les effluents liquides contaminés provenant des différents points d'eau (évier, lavabos) des zones de l'établissement sont collectés et dirigés vers le local dit « douteux ». Le réseau de collecte de ces effluents et la disposition du local est présenté sur le schéma suivant.

	Plan de gestion des déchets radioactifs du GIP CYROI	Radioprotection	Version 4
		CYRRP PR004	Mise à jour 26/02/2016

↳ Des déchets liquides sont produits par les diverses maintenances du cyclotron. Ces déchets sont recueillis, mis en bidons et entreposés dans le local « douteux » avant d'être envoyés vers l'ANDRA.

↳ Les déchets liquides provenant des automates de synthèse sont laissés en décroissance ; après contrôle de non-contamination, ils suivront la filière des déchets chimiques.

3.a.1 Les modalités de contrôle

Au niveau du local « douteux », les effluents liquides qui arrivent via le réseau de plomberie sont contrôlés par une sonde de contamination. Il y a alors deux possibilités :

- Soit la sonde de contamination ne détecte pas d'activité et les effluents sont dirigés vers le réseau principal d'évacuation des eaux usées de l'établissement ;
- Soit la sonde de contamination détecte une activité dépassant le seuil fixé de 60 cps ($60 \text{ cps} = 2 \times \text{bdf}$) et les effluents sont alors dirigés vers une des deux cuves pour suivre la procédure de mise en décroissance.

Les déchets liquides provenant des maintenances du cyclotron et des automates de synthèses sont contrôlés par spectrométrie par une des PCR de l'unité de production. Ce contrôle qui est nécessaire et obligatoire permet de confirmer ou non la présence de radionucléides de période radioactive supérieure à 100 jours (logiciel Canberra : Génie 2000). La PCR valide les résultats avant rejet ou avant envoi à l'ANDRA.

3 cas sont possibles :

1^{er} cas : Le liquide n'est pas contaminé dans ce cas il peut être éliminé normalement.

2^{ième} cas : Le liquide est contaminé par des radionucléides de période radioactive de moins de 100 jours, alors le liquide est géré par décroissance pendant 10 périodes minimum du radionucléide présent ayant la plus grande période radioactive.

3^{ième} cas : On détecte des radionucléides de période supérieure à 100 jours, les liquides sont stockés en fût F30 de l'ANDRA. Ce cas concerne principalement les liquides provenant de la salle cyclotron.

Les effluents liquides organiques contaminés sont collectés dans des bidons fournis par la STARDIS (SUEZ) puis mis en décroissance au niveau du local douteux. Ces effluents liquides font ensuite l'objet d'un contrôle de non contamination avant d'être évacués vers l'Université de la Réunion.

	Plan de gestion des déchets radioactifs du GIP CYROI	Radioprotection	Version 4
		CYRRP PR004	Mise à jour 26/02/2016

3.a.2 L'élimination

La procédure de mise en décroissance des effluents liquides contaminés issus de tous les lavabos est réalisée grâce à deux cuves (cf. Annexe 3). Le principe est d'utiliser une cuve en remplissage pendant que l'autre est en décroissance.

Lorsqu'une cuve est signalée pleine au 3/4 par le Tableau de Contrôle des Rayonnements (TCR), la PCR procède au basculement des cuves.

Avant la vidange, la PCR procède tout d'abord à un contrôle par spectrométrie des effluents présents dans la cuve afin de s'assurer que l'activité à l'intérieur permet le rejet.

Une fois le contrôle effectué, la PCR vidange la cuve et ferme l'autre qui passe désormais en décroissance. La cuve qui vient d'être vidée passe en remplissage.

A l'occasion de ce rejet, le registre de contrôle de rejet des cuves est renseigné : CYR RP FE 008 et le contrôle spectromètre est joint, dans ce registre y figure aussi la gestion des déchets liquide chimique issus du CQ UPR et RIPA qui est expédié à l'université de la réunion.

3.a.3 L'identification et la localisation des points de rejet des effluents liquides

Tous les rejets de la zone UPR et du RIPA convergent vers un même point qui comporte un système de contrôle radiologique (Voir Figure 2 ci-dessus). Ce point de convergence des effluents se trouve dans le local des cuves dit local « douteux ».

3.a.4 Les dispositions de surveillance périodique du point de rejet

La surveillance du point de rejet de l'établissement est réalisée de manière continue au moyen d'un compteur proportionnel sensible, situé dans le local douteux, à la convergence de l'ensemble des canalisations d'évacuation des effluents liquides de la zone de production pharmaceutique et du RIPA.

3.b Les déchets solides contaminés

Les activités du CYROI génèrent différents types de déchets solides contaminés. Ces déchets sont collectés puis triés et enfin conditionnés avant d'être éliminés dans les filières adaptées.

Lors des maintenances du cyclotron, il y a production de déchets solides constitués principalement par les pièces détachées du cyclotron (ion-source, feuilles d'Havar®, peek tubing ...). Ces déchets sont triés et conditionnés dans des conteneurs plombés à l'intérieur du bunker du cyclotron avant d'être éliminés vers les filières dédiées et adaptées (cf. Figure1 Lieux d'entreposage des effluents et des déchets contaminés).

Les déchets solides générés par la zone de production pharmaceutique et la zone RIPA sont collectés et triés dans des sacs plastiques en fonction des radionucléides présents. Chaque sac provenant de chaque local est ainsi contrôlé et enregistré.

3 cas sont possibles :

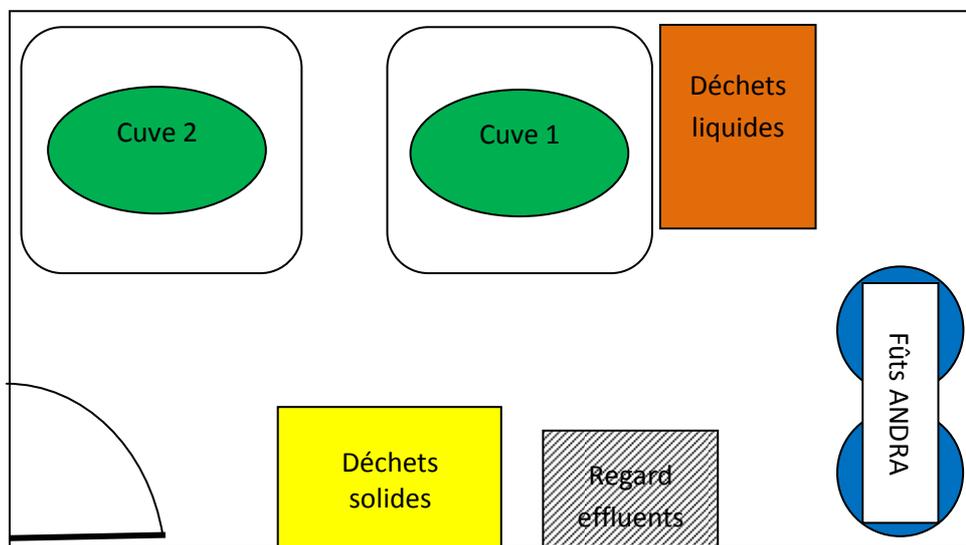
1^{er} cas : Les déchets solides ne sont pas contaminés dans ce cas, ils peuvent être éliminés dans le circuit des déchets conventionnels.

2^{ième} cas : Les déchets solides sont contaminés par des radionucléides de période radioactive de moins de 100 jours, alors les déchets sont gérés par décroissance pendant 10 périodes minimum du radionucléide présent ayant la plus grande période radioactive.

3^{ième} cas : On a connaissance ou on détecte des radionucléides de période supérieure à 100 jours, alors les déchets solides sont stockés en fût F120 de l'ANDRA. Ce cas concerne principalement les déchets provenant des modules de synthèses et du cyclotron.

3.b.1 Les lieux de stockage pour décroissance

Les déchets provenant des différentes zones de production de déchets sont acheminés soit vers le local « douteux » ou vers le local de décroissance où ils sont entreposés suivant le schéma suivant.



Figures 4 Schéma d'organisation du local « douteux »

Dans la unité RIPA, les déchets solides provenant de la Radiochimie sont mis dans des poubelles plombées pour les radionucléides de vies courtes F^{18} , Ga^{68} et une pour le Tc^{99m} , et autres et ceux provenant des enceintes de la R&D préclinique sont collectés et entreposés temporairement dans le SAS R09 avant de rejoindre le local « douteux » ou le local de décroissance RIPA.

	Plan de gestion des déchets radioactifs du GIP CYROI	Radioprotection	Version 4
		CYRRP PR004	Mise à jour 26/02/2016

Les générateurs de Mo99/Tc99m sont entreposés dans le local de décroissance sous l'escalier en attente de retour vers notre fournisseur (IBA-Cisbio) après utilisation.

Au niveau de la salle du Micro PET, les animaux morts injectés sont entreposés dans une armoire réfrigérée (cf. Figure 5) afin d'être mis en décroissance et éliminés dans une filière spécifique après un contrôle de non contamination.

3.b.2 Les modalités de contrôle avant élimination

Tous les déchets solides produits sont contrôlés individuellement avant de rejoindre la filière de déchet concernée systématiquement après 10 périodes de décroissance. La PCR contrôle avec un contaminamètre le taux de comptage par rapport au bruit de fond et élimine le déchet si et seulement si le taux de comptage est inférieur à deux fois le bruit de fond.

3.b.3 L'élimination

Les déchets solides de vie longue (> à 100 jours) sont entreposés dans des fûts fournis et récupérés par l'ANDRA.

Pour tous les autres déchets solides, 10 périodes de décroissance sont respectées de façon systématique avant contrôle de non contamination et élimination vers la filière des déchets conventionnels de l'établissement.

3.c Les effluents gazeux

Les irradiations dans la salle du cyclotron et les phases de synthèse du ¹⁸F-FDG génèrent des radionucléides radioactifs sous forme gazeuse.

Les gaz qui sont produits lors de ces activités sont collectés par un réseau de gaines (Cf. Figure 6) et acheminés vers la cheminée de l'établissement après passage au travers de 6 filtres HEPA. Une sonde de contamination se trouve avant le système de filtration et deux sondes après celui-ci afin de garantir une surveillance continue des rejets gazeux.

Chaque salle est en dépression l'une par rapport à l'autre et de plus en plus en dépression lorsqu'on va vers les zones les plus actives. L'air extrait de chaque local est contrôlé par une sonde de contamination avant d'être rejeté.

En cas de détection de contamination avant les filtres nucléaires, la ventilation est coupée au profit d'un confinement statique de toute la zone. Dès que les sondes de contamination avant filtres et après filtres détectent une activité volumique inférieure au seuil de coupure, le TCR autorise le redémarrage du moteur d'extraction de la centrale de traitement d'air

	Plan de gestion des déchets radioactifs du GIP CYROI	Radioprotection	Version 4 Mise à jour 26/02/2016
		CYRRP PR004	

(CTA Prod). Ce dernier démarre dans un premier temps en petite vitesse dans les zones présentant le plus gros risque de contamination (les enceintes de production et le local cyclotron) afin de recréer un sens de circulation cohérent et passe ensuite en grande vitesse avec une valeur nominale de 19 500 m³/h.

Au niveau des enceintes de manipulation, en cas de détection d'une contamination, un système automatique asservi par des sondes de contamination appelé « ACS » prend le relais sur la ventilation principale et dirige l'air contaminée dans des réservoirs de stockage sous pression pour éviter des rejets d'effluents gazeux dans l'environnement.

	Plan de gestion des déchets radioactifs du GIP CYROI	Radioprotection	Version 4
		CYRRP PR004	Mise à jour 26/02/2016

3.c.1 L'élimination

Les effluents gazeux produits par le cyclotron ou les modules de synthèses ont de faibles périodes. Le ^{18}F -FDG vaporisé est le radionucléide de plus longue période qu'on peut retrouver dans les mélanges de gaz se retrouvant au niveau des filtres. La quantité produite est très faible et occasionnelle.

En cas de détection d'effluents radioactifs, le système de surveillance radiologique coupe la ventilation et garde les locaux en confinement statique, le système de ventilation se met en 15 secondes en confinement pour environ 35 m^3 d'air rejetée ce qui permet d'empêcher et limiter tout rejet radioactif intempestif dans l'atmosphère. Le confinement permet d'éviter que tous effluents radioactifs de l'installation soit évacué par la cheminé en dehors de l'établissement.

Le seuil de coupure de la ventilation et de mise en confinement de l'installation est fixe à 660 kBq/m^3 soit 80 pcs.

3.c.4 L'identification et la localisation des points de rejet des effluents gazeux

Les effluents gazeux sont rejetés par un émissaire situé au dessus de l'étage technique du bâtiment A situé au point le plus haut de l'ensemble des bâtiments.

3.c.5 Estimation de l'activité des rejets gazeux

Une estimation des rejets des effluents radioactifs dans l'atmosphère est réalisée de manière mensuelle à partir des enregistrements du TCR (module logiciel d'estimation des rejets du TCR prenant en compte les valeurs enregistrées pour la ventilation et les sondes de contamination atmosphérique).

En cas de modification des systèmes de confinement tel que l'ACS, le seuil de coupure de la ventilation, on procéderait à une surveillance hebdomadaire ou quotidienne des quantités d'effluents radioactifs rejetés.

Il est possible également à partir des enregistrements de la sonde Après filtre 2 ou 1 du TCR de réaliser une estimation des rejets gazeux sur 12 mois glissant ou pour une période donnée.

Ci-joint en **annexe 4**, l'étude de rejets du GIP CYROI du 01/10/2014 au 31/09/2015

	Plan de gestion des déchets radioactifs du GIP CYROI	Radioprotection	Version 4 Mise à jour 26/02/2016
		CYRRP PR004	

Le terme source de rejet gazeux de l'installation a été évalué à partir des enregistrements du TCR. Celui-ci est estimé à **86,42 GBq/an**, arrondi au supérieur à **100 GBq /an** (*cf note de calcul en annexe 4*)

4. Dispositions de surveillance de l'environnement

La politique de gestion des déchets du CYROI permet d'éviter tout impact significatif sur l'environnement aux moyens de contrôles en continu et en fonction des déchets à évacuer.

Pour rappel :

- Les déchets solides sont systématiquement contrôlés avant élimination.
- Les effluents liquides rejetés vers le réseau d'eaux usées sont contrôlés de manière continue. Les autres sont contrôlés systématiquement avant élimination.
- Un contrôle continu des effluents gazeux permet de limiter au maximum le rejet de gaz contaminé dans l'atmosphère.

	Plan de gestion des déchets radioactifs du GIP CYROI	Radioprotection	Version 4 Mise à jour 26/02/2016
		CYRRP PR004	

ANNEXES

1. Rapport d'Analyse des effluents liquides par l'IRSN
2. Logigramme de la gestion des effluents et des déchets contaminés
3. Principe de fonctionnement du dispositif de gestion des effluents du local « douteux »
4. Analyse des rejets du GIP CYROI du 01/10/2014 au 31/09/2015
Définition du terme source pour le calcul d'impact des rejets radioactifs.

 CYROI Recherche Santé Bio-innovation	Plan de gestion des déchets radioactifs du GIP CYROI	Radioprotection	Version 4
		CYRRP PR004	Mise à jour 26/02/2016

Annexe 1. Rapport d'analyse des effluents liquides par l'IRSN

IRSN

INSTITUT
DE RADIOPROTECTION
ET DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE

RAPPORT D'ESSAI N° S/12-240-VI

2 16

Donneur d'ordre :

GIP CYCLOTRON REUNION OCEAN INDIEN
Rue Maxime Rivière
97491 Sainte Clothilde CEDEX

Motif de l'analyse :

Evaluation de la radioactivité dans un effluent d'installation.

Prélèvements:

Responsable des prélèvements : GIP CYCLOTRON (97)
Date de réception et de mise en analyse : 14 mars 2012

Résultats exprimés en becquerel par litre à la date de mesure :

N° IRSN	Sodium 22 Bq/l	Manganèse 54 Bq/l	Cobalt 56 Bq/l	Cobalt 57 Bq/l	Cobalt 58 Bq/l	Zinc 65 Bq/l	Cadmium 109 Bq/l
P09 2951	0,96 ± 0,39	7,7 ± 0,9	22,1 ± 1,7	107 ± 7	24,2 ± 1,9	3,2 ± 0,9	121 ± 15
Dates de mesure	21/03/2012						

Pôle radioprotection,
environnement, déchets
et crise

Service de traitement des
échantillons et de métrologie
pour l'environnement

Les incertitudes sont calculées avec un facteur d'élargissement k pris égal à 2

Méthodes d'essai :

Spectrométrie gamma en container de géométrie normalisée (ISO 10703-1997).

Fait à : Le Vésinet
Le : 1^{er} juin 2012

Adresse Courrier
31 rue de l'Ecluse
BP 40035
78116 Le Vésinet Cedex
France

Tél. +33 (0)1 30 15 52 88
Fax +33 (0)1 30 15 37 50



J-L. PICOLO
Adjoint au chef du Service de traitement des échantillons
et de métrologie pour l'environnement

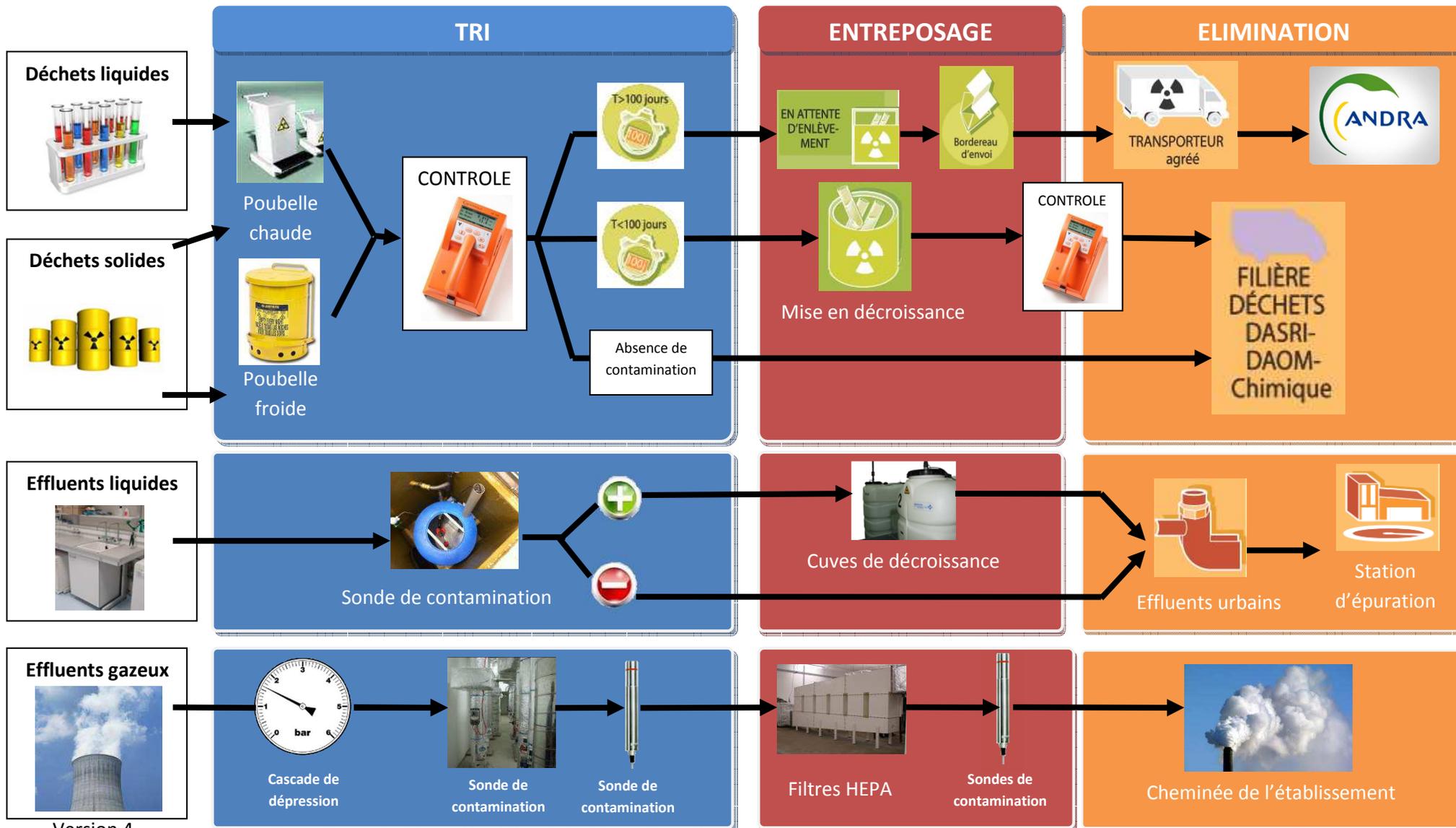
- | | |
|-------------------------------------|---|
| <input checked="" type="checkbox"/> | Le présent Rapport d'Essai ne concerne que les objets soumis à l'essai. |
| <input checked="" type="checkbox"/> | La reproduction de ce Rapport d'Essai n'est autorisée que sous sa forme intégrale. Il comporte une page |

Siège social
31, av. de la Division Leclerc
92260 Fontenay-aux-Roses
Standard +33 (0)1 58 35 88 88
RCS Nanterre B 440 546 018

	Plan de gestion des déchets radioactifs du GIP CYROI	Radioprotection	Version 4 Mise à jour 26/02/2016
		CYRRP PR004	

Annexe 2. Logigramme de la gestion des effluents et des déchets contaminés.

Annexe 2. Logigramme de la gestion des effluents et des déchets contaminés



	Plan de gestion des déchets radioactifs du GIP CYROI	Radioprotection	Version 4 Mise à jour 26/02/2016
		CYRRP PR004	

Annexe 3. Principe de fonctionnement du dispositif de gestion des effluents du local « douteux »

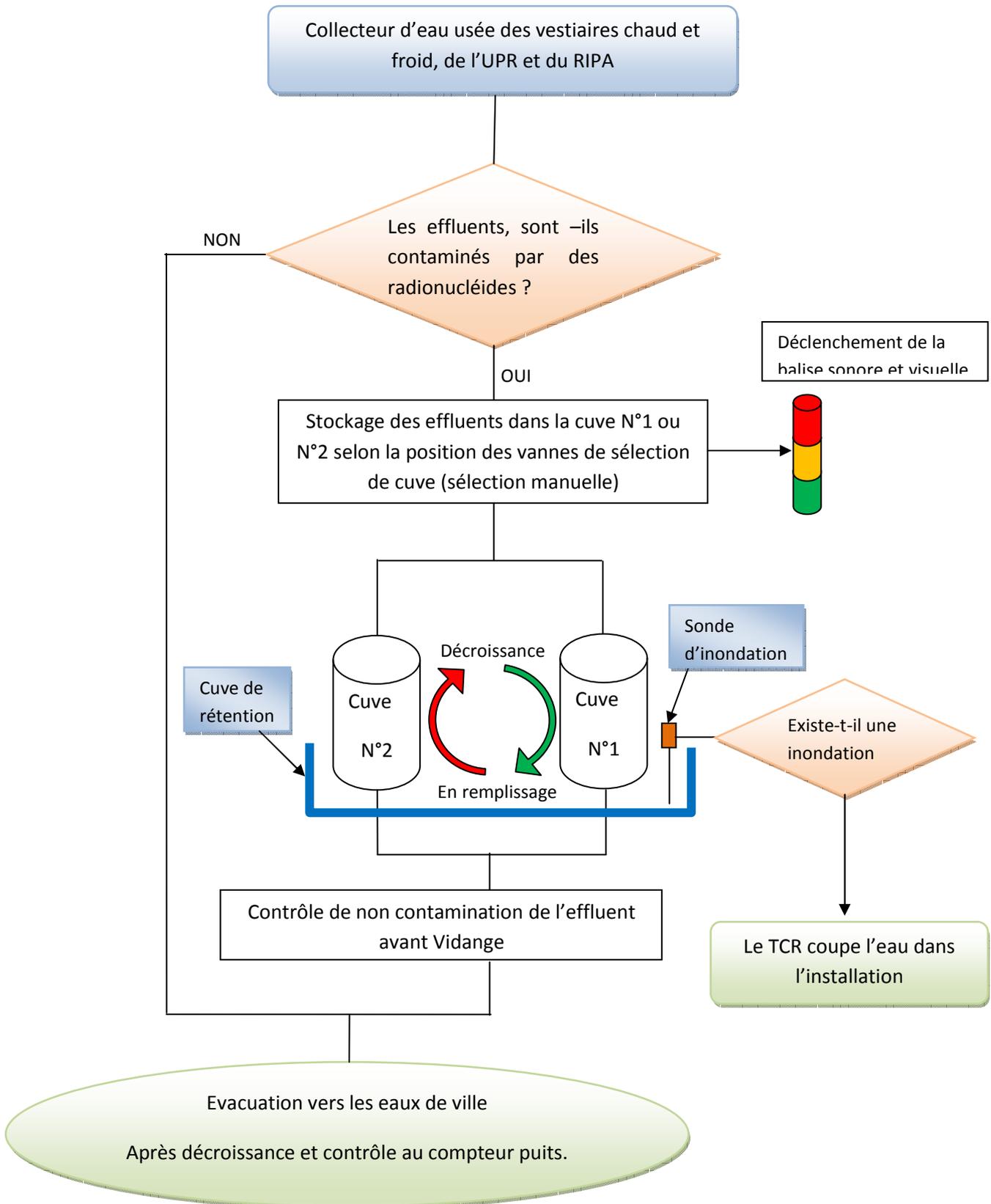
	Plan de gestion des déchets radioactifs du GIP CYROI	Radioprotection	Version 4 Mise à jour 26/02/2016
		CYRRP PR004	

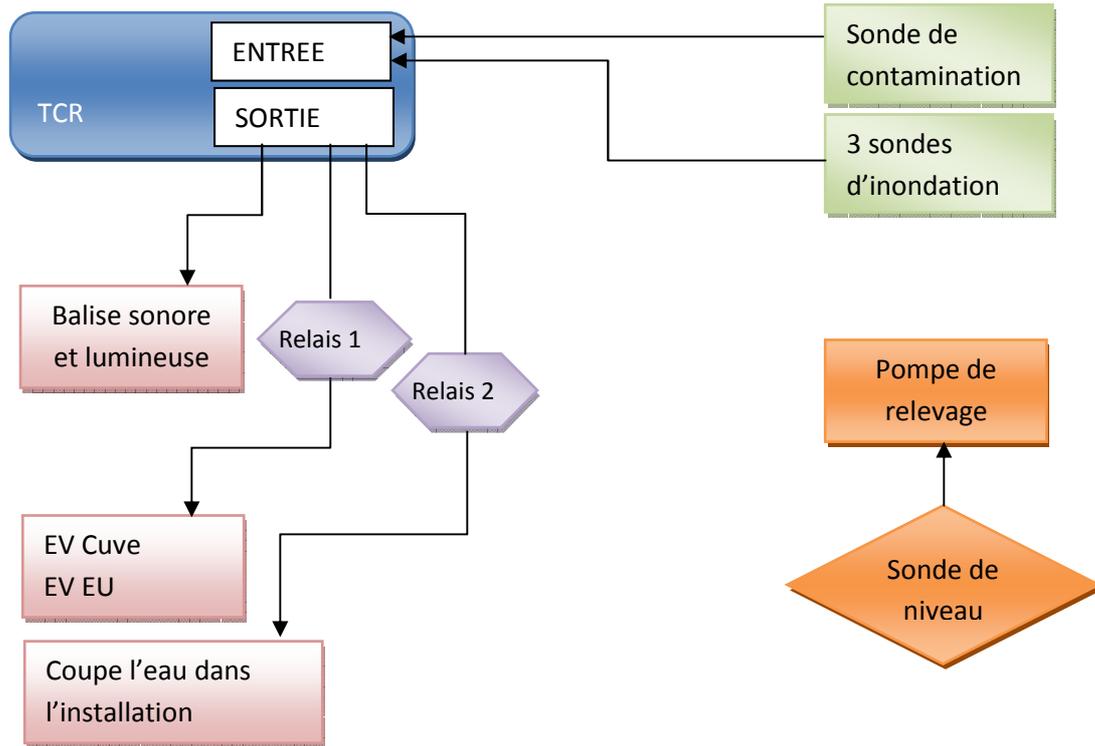
Annexe 3. CYRRP FT004 – Principe de fonctionnement du dispositif de gestion des effluents du local « douteux »

Introduction

Le local douteux renferme un dispositif de gestion des effluents provenant de la zone production, cyclotron et recherche du CYROI. La collecte des effluents se fait par un réseau de tuyauterie interconnecté dont la terminaison se trouve dans le local douteux. Selon le taux de radioactivité contenu dans cette eau usée, celle-ci est redirigée vers les égouts ou vers des cuves de décroissance.

Principe fonctionnel





A – Etat général :

Fonctionnement normal :

L'ensemble du système est alimenté en 230V et 24V

L'ensemble des électrovannes est alimenté :

- L'électrovanne des cuves est donc fermée (NO Normalement ouverte)
- L'électrovanne EU est donc ouverte (NF normalement fermée).
- L'électrovanne coupure d'eau est sous tension donc ouverte (NF normalement fermée).

La pompe de relevage qui se trouve dans la fosse et dans la cuve bleu est alimentée en 230 V. Elle est munie de sa propre sonde de niveau et se déclenche quand le niveau d'eau de la cuve bleu dépasse le niveau bas.

	Plan de gestion des déchets radioactifs du GIP CYROI	Radioprotection	Version 4
		CYRRP PR004	Mise à jour 26/02/2016

En cas de panne d'alimentation :

Les électrovannes ne sont plus alimentées :

- L'électrovanne des cuves est donc fermée (NO).
- L'électrovanne EU est donc ouverte (NF).
- L'électrovanne coupure d'eau est sous tension donc ouverte (NF)
- La pompe de relevage ne fonctionne plus
- N'ayant plus d'eau dans l'installation l'écoulement dans la fosse bleu s'arrête.

B - En absence de contamination des effluents :

- 1 - Arrivée des effluents dans le bac bleu de rétention de la fosse.
- 2 - Pas de détection de rayonnements ionisants transmise au TCR.
- 3 - Les relais commandés par le TCR restent dans le même état initial ainsi que les électrovannes.
- 4 - Les effluents ne sont pas contaminés, ils sont donc dirigés vers les EU de ville au vue des états des électrovannes ci-dessus.

B – En cas de contamination des effluents :

- 1 – Les effluents arrivant dans le bac bleu de la fosse sont contaminés par des radionucléides (¹⁸F-FDG)
- 2 – La sonde de contamination des effluents transmet au TCR la présence de rayonnements ionisants à partir de 60Cps.
- 3 – Le TCR déclenche la balise sonore et visuelle et bascule les relais cuve et EU qui engendre la coupure de l'alimentation des électrovannes cuve et EU.
- 4 – Les effluents sont donc redirigés vers les cuves tant qu'il y a présence d'eau contaminée dans la cuve bleue de la fosse.

C – En cas de cuve pleine

Lorsque la cuve se remplit et qu'elle atteint le niveau haut de la cuve, alors la sonde de niveau placée à cette même hauteur transmet au TCR l'information et le TCR affiche un signal Rouge sur l'écran de commande du TCR.

Une action manuelle est nécessaire pour faire la bascule entre les 2 cuves.
(on ferme manuellement la vanne de redirection des effluents vers la cuve N°1 en service et on ouvre la cuve N°2 ou inversement)

	Plan de gestion des déchets radioactifs du GIP CYROI	Radioprotection	Version 4 Mise à jour 26/02/2016
		CYRRP PR004	

D – En cas d’inondation

Chaque cuve est posée dans un bac de rétention de volume équivalent.

Dans chaque bac de rétention et dans la fosse est positionnée une sonde d’inondation.

En cas d’inondation d’une de ces cuves de rétention, ces sondes transmettent un signal d’inondation qui a pour effet de couper l’eau dans l’ensemble de la production, dans les laboratoires de recherche et dans les vestiaires (ensemble du plateau technique du pôle isotopes imagerie).

Le TCR commande le relais inondation qui va lui-même commander l’électrovanne de coupure d’eau.

	Plan de gestion des déchets radioactifs du GIP CYROI	Radioprotection	Version 4 Mise à jour 26/02/2016
		CYRRP PR004	

Annexe 4

Estimation des rejets gazeux sur 12 mois glissant 01/10/2014 – 31/09/2015

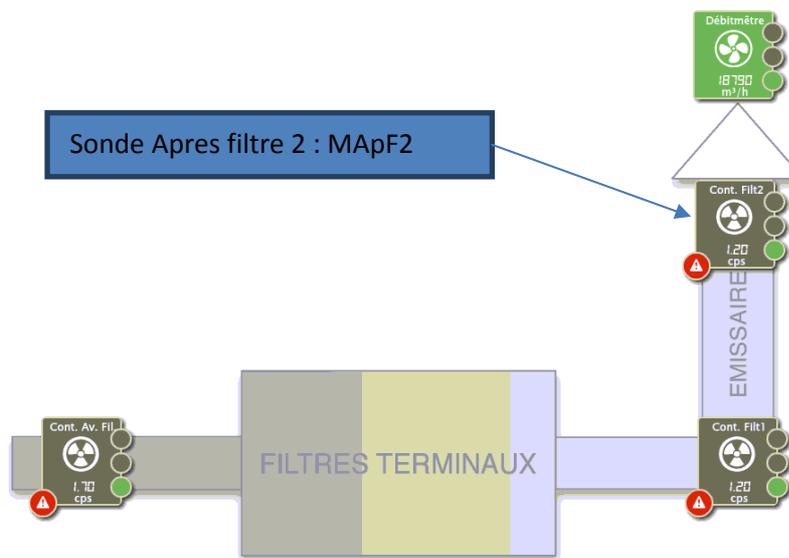
GIP CYROI

Evaluation des rejets radioactifs gazeux 2015

A partir des enregistrements de la sonde placée en émissaire de l'établissement et connectée au système de surveillance des rejets gazeux du GIP Cyroi, on calcule un taux de rejet sur 12 mois glissant. La valeur calculée est une estimation annuelle du taux de gaz radioactifs rejetés dans l'atmosphère et utilisé comme valeur de référence pour fixer les niveaux d'alerte et l'évaluation de l'impact environnemental.

I-Procédure de récupération de données

- 1- Exporter au format Excel les données enregistrées par le TCR correspondant à la sonde Après Filtre 2. Les données exportées sont en coups par seconde (**MApF2_bi** en cps) pour une date et une heure données.



- 2- Exporter également pour la même période les données du débit de la ventilation (**DV_bi**). Ces données seront utilisées en corrélation avec les mesures de la sonde pour le calcul de l'activité rejetée. La valeur brut du débit est multiplié par le facteur d'étalonnage qui est égale à **Fventil = 1960** soit (10 V pour 19600 m³/h)

$$\text{Soit : } DV_{b,i} \times F_{ventil} = DV_i \text{ (m}^3\text{/h)}$$

- 3- Les données exportées doivent être mis dans une même feuille de calcul afin de calculer l'activité total rejetée.

	Plan de gestion des déchets radioactifs du GIP CYROI	Radioprotection	Version 4
		CYRRP PR004	Mise à jour 26/02/2016

II – Méthode de calcul

A partir des données exportées ci-dessus et du facteur d'étalonnage de la sonde de contamination fournit par le constructeur ou déterminer expérimentalement, on va dans un premier temps convertir les données brut de la sonde après filtre 2 (raw value en cps) en activité (kBq) par m³.

- Les données brutes sont multipliées par le coefficient d'étalonnage de la sonde ($F_{sonde} = 9.5 \text{ kBq/cps}$). On obtient ainsi les taux de rejet par mesure (kBq/m³)

$$\begin{aligned} \text{MApF2}_{bi} \times F_{sonde} &= \text{MApF2}_i \\ \text{MApF2}_{bi} \times 9.5 \text{ kBq/cps} &= \text{MApF2}_i \end{aligned}$$

- On soustrait de la valeur obtenue MApF2_i le bruit de fond net retenu par calcul statistique sur l'ensemble des données mesurées de l'année considérée.
 - SD : l'écart-type et
 - BN : le bruit de fond moyen
 - N : entier naturel

$$\text{MApF2}_{i_{BND}} = \text{MApF2}_i - (SD + n \times BN)$$

- Ces valeurs sont ensuite multipliées par le débit de ventilation instantané soit en moyenne 19600 m³/h qu'on divise par 3600 pour avoir le débit de d'activité par seconde.

$$\text{MApF2}_{i_{BND}} \times DVi / 3600 = A_{voli} \text{ (kBq/s)}$$

- On intègre ensuite ces valeurs sur la durée (t à $t+\alpha$) entre 2 mesures pour avoir l'activité rejetée par intervalle de mesure. α est la durée écoulé entre deux mesures

$$\sum_t^{t+\alpha} A_{voli} \text{ (kBq/s)} = Ai \text{ (kBq)}$$

	Plan de gestion des déchets radioactifs du GIP CYROI	Radioprotection	Version 4 Mise à jour 26/02/2016
		CYRRP PR004	

- On obtient l'activité totale rejetée en faisant la somme de l'ensemble des activités par intervalle de mesure de Date_j à Date_k.

$$A_{TOTALE} = \sum_{Date_j}^{Date_k} A_i \text{ (kBq)}$$

III - RESULTATS

1 - Taux de rejet en prenant en compte de la moyenne des valeurs mesurées du bruit de fond + 0 x Ecart-type

Report GIP CYROI			
		Calibration Factor (kBq/CPS)	9,5
Date:	21/10/2015 12:07	Facteur étalonnage débit ventil :	1960
Calculation begin date :	01/10/2014 00:00	Coef	0
Calculation end date :	30/09/2015 23:59	Standart Deviation : SD	5,62
Duration:	1 an	Background Noise (Average) :BN	9,79
Total Net release (GBq):	56,21		
Background Noise (Deviation)	SD + BN = 9.79		

2 - Taux de rejet en prenant en compte de la moyenne des valeurs mesurées du bruit de fond + 1 x Ecart-type

Report GIP CYROI			
		Calibration Factor (kBq/CPS)	9,5
Date:	21/10/2015 12:07	Facteur etalonnage debit ventil :	1960
Calculation begin date :	01/10/2014 00:00	Coef	1
Calculation end date :	30/09/2015 23:59	Standart Deviation	5,62
Duration:	1 an	Background Noise (Average)	9,79
Total Net release (GBq):	5,06		
Background Noise (Deviation)	SD + 2xBN = 15,41		

3 - Activité rejetée en fonction de n : Moyenne + n x Ecart-type

Moyenne : 9.79 Bq

Ecart-Type : 5.62 Bq

n	0	0.5	1	1.5	1.96	2.5	3	4
Bdf	9.79	12.60	15.41	18.21	20.80	23.83	26.64	32.25
Activité rejeté	56.21	7.37	5.06	4.10	3.64	3.28	3.04	2.67

Nous pourrions retenir une activité rejetée en prenant en compte le bruit de fond moyen de **56 GBq** et en considérant le bruit de fond et 1 fois l'écart type de **5.06 GBq**.

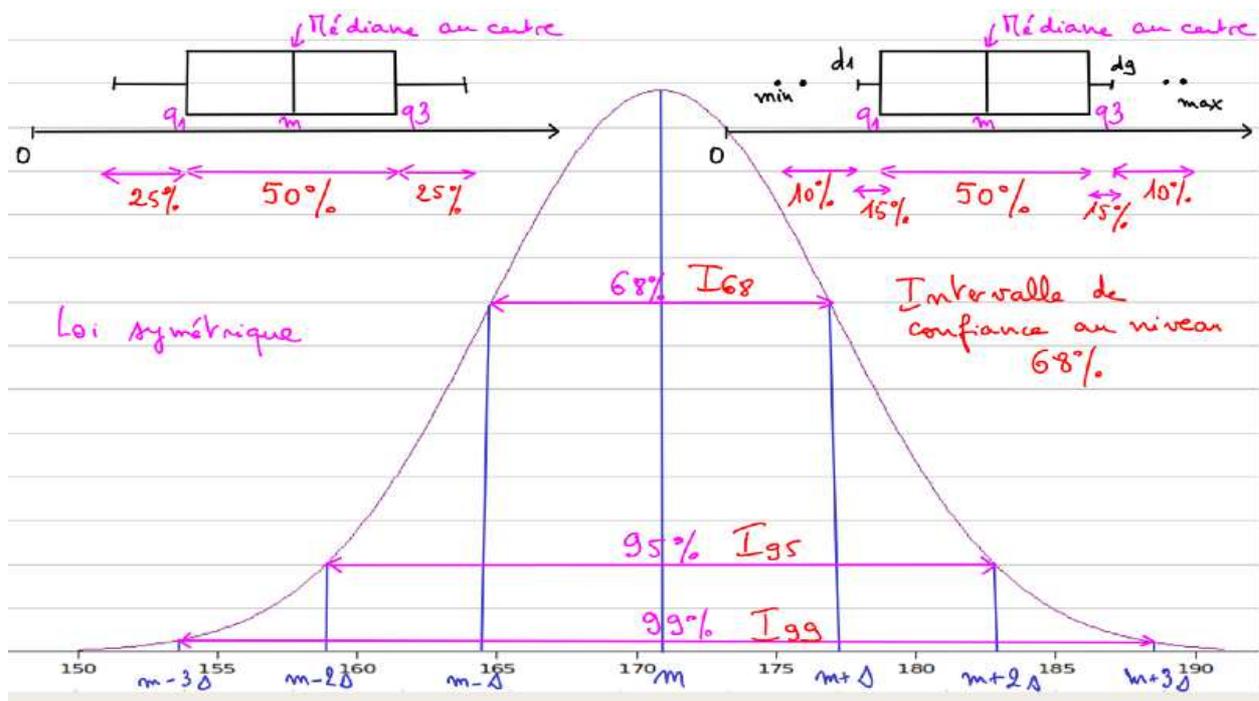
4 - Activité rejetée 2015

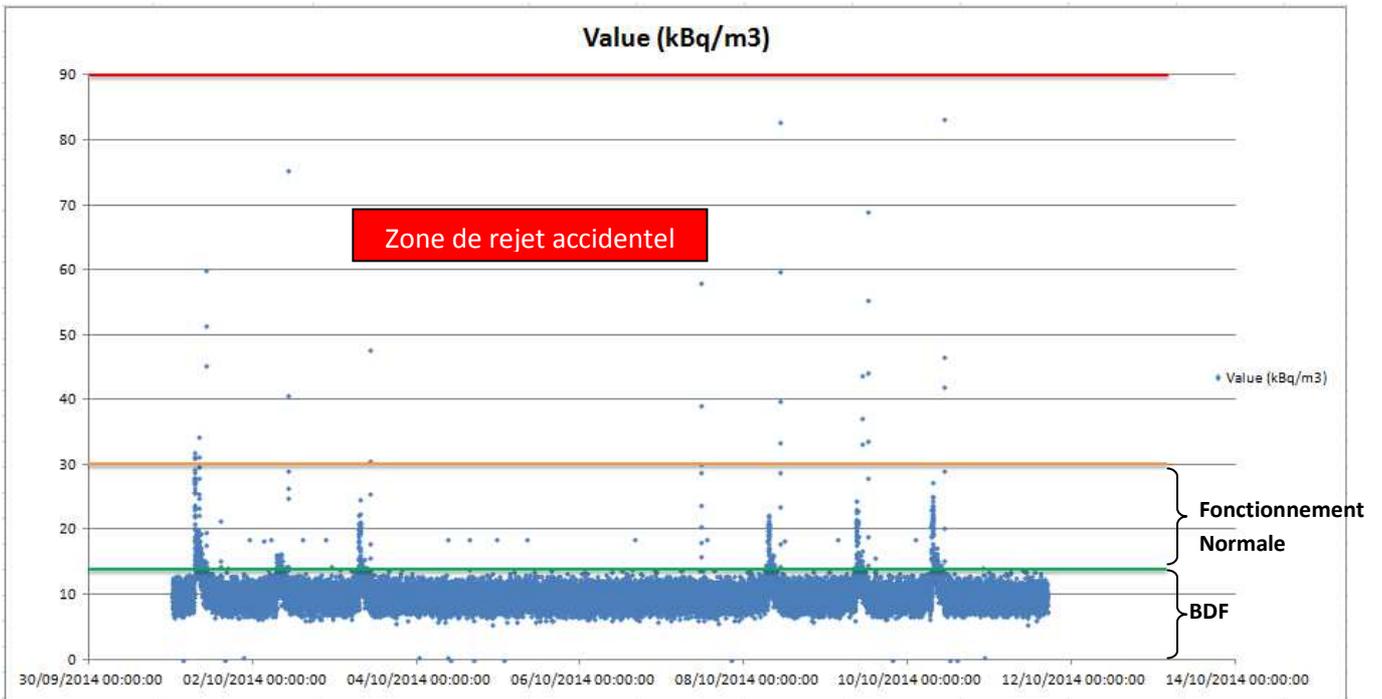
Nous considérons donc que la prise en compte d'une fois l'écart type est la valeur la plus proche de la réalité en restant toutefois majorant.

L'activité rejetée sur la période étudiée est donc de : **5.1 GBq**.

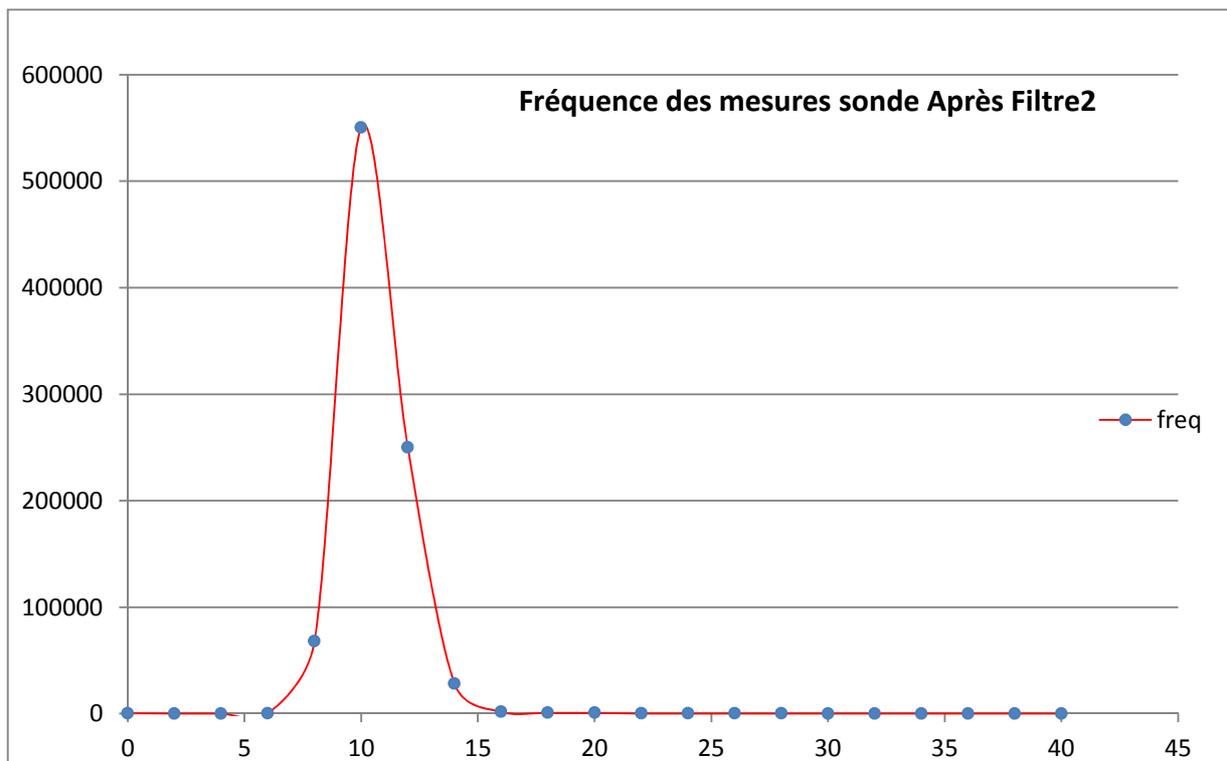
5 - Statistique d'une distribution

Rappel sur les distributions statistique

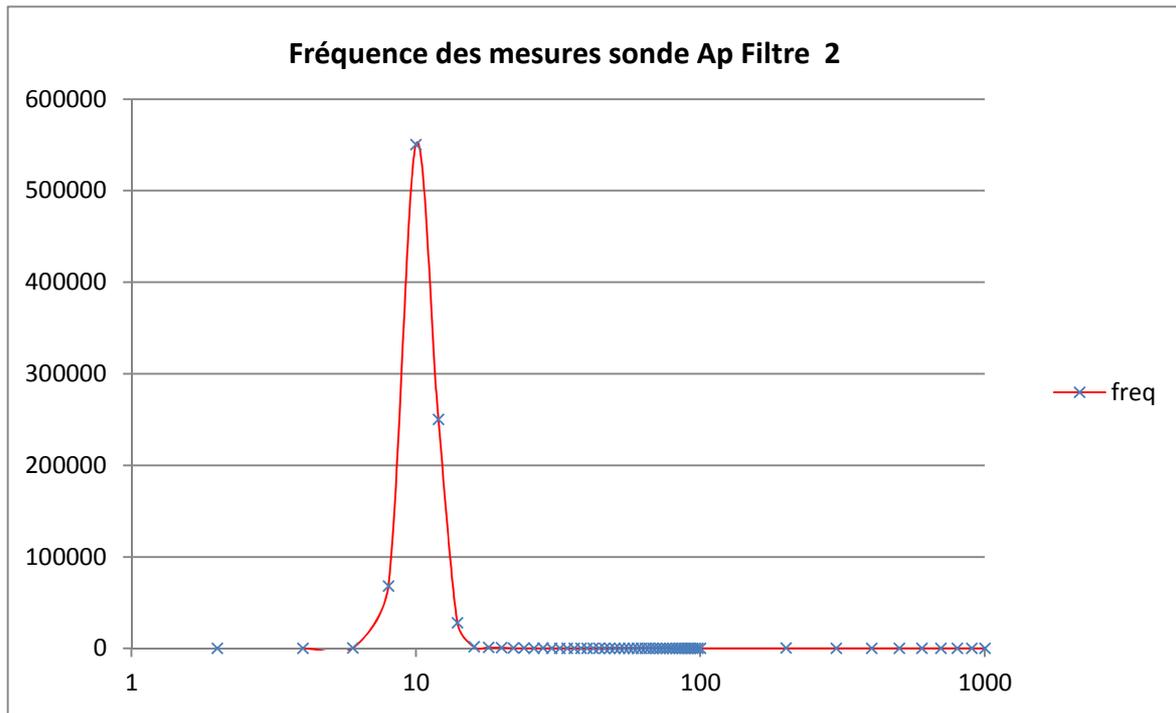




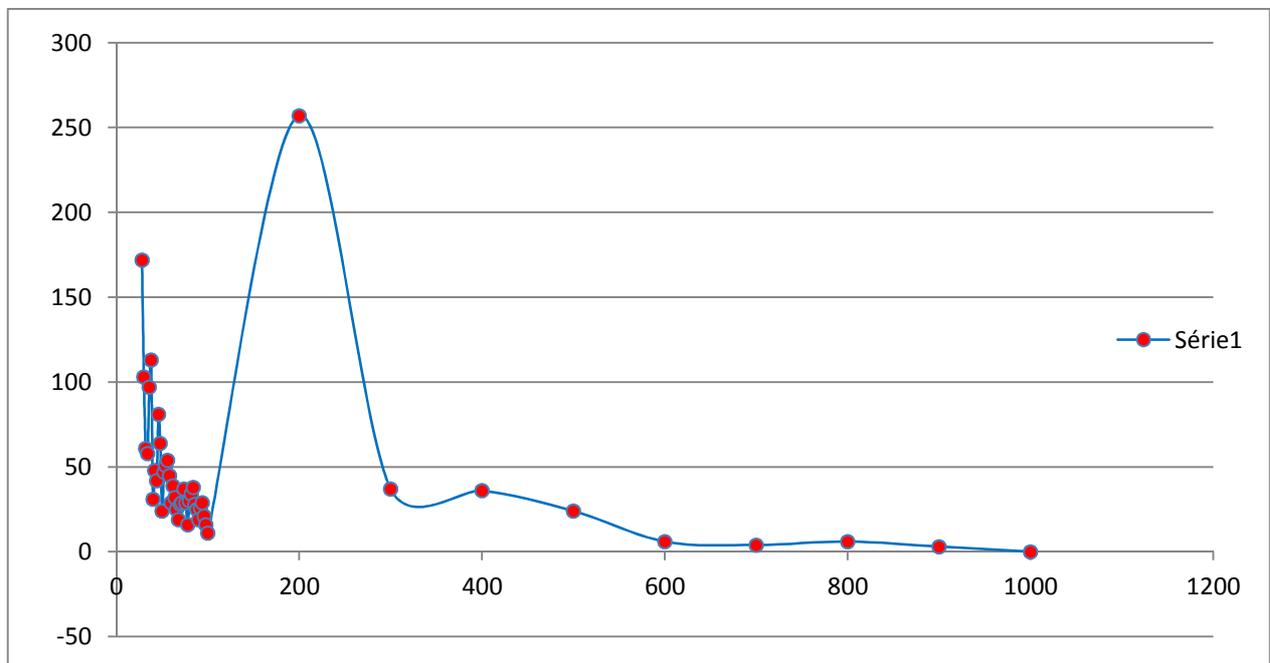
a - Répartition des valeurs enregistrées par la sonde après filtre 2 – Valeurs compris entre 0 et 40



b - Répartition des valeurs enregistrées par la sonde après filtre 2 - Echelle Log



c - Répartition des valeurs enregistrées par la sonde après filtre 2



Definition du termes sources du GIP CYROI

GIP CYROI : Site de production de 18F-FDG

1 - Radionucléides considérés - inventaire isotopique :

- La synthèse de 18F-FDG est précédée par 2 tirs cyclotron.
- 1 tir O16(P,N)N13 pendant 10 min
 - 1 tir O18(P,N)F18 pendant 2 heures

Radionucléide	Periode	Coefficient de volatilité	Fraction de l'inventaire	facteur de décroissance	Facteur de rétention	Coef total
- Fluor 18 (F18)	109,8 min	0,01	92,4%	91,7%	99%	0,0084
- Azote 13 (N13)	10 min	1	7,6%	8,3%	1%	0,0001

Vu le taux d'azote 13 produit, engagé et le facteur de décroissance de celui-ci, nous retiendrons essentiellement l'isotope de Fluor 18 dans notre estimation du terme source,

Le terme source des rejets gazeux radioactifs liés aux activités de production nominale du site du GIP CYROI est calculé hors situation accidentelle.

Coefficient de DPUI du Fluor 18

Inhalation		
Type	DPUI - aerosol de 5 µm	
F	5.4 10 ⁻¹¹	µSv/MBq
M	8.9 10 ⁻¹¹	µSv/MBq
S	9.3 10 ⁻¹¹	µSv/MBq
Ingestion		
	4.9 10 ⁻¹¹	µSv/MBq

En cas d'émission atmosphérique de substances radioactives, les différentes voies d'exposition de l'homme sont les suivantes :

- immersion dans le panache, qui conduira à une exposition interne par inhalation et à une exposition externe par irradiation.
- La présence sur le sol conduira à une exposition externe par irradiation,
- la consommation de végétaux suite au dépôt conduira à une exposition interne par ingestion.

2 - Sources - Activité du rejet

Quantité produit par irradiation / jour : **200** GBq pour 1 tir - Activité maximum produite

Les ions fluorures sont très peu volatile et le coefficient utilisé est celle calculé ci-dessus en tenant compte de la volatilité, de la décroissance, et de la rétention dans les gaines.

Facteur de volatilité du F18 :	0,0084	soit	1,67766984	GBq
Volume rejeté lors d'un confinement :	35	m3 --> soit	0,0479	GBq/m3

Dans le cas le plus défavorable, nous rejetons 0,0479 GBq/m3 d'air.

3- Evaluation du terme source

Selon les statistiques réalisées sur l'ensemble des mesures 2014 - 2015 nous pouvons déduire :

3.1 - En condition de rejet nominal actuelle

Statistique de mesure :

900221 mesures correspondant au bruit de fond

2510 mesures au-dessus du bruit de fond mais inférieur au seuil de coupure

71 mesures au-dessus de seuil de coupure

Valeur <= 20 kBq/m3

20 kBq/m3 <= Valeur <= 330 kBq/m3

> 330 kBq/m3 avec confinement

Seuil de coupure de la ventilation fixé à **330 kBq/m3** au GIP CYROI sur l'année 2014-2015

Page 1/2

Interval de temps entre 2 mesures : **9,73 secondes**
Débit ventilation moyen : **18602,65 m3/heure**

Activité rejeté en situation d'incident : **3,40 GBq**
Activité rejeté en condition normale de production : **41,63 GBq ***
Activité totale rejeté: **45,03 GBq**

**(Seuil de coupure (330kBq/m3) X 2510 detections X debit ventil m3/h / 3600 s / 1000)*

Au vue des fluctuations des différents paramètres, nous retiendrons pour notre site un terme source de **50 GBq/an** pour le fonctionnement actuel.

3.2 - Projet de changement du SEUIL DE COUPURE à 665 kBq/m3

Statistique de mesure apres changement de seuil du coupure de la ventilation :

900221 mesures correspondant au bruit de fond	Valeur <= 20 kBq/m3
2570 mesures au-dessus du bruit de fond mais inferieur au seuil de coupure	20 kBq/m3 < Valeur < 330 kBq/m3
11 mesures au-dessus de seuil de coupure	> 330 kBq/m3 avec confinement

Interval de temps entre 2 mesures : **9,73 secondes**
Débit ventilation moyen : **18602,65 m3/heure**

Activité rejeté en situation d'incident : **0,53 GBq**
Activité rejeté en condition normale de production : **85,89 GBq ***
Activité totale rejeté: **86,42 GBq**

**(Seuil de coupure (665 kBq/m3) X 2570 detections X Débit ventilation m3/h / 3600 s / 1000)*

Nous retiendrons une base de rejets gazeux radioactifs majorés à 100 GBq/an de fluor 18 (18F) pour l'etude d'impacte

V. MAILLY

