

SESSION 3

LES ORIGINES DE LA RADIOACTIVITE DANS LE COMPARTIMENT ATMOSPHERIQUE

« Air & Radioactivité »

Journées SFRP – 01 & 02 février 2017 – Paris (UIC)



LES REJETS D'EFFLUENTS RADIOACTIFS A L'ATMOSPHERE DES PRINCIPAUX TYPES D'INSTALLATIONS NUCLEAIRES EN FRANCE

M. Calvez¹, P. Devin², V. Gobron³, P.Y. Hémidy⁴,

¹CEA / Direction Protection et Sûreté Nucléaire

²NEW AREVA, Direction Sûreté Environnement/BU Recyclage

³ANDRA/ Direction des Opérations Industrielles

⁴EDF/Direction du Parc Nucléaire et Thermique/DPN/UNIE/GPRE

« Air & Radioactivité »

Journées SFRP – 01 & 02 février 2017 – Paris (UIC)

Contexte – Quelques définitions

Comme toute industrie...



... et toute activité humaine, l'industrie nucléaire génère des rejets d'effluents susceptibles de contenir des substances mises en jeu dans les installations et notamment des radionucléides.

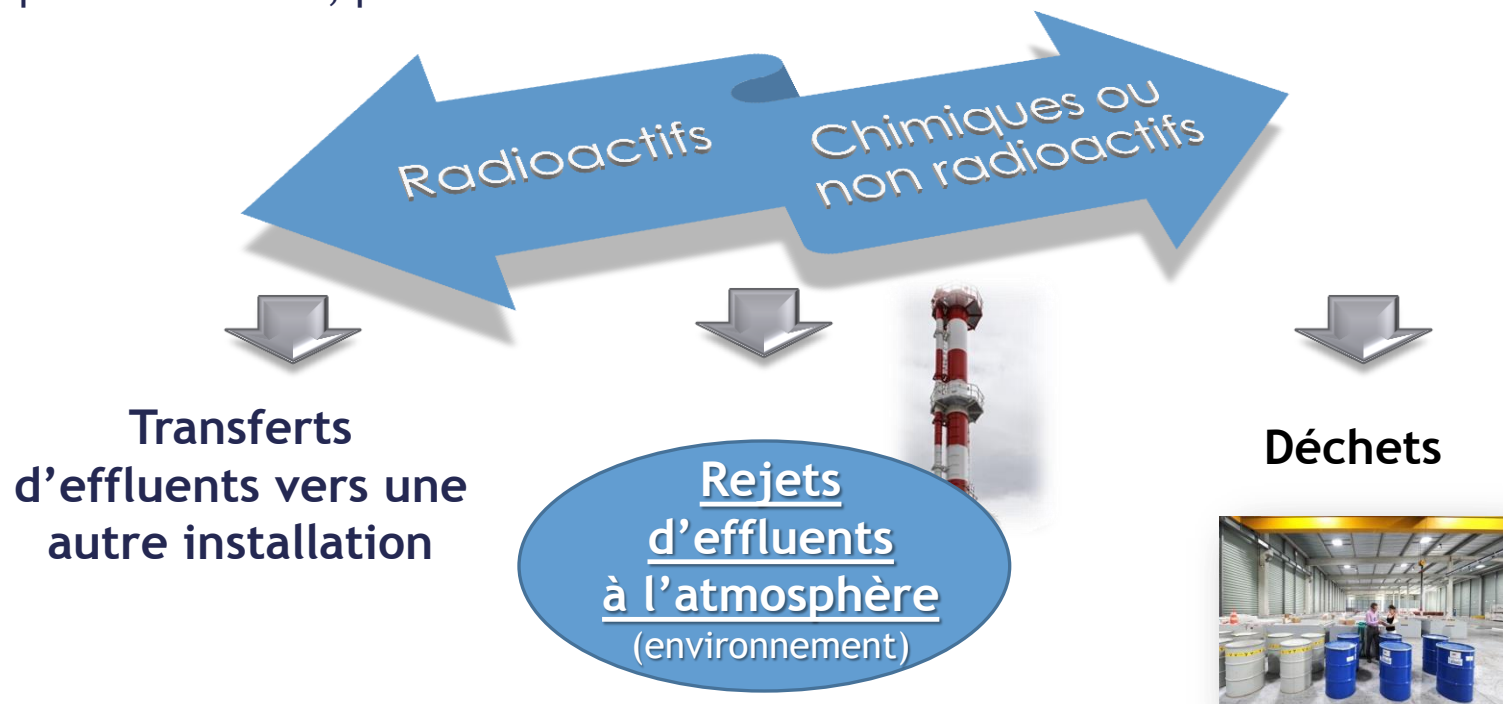
Dans le cadre de cette présentation, seuls les rejets d'effluents radioactifs à l'atmosphère et les contrôles relatifs à leur radioactivité sont abordés.

Par abus de langage, et notamment vis-à-vis de la forme chimique/spéciation (*exemple des rejets d'HTO sous forme de vapeur et non de gaz alors que HT gazeux*) et des aérosols, ces rejets peuvent prendre la dénomination de « rejets gazeux ».

Préambule – Quelques définitions

- **Effluents** : fluides (*liquides, gaz, poussières, aérosols, vapeur d'eau*) issus et présents dans l'installation susceptibles d'être rejetés dans le milieu récepteur directement ou indirectement.
- **Rejets** : effluents radioactifs rejetés directement dans le milieu récepteur via un émissaire de rejet (*cheminée pour les rejets à l'atmosphère ou conduite de rejet pour un rejet d'effluents liquides en mer ou rivière*).

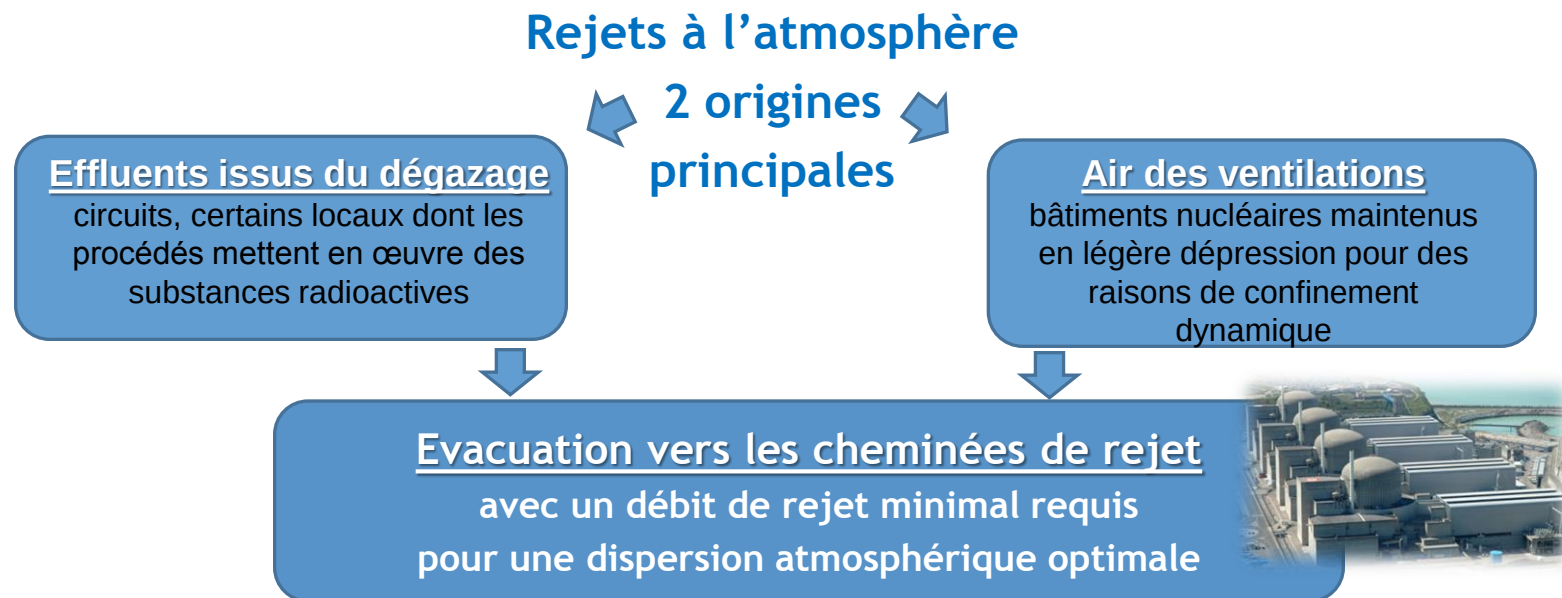
De part leur nature, procédés et niveaux d'activité :



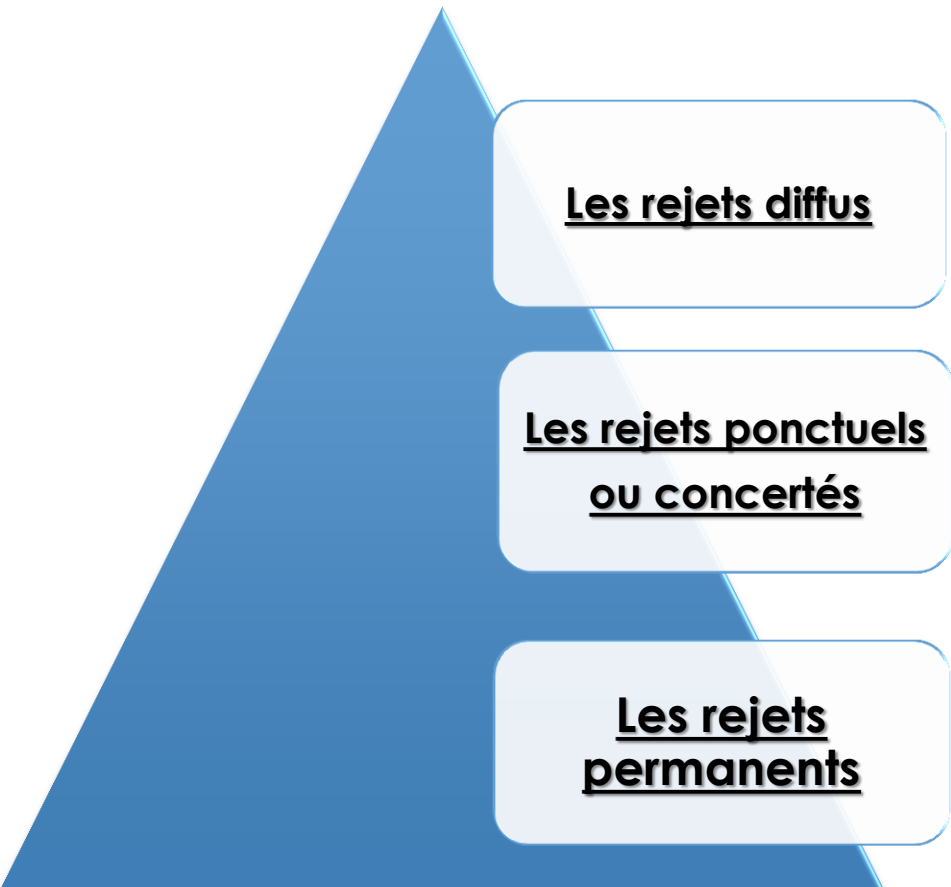
Origine des rejets d'effluents à l'atmosphère

Dès la phase de conception des installations, des dispositifs de collecte, de traitement et de filtration sont prévus et mis en œuvre afin de réduire autant que possible les rejets d'effluents à l'atmosphère par l'utilisation :

- du principe d'optimisation (permettant notamment de gérer les risques dans une approche globale),
- des MTD dans des conditions techniquement et économiquement acceptables en prenant en considération les caractéristiques de l'installation, son implantation géographique et les conditions locales de l'environnement.



Catégories de rejets d'effluents à l'atmosphère



Les rejets diffus

Non canalisés vers un émissaire surveillé

(Ex. : radon émis par une installation d'entreposage de déchets radioactifs, événements de réservoirs d'effluents radioactifs)

Les rejets ponctuels ou concertés

Canalisés vers émissaire de rejet surveillé, durée limitée et conditions particulières de réalisation

(Ex. : vidange réservoir d'effluents radioactifs, décompression BR de CNPE)

Les rejets permanents

Canalisés en continu vers émissaires de rejets surveillés provenant du fonctionnement permanent des ventilations

(Ex. : confinement dynamique des locaux, renouvellement air)

Au cours des dernières années, réduction à la source des activités rejetées :

- ✓ Optimisation du traitement et rejets des effluents (f(pp. radiol., physico-chimiques / liquide vs gaz) ,
- ✓ Stockage des effluents avant rejet (mise à profit de la décroissance radioactive),
- ✓ Développement/optimisation de filière de déchets.

Composition des rejets d'effluents

En prenant en considération les principaux types d'installations nucléaires présentes en France, une grande variété de radionucléides peut potentiellement être retrouvée dans les rejets à l'atmosphère.

- **6 familles représentatives** des rejets émis à l'atmosphère :
 - Tritium
 - Carbone 14
 - Gaz rares
 - Halogènes
 - Autres radionucléides émetteurs β et γ
 - Radionucléides émetteurs alpha
- **A chaque installation ou type d'installation, son spectre de référence,** c'est-à-dire une liste de radionucléides dont l'activité doit être mesurée (ou estimée) et prise en compte systématiquement pour la comptabilisation des activités rejetées, qu'elle soit significative ou non.

Exemple de spectre de référence :

Cas d'un CNPE



Famille de radionucléides	Catégories de rejets
Gaz rares	• Pour les rejets permanents : ^{133}Xe et ^{135}Xe • Pour les rejets concertés type BR : ^{41}Ar, ^{133}Xe et ^{135}Xe • Pour les rejets concertés type TEG (RS) : ^{85}Kr, $^{131\text{m}}\text{Xe}$ et ^{133}Xe
Halogènes	• À la cheminée pour l'ensemble des rejets : ^{131}I et ^{133}I
Aérosols ou autres RN émetteurs β/γ artificiels	• À la cheminée pour l'ensemble des rejets : ^{58}Co, ^{60}Co, ^{134}Cs, ^{137}Cs
Tritium	• À la cheminée pour l'ensemble des rejets
Carbone 14	• À la cheminée, pour l'ensemble des rejets
Alpha	• Non autorisé, réalisation de mesure de contrôle d'absence

Exemple de spectre de référence :

Cas du site AREVA La Hague



Famille de radionucléides	Catégories de rejets
---------------------------	----------------------

Gaz rares	• ^{85}Kr
------------------	--------------------

Halogènes	• ^{129}I , ^{131}I et ^{133}I
------------------	---

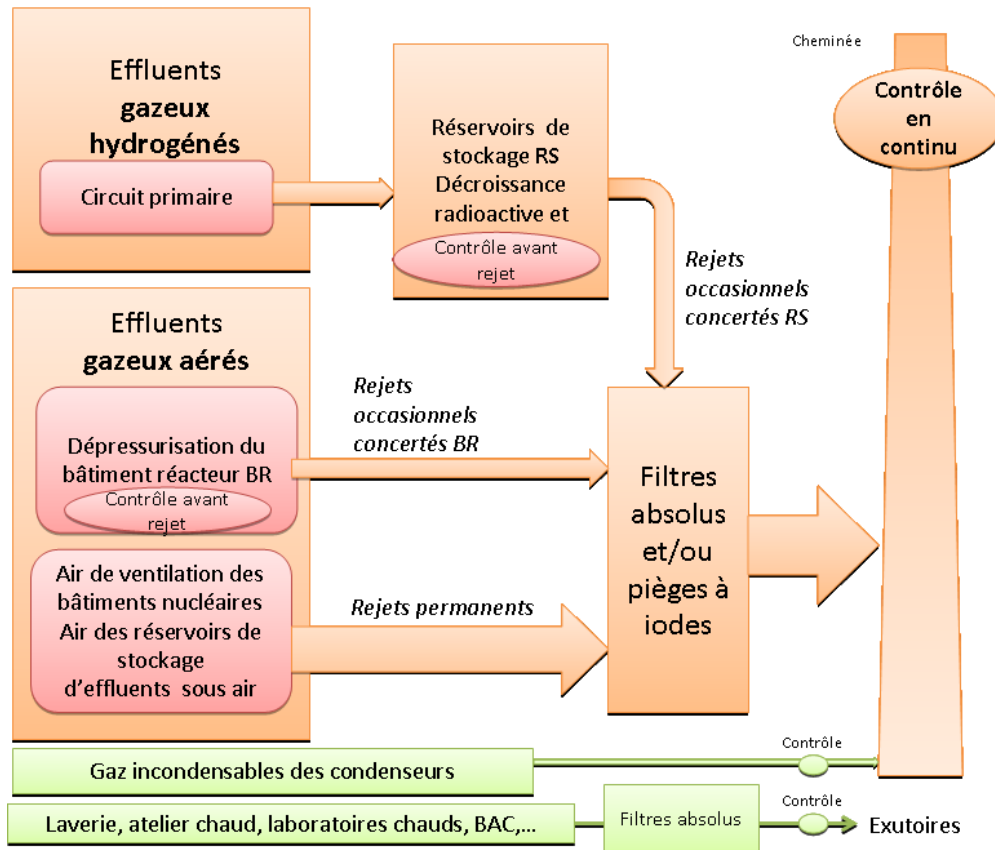
Aérosols ou autres RN émetteurs β/γ artificiels	• ^{58}Co , ^{60}Co , ^{134}Cs , $^{137}\text{Cs}/^{137\text{m}}\text{Ba}$, ^{125}Sb , $^{106}\text{Ru/Rh}$
--	--

Tritium	• ^3H
----------------	----------------

Carbone 14	• ^{14}C
-------------------	-------------------

Alpha	• ^{241}Pu , ^{238}Pu , $^{239+240}\text{Pu}$,
--------------	---

Schéma type de contrôle des rejets atmosphériques



En permanence :

- **Indice d'activité β global** de l'air rejeté au moyen de chaînes redondantes, avec alimentations électriques secourues. Mesure et alarme retransmises en SDC et existence d'un seuil fixé réglementairement,
- **Mesure continue du débit de rejet** des effluents à la cheminée, secourue électriquement et enregistrée en SDC (m^3/s).

Contrôles périodiques : aux 4 périodes réglementaires mensuelles (1^{er} au 7, 8 au 14, 15 au 21, et du 22 à la fin du mois) :

- **Gaz rares** par Sp γ sur un prél. instantané,
- **Aérosols** sur filtre pour mesure de l'indice βG , détermination par Sp γ des principaux radionucléides (PF-PA), αG d'origine artificielle,
- **Halogènes** (iodes) par analyse γ globale et la détermination des iodes par Sp γ ,
- ^3H prélevé sur barboteur,
- ^{14}C trimestriel prélevé sur barboteur ou piégé sur un tamis moléculaire.



Mesures sur échantillons réalisés par les laboratoires d'essais « Effluents » des exploitants conformes à la norme ISO 17 025 ou à dispositions équivalentes.

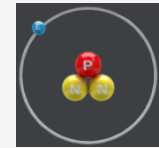
Les rejets : une activité contrôlée & surveillée

Dans un objectif de transparence et de contrôle(s) de la validité des résultats et analyses réalisées, l'exploitant n'est pas l'unique intervenant d'une logique d'ensemble de maîtrise des impacts et des rejets d'effluents, notamment à l'atmosphère, sur l'environnement.

- Une organisation conforme « 17025 » ou à des dispositions équivalentes,
- Des rejets comptabilisés dans les règles et notification aux registres,
- Une participation à des EIL,
- Des contrôles croisés,
 - Pour les principaux émissaires de rejets d'effluents.
- Des contrôles inopinés,
 - Lors des inspections avec prélèvements.
- Des inspections des autorités,
- Des visites de vérification Euratom (art. 35)
 - Saclay en Juin 2016,
 - AREVA La Hague en 2018.



Niveaux des rejets : le tritium



- ^3H d'origine naturelle (74 PBq/an)

→ *BdF cosmogénique $\approx 10^{-3}$ à $5 \cdot 10^{-3} \text{ Bq/m}^3$*

- ^3H d'origine artificielle

→ *Ambiant ZNI $\approx 0,01 \text{ Bq/m}^3$*

- Essais atmo., rejets atmo. INB (7 PBq/an, HTO +++) ou d'industries utilisatrices.
- 90% du ^3H produit rejeté par voie liquide
- RN important en termes d'activité rejetée (*dispositifs de traitement inefficace*).

→ *Impact dose ☹ ☹ vs rejets atmo.*

→ *Si $> 0,1 \text{ Bq/m}^3$ = expression environnementale locale de l'influence des rejets atmosphériques d'une installation sur le niveau ambiant.*

- Eau de pluie et lait rarement $> 3\text{-}4 \text{ Bq/L}$ et de l'ordre du Bq/kg frais dans herbe et végétaux.

→ *Compartiment terrestre : niveaux environnementaux faibles.*

Sites	Rejets atmosphériques de ^3H en 2015 (GBq/an)
ANDRA Centre de stockage FMA de Soulaines	$9,5 \cdot 10^{-2}$ (+ rejets diffus estimés de 6, 99 GBq)
ANDRA Centre de stockage TFA de Morvilliers	$4,0 \cdot 10^{-2}$
AREVA Tricastin	1,3
AREVA La Hague	78 200
CEA Cadarache	41
CEA Saclay	15 500
CEA Valduc	173 000
CEA Bruyères	46
CEA Marcoule	31 024
EDF (Total CNPE en exploitation : 58 réacteurs)	500 GBq/réacteur Soit # 30 000 GBq/an

Niveaux des rejets : le carbone 14

^{14}C

- **^{14}C d'origine naturelle** : inventaire estimé à 12 750 PBq soit plus de 98% du « stock » et une production de 1500 TBq/an.

→ $BdF \approx 0,04 \text{ Bq/m}^3$

- **^{14}C d'origine artificielle**

→ $A_{vmoy} \leq 0,3 \text{ Bq/m}^3$

- Retombées des essais atmosphériques engins nucléaires et 213 PBq soit environ 1 200 kg,
- INB contribution variable à l'injection de ^{14}C dans l'atmosphère (AREVA , EDF,... et les autres)
- Spéciation rejets : minéral (CO_2) & organique (CH_4)
- Localement, activités atmo. parmi les plus élevées (sauf ^{85}Kr), majoritairement sous forme CH_4 , càd non assimilable par les végétaux ou l'homme.
- Impact environnemental local discret (# 1%) dans le compartiment terrestre caractérisé par les études radioécologiques.
- Impact dosimétrique ^{14}C des rejets est faible $\ll 12 \mu\text{Sv/an}$ du ^{14}C naturel.

Sites	Rejets atmosphériques ^{14}C en 2015 (GBq/an)
ANDRA Centre de stockage FMA de Soulaïnes	$3,6 \cdot 10^{-2}$
ANDRA Centre de stockage TFA de Morvilliers	$2,1 \cdot 10^{-2}$
AREVA Tricastin	1,75
AREVA La Hague	19 500
CEA Cadarache	4
CEA Saclay	40
CEA Marcoule	4
EDF (Total des CNPE en exploitation : 58 réacteurs)	170 GBq/réacteur soit $< 10\,000$

Niveaux des rejets : les gaz rares



- Origine naturelle : L'activité atmosphérique en ^{85}Kr due à la production annuelle naturelle est de 400 GBq et donc faible au regard des ajouts d'origines artificielles. Inexistant pour les Xe.

→ A_v *ambient* # 1,2 Bq/m³

- Origine artificielle

→ $A_{v\text{-moy}}$ # 200 Bq/m³

- ^{85}Kr : Provenant des essais atmo. et des rejets des usines de traitement du combustibles usés.
⇒ Principal radionucléide d'origine anthropique présent dans l'atmosphère !
- Xe : mesure environnementale très difficile, non applicable en routine (*cf. TICE*)
- Gaz rares : inerte, pas d'interaction avec la matière, radiotoxicité très faible.
- Impact dosimétrique autour de La Hague (# 8 $\mu\text{Sv/an}$) par exposition externe due au panache (*pas de dépôt, pas d'absorption dans organismes vivants*).

Sites	Rejets à l'atmosphère de gaz rares en 2015 (TBq/an)
ANDRA Centre de stockage FMA de Soulaines	Non concerné
ANDRA Centre de stockage TFA de Morvilliers	Non concerné
AREVA Tricastin	Non concerné
AREVA La Hague	315 000
CEA Cadarache	24
CEA Saclay	14
CEA Marcoule	364 (inclus ^3H)
EDF (total des CNPE en exploitation : 58 réacteurs)	0,4 TBq/réacteur soit < 25 TBq

Niveaux des rejets : les iodes

- Famille des halogènes, présence environnementale d'iodes radioactifs majoritairement liée aux activités humaines.
 - Rejets faibles => Mode de comptabilisation majeure les rejets réels (CNPE,...)
 - Spéciation rejets : Iode gazeux organique (ICH_3 , CH_2I_2 , $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{I}$...), moléculaire (I_2 , HI ...), ou particulaire (associé aux aérosols),
 - Activités vol. en $\text{ZI} \ll \text{SD}$, et ponctuellement qq dizaines de $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$ d' ^{129}I conjointement aux rejets de ^{85}Kr .
 - Iodes, et notamment ^{131}I , rarement mis en évidence dans l'environnement des installations sauf événements particuliers (Hongrie 11/2011, Fuku 03/2011)
=> Cohérent avec les résultats de la surveillance de l'environnement.

Sites	Rejets d'iodes atmosphère (2015) – GBq/an
ANDRA Centre de stockage FMA de Soulaïnes	$3,80.10^{-5}$
ANDRA Centre de stockage TFA de Morvilliers	$6,95.10^{-6}$
AREVA La Hague	5,60
CEA Cadarache	0,002
CEA Saclay	0,003
CEA Fontenay-aux-Roses	0,002 (aérosols et halogènes)
CEA Marcoule	0,090 (aérosols et halogènes)
EDF (Total CNPE en exploitation : 58 réacteurs)	0,017/réacteur soit $9,64.10^{-1}$

Niveaux des rejets : Les aérosols (RN émetteurs α)

- Particules solides ou liquides dispersées dans l'air ou dans d'autres gaz, $[U]_{ZNI} \# 0,1 \mu\text{Bq/m}^3$
- Efficacement piégés par les filtres : rejets faibles, $[U]_{ZI} \# 1-30 \mu\text{Bq/m}^3$
- Cohérent avec surv. matrices biol. (héritage du passé auquel s'ajoute la contribution des rejets.
- Qq dépassement de seuil d'investigation $\alpha G > 2 \text{ mBq/m}^3$ attribuables à des RN naturels.
- Contribution à la dose par inhalation ($\# 1 \mu\text{Sv/an}$) pour sites autorisés à rejeter ces RN /cheminée.
- Rejets non autorisés pour les CNPE.

Sites	Rejets RN émetteurs α à l'atmosphère en 2015 (en GBq/an)	Rejets RN émetteurs β/γ α à l'atmosphère en 2015 (en GBq/an)
ANDRA Centre de stockage FMA de Soulaines	$6,2 \cdot 10^{-7}$	$7,2 \cdot 10^{-6}$
ANDRA Centre de stockage TFA de Morvilliers	$7,9 \cdot 10^{-7}$	$1,77 \cdot 10^{-7}$
AREVA Tricastin	0,042	0,003
AREVA La Hague	0,41	0,095
MELOX	$< 0,000015$	$< 0,00026$
CEA Saclay	0,009	
CEA Cadarache	$3 \cdot 10^{-5}$	0,002
CEA Fontenay-aux-Roses	$7 \cdot 10^{-5}$	
CEA Marcoule	0,006	0,09 (aérosols et halogènes)
EDF (Total CNPE en exploitation : 58 réacteurs)	Non autorisé	0,002/réacteur soit 0,14 au total

Niveaux des rejets : Les aérosols (PF-PA ou RN émetteurs β/γ)

- Particules solides ou liquides dispersées dans l'air ou dans d'autres gaz,
- Efficacement piégés par les filtres THE : rejets faibles,
- Mode de comptabilisation majorant les rejets réels de certaines installations CNPE : > 80% des rejets à l'atmosphère de PF-PA sont du seul fait de la comptabilisation,
- Activités volumiques en AS $\ll \mu\text{Bq}/\text{m}^3$ - ^{137}Cs toujours présent sur filtres AS, idem dans les matrices biologiques $\Rightarrow$ héritage du passé jusqu'à $1000 \mu\text{Bq}/\text{m}^3$ en 1963 et $1 \text{ Bq}/\text{m}^3$ en 1986 !
- Mise en évidence d'autres RN présent dans les rejets avec TGD ($>300\text{m}^3/\text{h}$),
- Contribution à la dose par inhalation (+++) extrêmement faible ($<10^{-3} \mu\text{Sv}/\text{an}$).

Sites	Rejets RN émetteurs α à l'atmosphère en 2015 (en GBq/an)	Rejets RN émetteurs β/γ α à l'atmosphère en 2015 (en GBq/an)
ANDRA Centre de stockage FMA de Soullaines	$6,2 \cdot 10^{-7}$	$7,2 \cdot 10^{-6}$
ANDRA Centre de stockage TFA de Morvilliers	$7,9 \cdot 10^{-7}$	$1,77 \cdot 10^{-7}$
AREVA Tricastin	0,042	0,003
AREVA La Hague	0,41	0,095
MELOX	$< 0,000015$	$< 0,00026$
CEA Saclay	0,009	
CEA Cadarache	$3 \cdot 10^{-5}$	0,002
CEA Fontenay-aux-Roses	$7 \cdot 10^{-5}$	
CEA Marcoule	0,006	0,09 (aérosols et halogènes)
EDF (Total CNPE en exploitation : 58 réacteurs)	Non autorisé	0,002/réacteur soit 0,14 au total

Information des autorités et du public

○ Rapports réglementaires aux autorités

- Registres mensuels et synthèses trimestrielles
- Rapports annuels installations et centres

○ Information tout public

- Plaquettes, bulletins périodiques diffusés localement
- Actions avec les élus, enseignement, presse, visites des installations...,
- Rapports annuels (art. 125-15 CDE),
- Sites internet des exploitants,
- Communication en congrès.

○ Réunions avec les structures locales d'information (CI, CLI, CLIN...)

- RNM : Libre accès à toutes les données de surveillance de la radioactivité de l'environnement et notamment du compartiment atmosphérique.



Conclusion



○ Actions et moyens considérables déployés

- ✓ Démarche d'amélioration continue (*installations, procédés*),
- ✓ Participation des exploitants au processus de normalisation,
- ✓ Optimisations des méthodes d'essais des laboratoires (*ISO 17025 ou dispositions équivalentes*)... et amélioration de l'AQ de la gestion des données,
- ✓ Mise en œuvre des MTD,
- ✓ Investissements dans la formation et la transmission des savoirs,

○ Des rejets à des niveaux historiquement bas

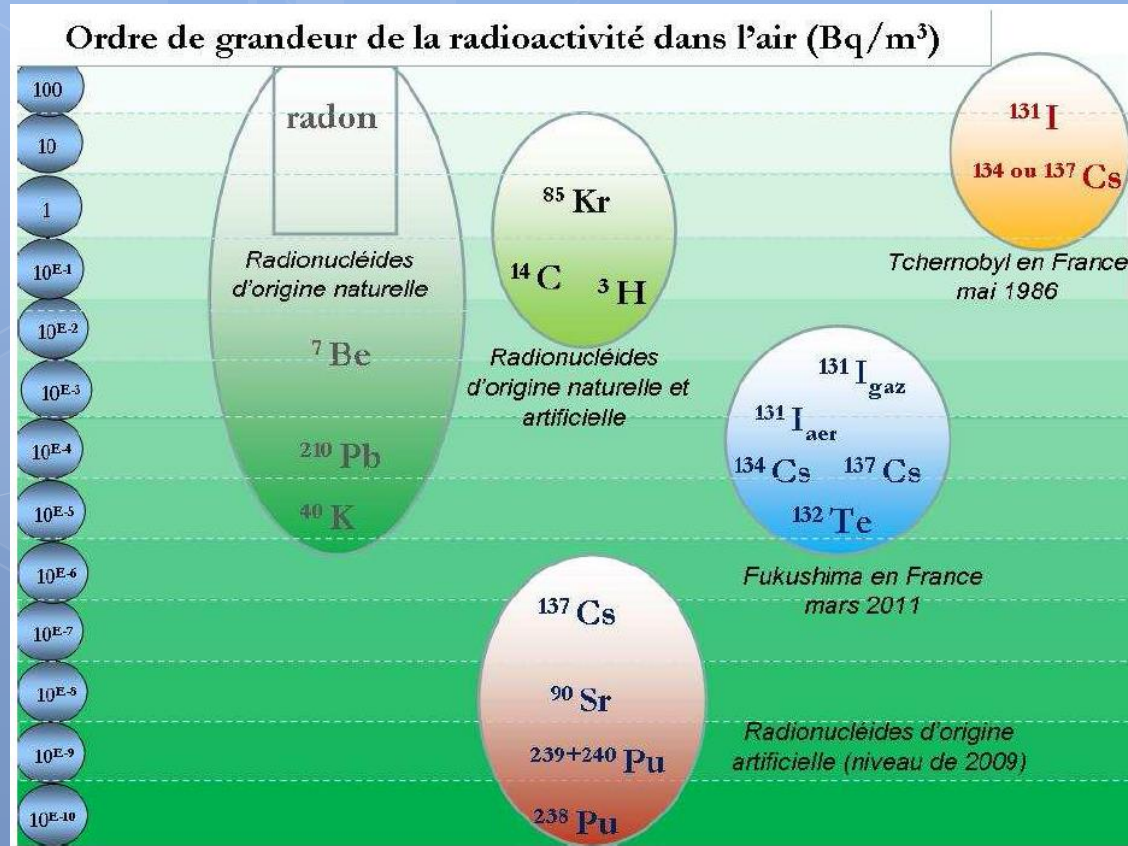
⇒ *Envisager toute baisse supplémentaire doit être abordée dans un contexte de réelle proportionnalité aux enjeux, d'approche globale du risque et d'optimisation, notamment dans le cadre d'une bonne gestion de l'allocation des ressources.*

○ Une contribution faible à l'ajout de radioactivité dans le compartiment atmosphérique corroboré par les résultats de la surveillance de l'environnement de routine et d'expertise (*données radioécologiques*),

○ Des impacts dosimétriques locaux, très faibles, < 10 μ Sv/an ou de l'ordre de 10 μ Sv/an, dose considérée comme « triviale » (CIPR)

⇒ *Veiller à l'absence d'impact de l'activité industrielle sur la santé et l'environnement des rejets de ses installations demeure un des enjeux prioritaires pour l'industrie nucléaire.*

Merci de votre attention !



Source IRSN

