

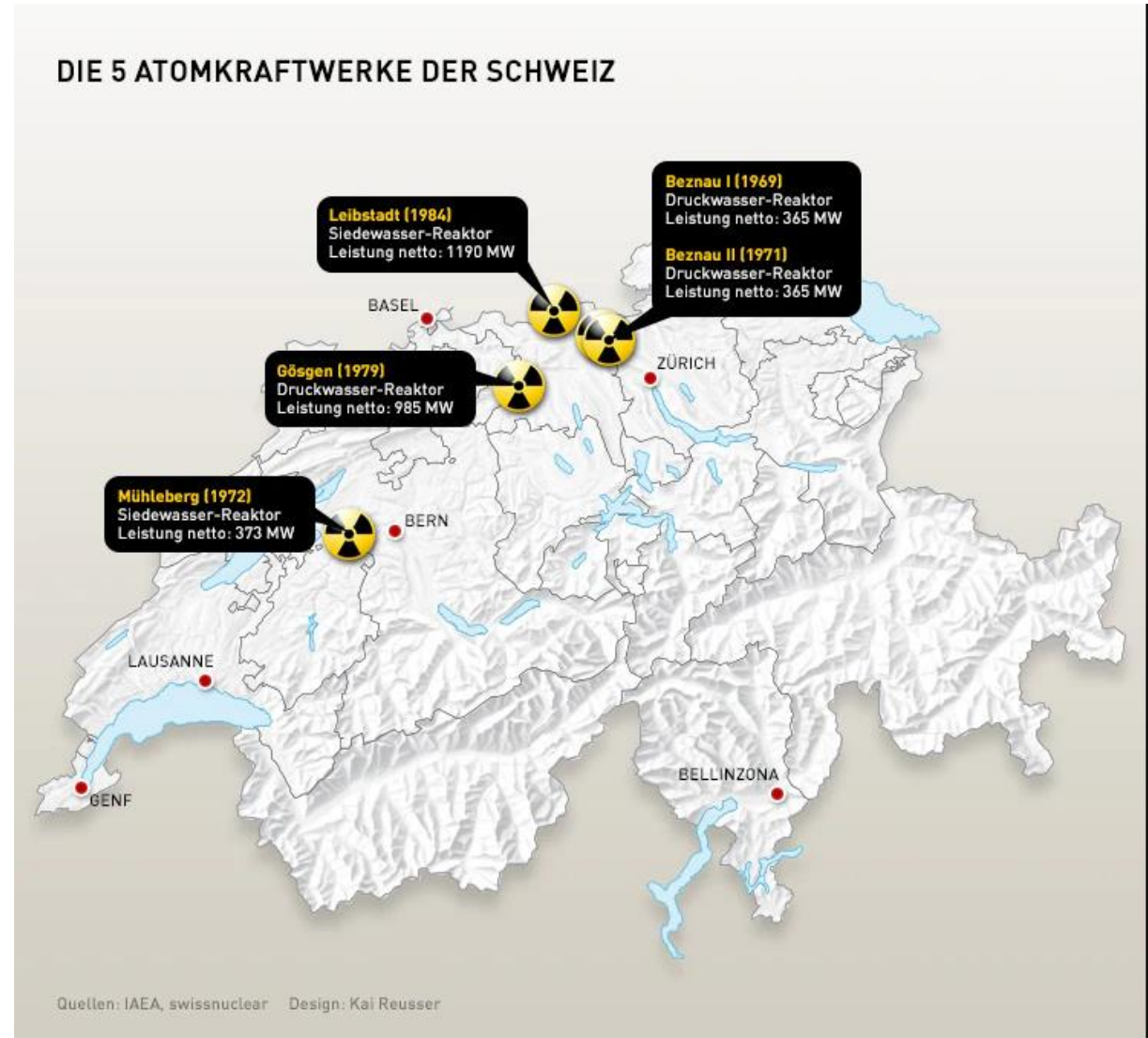
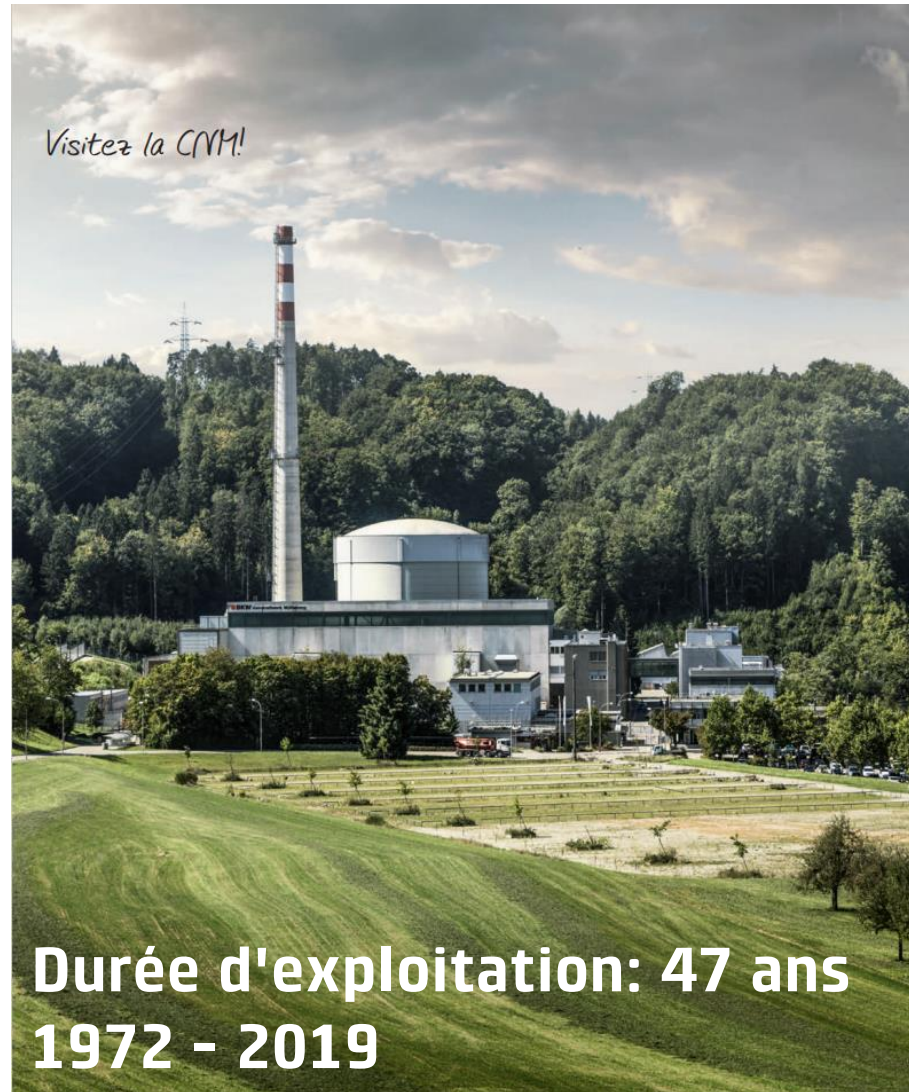


Processus de caractérisation et de mesure des matériaux en vue du stockage pour décroissance radioactive

ANNECY, SEPTEMBRE 2022



Situation géographique et données clés

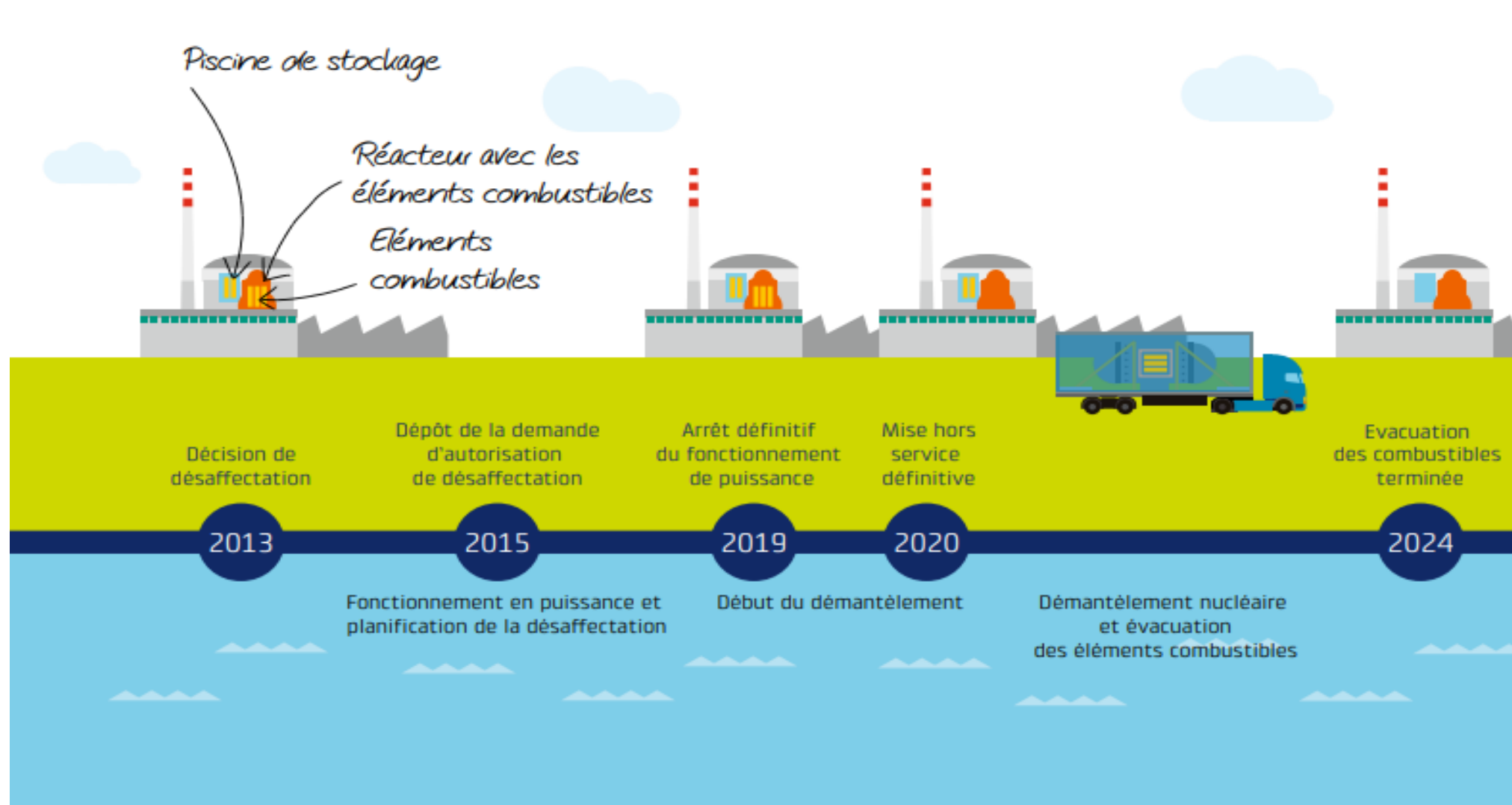


Vue d'ensemble du projet de démantèlement

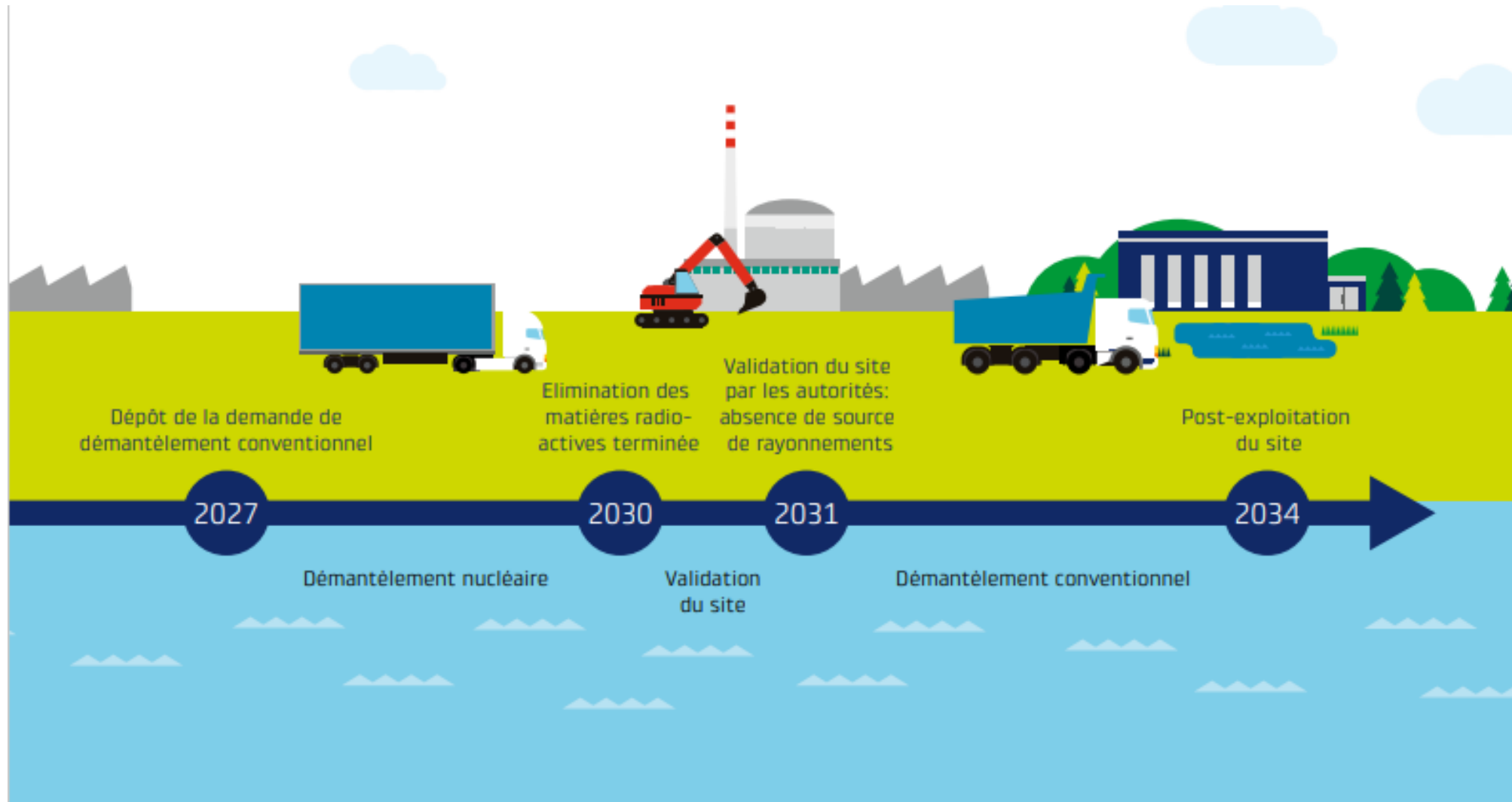
ANNECY, SEPTEMBRE 2022

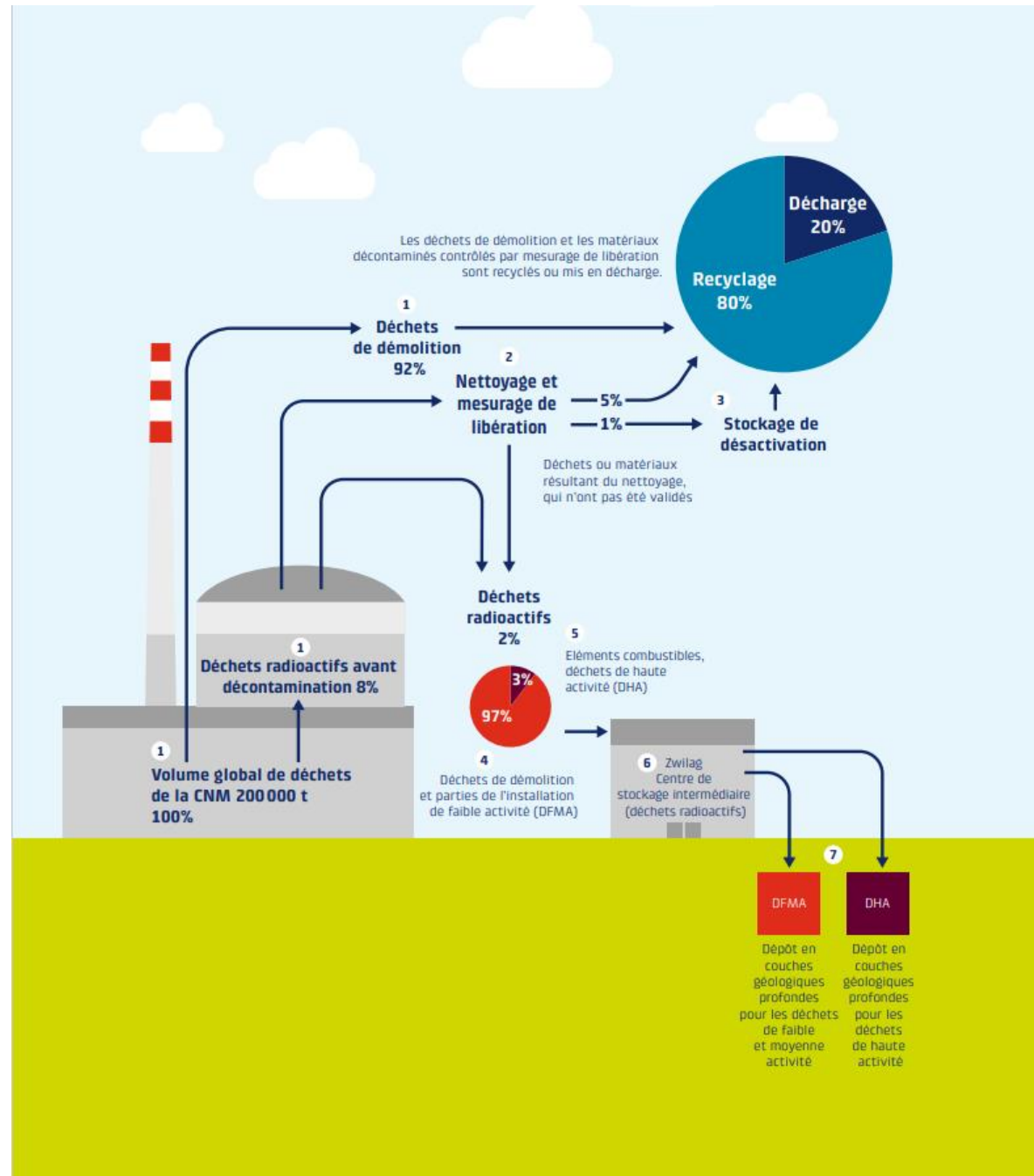


Plan du démantèlement

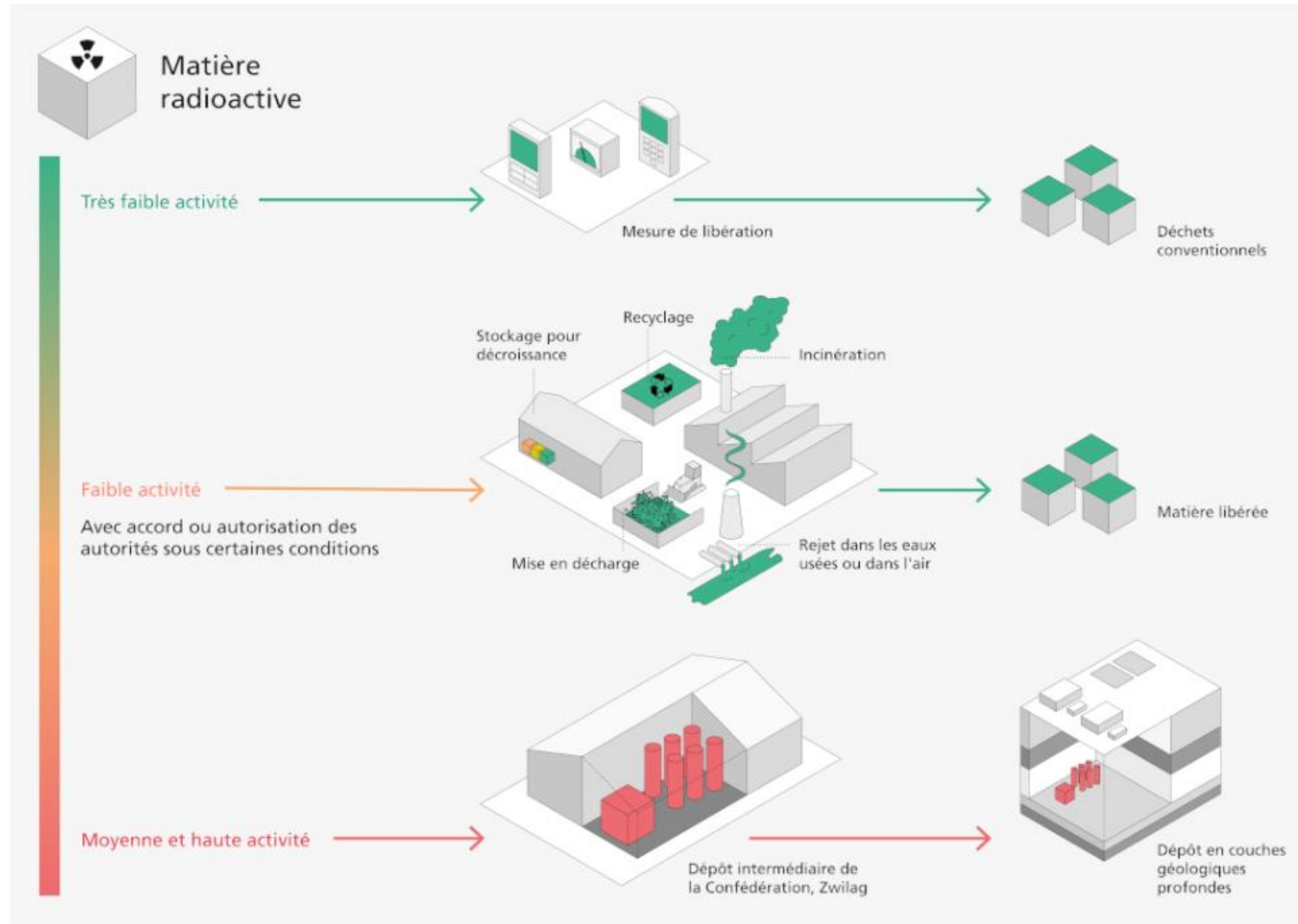


Plan du démantèlement





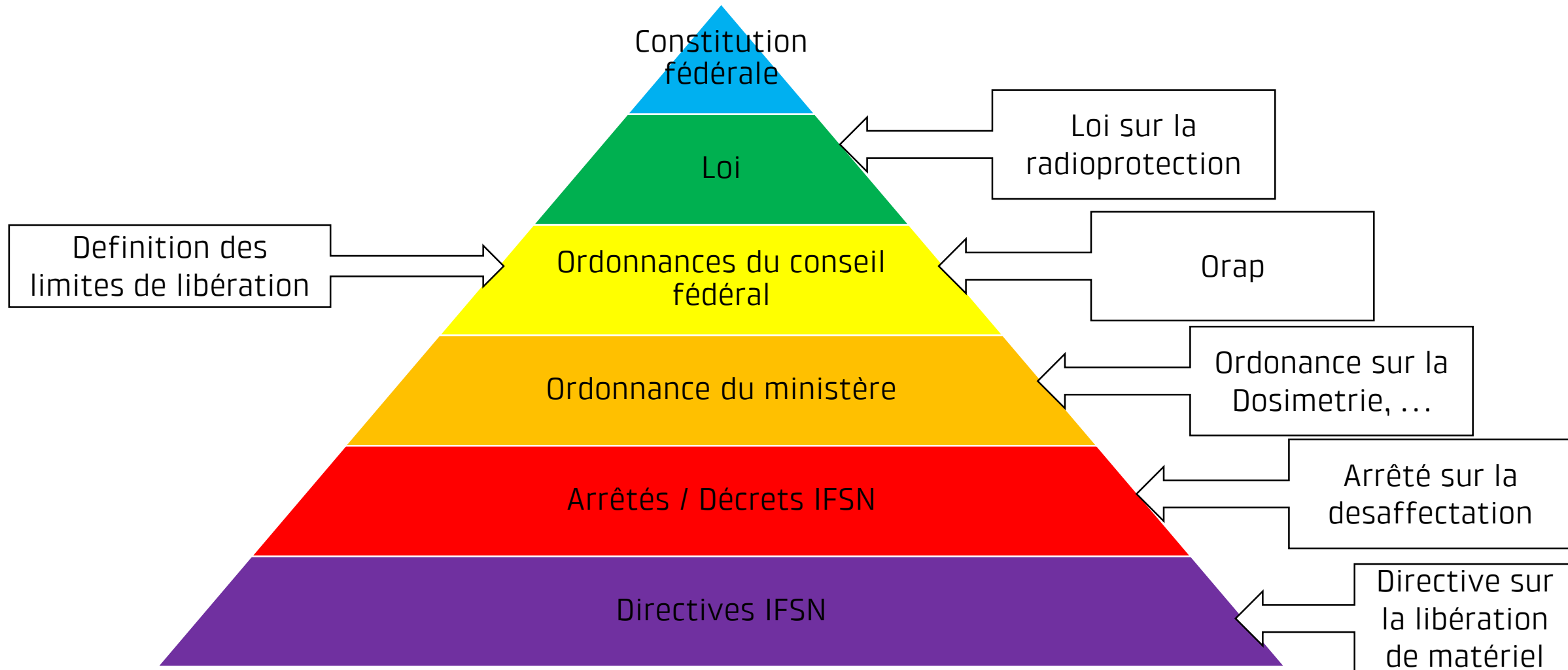
Voies d'élimination des déchets radioactifs



Source OFSP

Cadre Légal du stockage pour décroissance
en vue de la libération de matériel sans
conditions

Cadre légal pour la radioprotection en suisse



Bases Juridiques ORaP

Art 106 Mesures de libération et autres méthodes de libération

Le titulaire de l'autorisation peut libérer la manipulation de matières du régime de l'autorisation et de la surveillance lorsqu'il prouve par une mesure (mesure de libération):

- que le **débit de dose ambiante maximal à 10 cm** de la surface, après déduction du rayonnement naturel, est **inférieur à 0,1 µSv/h**,

Et qu'une des conditions suivantes est remplie:

1. **l'activité spécifique est inférieure à la limite de libération,**
2. l'activité absolue est inférieure à l'activité d'un kg d'une matière dont l'activité spécifique correspond à la limite de libération.

Lorsque des personnes **peuvent être contaminées lors de la manipulation des matières libérées** visées à l'al. 1, il faut de plus s'assurer par une mesure que la valeur directrice pour la **contamination de surface, indiquée à l'annexe 3, colonne 12, est respectée**

Limites de Libération

Strahlenschutzverordnung

814.501

Radionuklid	Halbwertszeit	Zerfallsart/ Strahlung	Beurteilungsgrößen					Befreiungs- grenze LL Bq/g	Bewilligungs- grenze LA Bq	Richtwerte		Instabiles Toch- ternuklid
			e_{inh} Sv/Bq	e_{ing} Sv/Bq	h_{10} (mSv/h)/ GBq in 1 m Abstand	$h_{0,07}$ (mSv/h)/ GBq in 10 cm Abstand	$h_{c,0,07}$ (mSv/h)/ (kBq/cm ²)			CA Bq/m ³	CS Bq/ cm ²	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Co-58	70.86 d	ec, β ⁺ / ph	1.70E-09	7.40E-10	0.147	300	0.3	1.E+00	3.00E+06	5.00E+03	30	
Co-58m	9.04 h	it / ph	1.70E-11	2.40E-11	<0.001	10	<0.1	1.E+04	3.00E+08	5.00E+05	1000	→ Co-58 [6]
Co-60	5.2713 a	β ⁻ / ph	1.70E-08	3.40E-09	0.366	1000	1.1	1.E-01	3.00E+05	5.00E+02	3	
Co-60m	10.467 min	it, β ⁻ / ph	1.20E-12	1.70E-12	0.001	20	<0.1	1.E+03	4.00E+09	7.00E+06	1000	→ Co-60 [6]
Co-61	1.650 h	β ⁻ / ph	7.50E-11	7.40E-11	0.017	1000	1.6	1.E+02 [1]	7.00E+07	1.00E+05	3	
Co-62m	13.91 min	β ⁻ / ph	3.70E-11	4.70E-11	0.436	1000	1.8	1.E+01 [1]	1.00E+08	2.00E+05	3	
Ni-56	6.075 d	ec, β ⁺ / ph	9.60E-10	8.60E-10	0.260	60	0.1	1.E+01	5.00E+06	9.00E+03	100	→ Co-56 [6]
Ni-57	35.60 h	ec, β ⁺ / ph	7.60E-10	8.70E-10	0.278	700	0.8	1.E+01	7.00E+06	1.00E+04	10	→ Co-57
Ni-59	1.01 E5 a	ec, β ⁺ / ph	2.20E-10	6.30E-11	<0.001	10	<0.1	1.E+02	2.00E+07	4.00E+04	1000	
Ni-63	100.1 a	β ⁻	5.20E-10	1.50E-10	<0.001	<1	<0.1	1.E+02	1.00E+07	2.00E+04	1000	
Ni-65	2.51719 h	β ⁻ / ph	1.30E-10	1.80E-10	0.081	1000	1.6	1.E+01 [1]	4.00E+07	6.00E+04	3	
Ni-66 / Cu-66	54.6 h	β ⁻ / ph	1.90E-09	3.00E-09	0.039	2000	2.2	1.E+03 [2]	3.00E+06	4.00E+03	3	
Cu-60	23.7 min	ec, β ⁺ / ph	6.20E-11	7.00E-11	0.596	1000	1.8	1.E+01 [1]	8.00E+07	1.00E+05	3	
Cu-61	3.333 h	ec, β ⁺ / ph	1.20E-10	1.20E-10	0.128	900	1.1	1.E+01 [1]	4.00E+07	7.00E+04	3	
Cu-64	12.700 h	ec, β ⁺ , β ⁻ / ph	1.50E-10	1.20E-10	0.030	900	0.8	1.E+02	3.00E+07	6.00E+04	10	
Cu-67	61.83 h	β ⁻ / ph	5.80E-10	3.40E-10	0.018	1000	1.4	1.E+02	9.00E+06	1.00E+04	3	
Zn-62 / Cu-62	9.186 h	ec, β ⁺ / ph	6.60E-10	9.40E-10	0.319	1000	1.9	1.E+02 [2]	8.00E+06	1.00E+04	3	
Zn-63	38.47 min	ec, β ⁺ / ph	6.10E-11	7.90E-11	0.175	1000	1.6	1.E+01 [1]	8.00E+07	1.00E+05	3	
Zn-65	244.06 d	ec, β ⁺ / ph	2.80E-09	3.90E-09	0.086	40	0.1	1.E-01	2.00E+06	3.00E+03	100	
Zn-69	56.4 min	β ⁻	4.30E-11	3.10E-11	<0.001	1000	1.6	1.E+03	1.00E+08	2.00E+05	3	
Zn-69m	13.76 h	it, β ⁻ / ph	3.30E-10	3.30E-10	0.067	70	0.1	1.E+01 [2]	2.00E+07	3.00E+04	100	→ Zn-69
Zn-71m	3.96 h	β ⁻ / ph	2.40E-10	2.40E-10	0.240	1000	1.7	1.E+01 [1]	2.00E+07	3.00E+04	3	
Zn-72	46.5 h	β ⁻ / ph	1.50E-09	1.40E-09	0.026	900	0.9	1.E+00 [2]	3.00E+06	6.00E+03	10	→ Ga-72 [6]
Ga-65	15.2 min	ec, β ⁺ / ph	2.90E-11	3.70E-11	0.183	1000	1.6	1.E+01 [1]	2.00E+08	3.00E+05	3	→ Zn-65
Ga-66	9.49 h	ec, β ⁺ / ph	7.10E-10	1.20E-09	0.877	600	1.1	1.E+01	7.00E+06	1.00E+04	3	
Ga-67	3.2612 d	ec / ph	2.80E-10	1.90E-10	0.025	30	0.3	1.E+02	2.00E+07	3.00E+04	30	
Ga-68	67.71 min	ec, β ⁺ / ph	8.10E-11	1.00E-10	0.149	1000	1.5	1.E+01 [1]	6.00E+07	1.00E+05	3	

Bases Juridiques ORaP

Art 117 Stockage pour décroissance

Les déchets radioactifs dont l'activité, du fait de leur décroissance radioactive, atteindra au plus tard **30 ans** après la fin de l'utilisation de la matière d'origine un niveau permettant leur libération conformément à l'art. 106 ou leur valorisation selon l'art. 115 doivent être entreposés jusqu'à cette date, si **aucune solution alternative globalement plus avantageuse pour l'être humain et l'environnement n'est disponible**. Ils doivent être séparés de ceux qui ne remplissent pas cette condition.

Durant leur décroissance, les déchets visés aux al. 1 et 2 doivent être:

- a. emballés et entreposés de manière à empêcher le rejet incontrôlé de substances radioactives et à minimiser le risque d'incendie;
- b. marqués et assortis d'une **documentation** indiquant leur type, leur teneur en radioactivité et **la date envisagée pour leur libération**.

Avant la libération, il faut s'assurer que les exigences fixées à l'art. 106, 112 ou 115 sont remplies.

Problématique du vecteur de nucléide en
vue du stockage pour décroissance

Méthodes de calcul des vecteurs isotopiques

Englobant

Conservatif,
Calcul relativement simple,
Pas de calcul d'incertitude,
Nombre d'échantillon relativement faible, nombre de vecteur isotopique faible

Non représentatif, Surestimation de l'activité, production d'activité fictive

Exemple de calcul d'un vecteur englobant

Nuklid	CS	LL	Probe 181	Probe 182	Probe 302	abdeckend	Gewichtet LL	Normiert LL	Gewichtet CS	Normiert CS	10%-Klausel	Verkürzt
Mn-54	100	0.1	1.1%	2.8%	0.0%	2.8%	28.2%	2.8%	0.0%	0.1%		
Co-58	30	1	0.7%	0.7%	0.0%	0.7%	0.7%	0.1%	0.0%	0.1%		
Co-60	3	0.1	86.1%	95.7%	45.1%	29.4%	294.4%	29.6%	9.8%	34.7%	29.4%	30.5%
Zn-65	100	0.1	12.1%	0.8%	0.0%	12.1%	120.9%	12.2%	0.1%	0.4%	12.1%	12.5%
Cs-137	3	0.1	0.0%	0.0%	54.9%	54.9%	549.2%	55.3%	18.3%	64.7%	54.9%	56.9%
summe			100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	993.5%	100.0%	28.3%	100.0%	96.5%	100.0%

Etapas de calcul:

1. Détermination de la proportion des nucléides en présence pour chaque échantillon
2. Calcul du vecteur englobant (abdeckend) → Maximum pour chaque nucléide et réduction de la proportion du nucléide dominant
3. Pondérer et normer le vecteur en fonction des seuils de libération (CS et LL)
4. Application du critère réducteur de 10%
5. Normer le vecteur sur les nucléides restants

Données clés de la caractérisation à la CNM

**Plus de 300 lieux
d'échantillonnage**

**Environ 50 systèmes
échantillonnés**

**18 vecteurs
isotopiques**

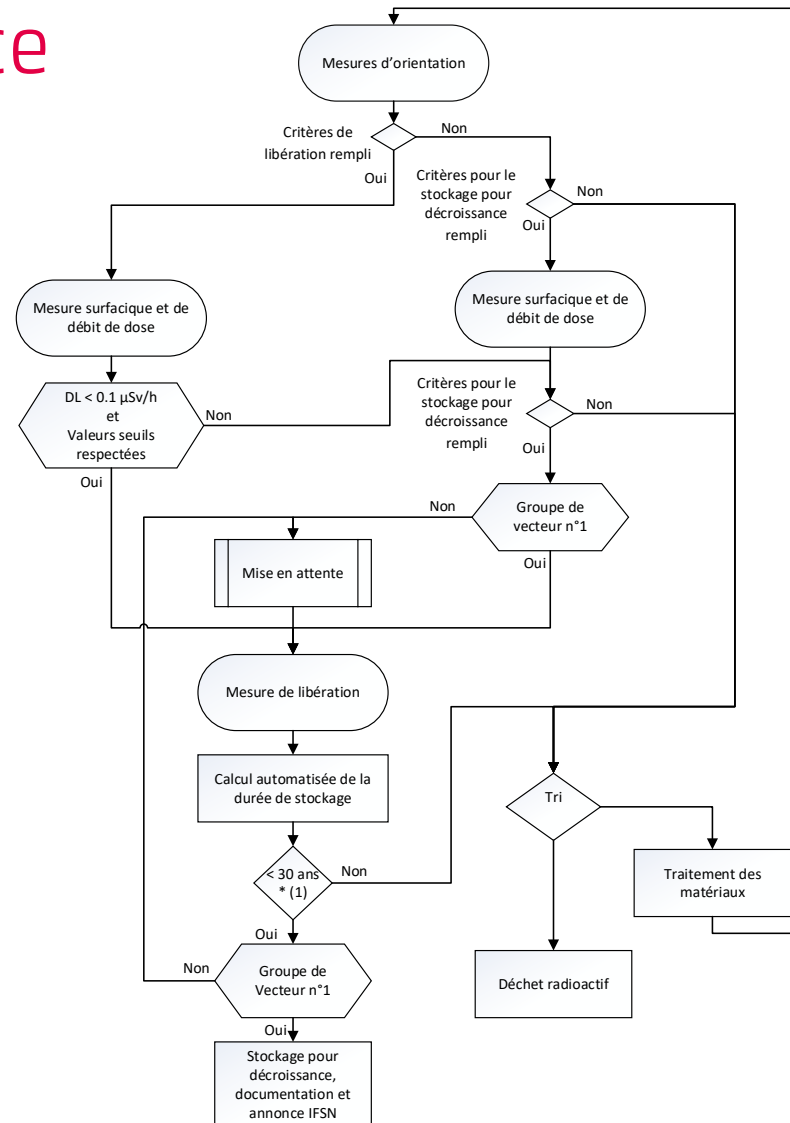
NV	Nuklid Anteil [%]											Summe [%]
	Cr-51	Mn-54	Co-58	Fe-59	Co-60	Zn-65	Sr-90	Ag-110m	Sb-124	Sb-125	Cs-137	
A_3.1					100							100
B_3.3		42			58							100
C_3.2		62			38							100
D_3.3		45			40						15	100
E_3.1											100	100
F-1_3.3		26			38	12				15	9	100
F-2_3.3		68			18	13			1			100
F-3_3.3					47	53						100
F-4_3.4		35			32	33						100
F-5_3.4		21			79							100
F-6_3.3		43			48	9						100
F-7_3.2					1	68		5		17	9	100
G_3.3		31			32	19					18	100
H_3.1							19				81	100
J_3.2		67			3	20					10	100
L_3.3		7			4	50				24	15	100
N_3.2		100										100
P_3.2					90						10	100

Création de groupe de vecteurs isotopiques

Numero de groupe de vecteur isotopique	Vecteur isotopique	Mesure possible à partir de
1	A, E, H, et P	-
2	F-5	15.08.2022
3	N	03.01.2022
4	B, F-1 et F-3	26.11.2023
5	F-6, F-7, G, L et D	07.10.2024
6	C, F-4	14.04.2025
7	F-2, J	31.08.2026

Processus de mesure en vue du stockage
pour décroissance

Processus de mesure des matériaux pour le stockage pour décroissance



* 30 ans après la fin d'utilisation du matériaux d'origine

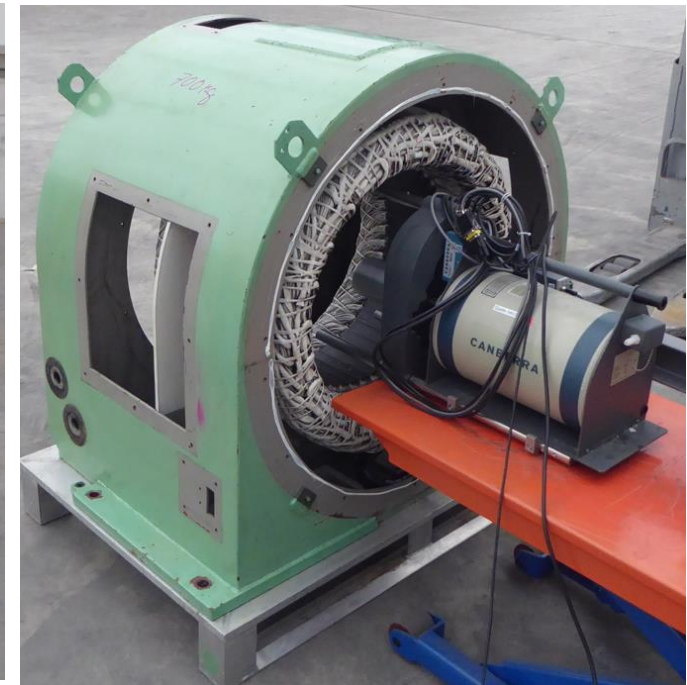
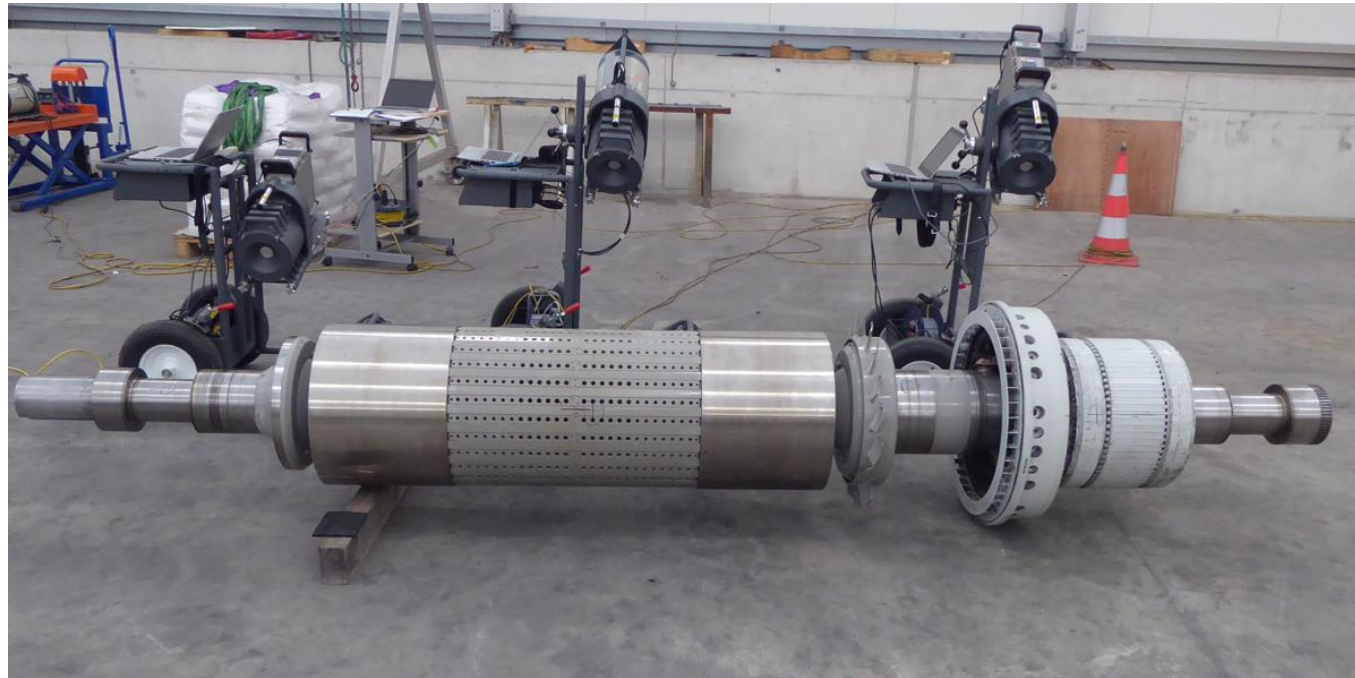
Appareil de mesure utilisés pour la décision de libération ou le stockage pour décroissance



Armoire de libération



Exemples de mesures In-Situ





Questions?

Merci pour votre attention

Sylvain Pelloux
Sylvain.pelloux@bkw.ch
www.bkw.ch

Merci à
Monsieur **R. Handke**
Monsieur **H. Froschhauser**

Chef du groupe de libération de Matériel
Spécialiste des mesures In-Situ

