



Edito

Le CEA Cadarache a le plaisir de vous adresser sa nouvelle lettre de l'environnement. Elle présente le bilan des actions menées au cours de l'année 2021 et répond également à la volonté de transparence du CEA quant à l'impact de ses activités sur l'environnement.

Cette lettre vous sera proposée avec une fréquence de parution annuelle, correspondant à la disponibilité des résultats d'analyses et de différents indicateurs. Elle intègre les contrôles continus que réalisent nos équipes de techniciens (environ 5000 prélèvements par an dans l'environnement), et illustre notre volonté d'entretenir des relations de confiance avec les populations environnantes.

Plusieurs actions en faveur de la rénovation énergétique sont menées actuellement par le CEA pour optimiser la consommation d'énergie sur le centre de Cadarache. Elles font partie de projets qui ont été sélectionnés dans le cadre du Plan France Relance, représentant un investissement de l'Etat de plusieurs milliards d'euros. Le centre CEA de Cadarache bénéficiera de cet investissement exceptionnel au travers de quatre projets, pour un total estimé à 1,7 millions d'euros. Ces projets concernent la rénovation énergétique de deux bâtiments, le

remplacement d'un chauffage au fioul par une chaudière biomasse et le remplacement de calorifugeage sur 2 km du réseau d'eau surchauffée du Centre.

En outre, grâce au contrat d'exploitation-maintenance du chauffage mis en œuvre, le centre CEA de Cadarache a atteint une baisse de 24 % de ses consommations au cours de ces 3 dernières années. L'aménagement de l'unité de cogénération (production électrique et réutilisation de la chaleur émise) a permis de produire 47 % des besoins du site pour la saison de chauffage 2021.

Parmi ses activités de Recherche et Développement, le centre CEA de Cadarache conduit un programme d'assainissement et de démantèlement pour plusieurs des installations nucléaires de base (INB) du site. Chacune des demandes de démantèlement fera l'objet d'une évaluation environnementale : étude d'impact, avis de l'Autorité Environnementale et enquête publique.

Au même titre que la sécurité et la sûreté, l'impact environnemental des activités reste au cœur de nos préoccupations.

Jacques Vayron
Directeur du CEA Cadarache



PRÉSENTATION DU SITE ET DES ACTIVITÉS

Le centre CEA de Cadarache est l'un des plus importants centres de Recherche et Développement (R&D) technologiques pour l'énergie en Europe. C'est l'un des principaux bassins d'emplois de la région PACA. Ses activités sont réparties autour de plusieurs plates-formes de R&D technologiques essentiellement axées sur l'énergie nucléaire (fission et fusion), les nouvelles technologies pour l'énergie (solaire, biomasse, hydrogène) et les études sur l'écophysiologie végétale et la microbiologie.

Le CEA de Cadarache, a choisi depuis de nombreuses années de s'orienter vers une démarche volontaire de certification selon les référentiels normatifs ISO 9001 (qualité) et ISO 14001 (environnement).

Créée en 2020 en remplacement de la DEN, la Direction des Energies (DES) poursuit cette démarche en définissant sa politique en qualité, santé, sécurité, sûreté, environnement et met en œuvre un Système de Management Qualité Sécurité Environnement (SMQSE) selon ces référentiels. La DES est certifiée ISO 9001 et 14001 par AFNOR certification, ce qui marque la reconnaissance par cet organisme indépendant de la conformité du système de management intégré de la DES vis-à-vis de ces référentiels internationaux.

La politique du Centre en matière de gestion environnementale s'articule autour des objectifs suivants :

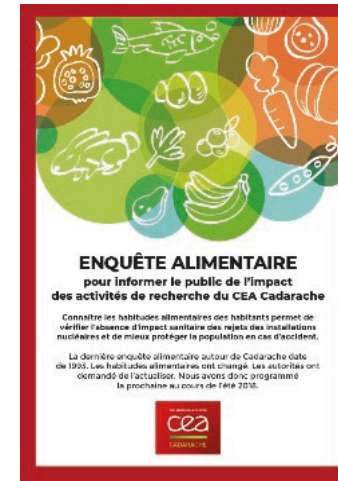
- Limiter l'impact sur les ressources naturelles par la maîtrise des consommations ;
- Limiter l'impact sur l'environnement par la maîtrise des rejets liquides et gazeux ;
- Maintenir et renforcer la culture Qualité-Sécurité-Environnement sur le site.

FAITS MARQUANTS

Enquête alimentaire réalisée autour du site de Cadarache

Jusqu'en 2020, le CEA Cadarache utilisait, pour les calculs d'impact réalisés dans le cadre des études de sûreté des installations situées sur le centre (impact sanitaire et dosimétrique des rejets), des rations alimentaires moyennées pour la population de la région Provence-Alpes-Côte d'Azur issues d'enquêtes nationales (base de données CIBLEX coéditée en 2003 par l'ADEME et l'IRSN). Pour préciser les paramètres d'une étude d'impact pour un site donné, ce sont les comportements des personnes potentiellement les plus exposées qui sont recherchés. C'est pourquoi il s'est avéré nécessaire de mettre à jour la ration alimentaire utilisée pour les calculs d'impact du CEA Cadarache, sur la base de données représentatives du site d'étude.

L'étude a consisté en la réalisation d'une enquête alimentaire qui s'est déroulée à l'été 2018 (entre juillet et août), avec pour objectif de connaître les habitudes alimentaires des habitants situés dans un périmètre



autour du Centre de Cadarache regroupant les communes sur une dizaine de kilomètres, ainsi que les 2 villes les plus proches, Manosque et Pertuis. L'enquête a été menée sur le terrain par le bureau d'étude BEGEAT (115 foyers répartis sur 12 communes). Chaque participant avait notamment pour charge de compléter un questionnaire alimentaire sur une durée de 7 jours.

Le travail du Laboratoire de Modélisation des Transferts dans l'Environnement (LMTE) a ensuite consisté à analyser ces données en vue d'établir les quantités moyennes

d'aliments ou groupes d'aliments consommés par les populations locales et de déterminer la part de production et consommation locale (autoconsommation). En comparant avec l'ancienne ration alimentaire, on obtient des consommations moyennes annuelles supérieures en légumes feuilles, légumes fruits, fruits, œufs, et viande, et des consommations inférieures en légumes racines, produits laitiers, eau et poisson. Une étude complémentaire a permis d'estimer les conséquences de l'application de cette nouvelle ration en termes d'impact sanitaire et dosimétrique pour les groupes de référence du centre de Cadarache.

A l'issue de cette phase d'analyse, une nouvelle ration alimentaire représentative des groupes de population et du groupe de référence retenus pour les calculs d'impact de Cadarache a été établie. Elle est utilisée dans les calculs opérationnels réalisés par le LMTE depuis janvier 2021.

SURVEILLANCE DE L'ENVIRONNEMENT

Le CEA Cadarache met en œuvre un plan de surveillance radiologique de l'environnement, qui a pour objectif de vérifier que les rejets des installations du centre n'ont pas d'impact négatif sur l'environnement. Cette surveillance porte sur le milieu atmosphérique, le milieu aquatique et le milieu terrestre.

Ainsi, environ 5 000 échantillons par an sont prélevés à diverses fréquences (quotidienne, hebdomadaire, mensuelle, trimestrielle, semestrielle voire annuelle), dans différents compartiments : air, eau de surface et souterraine, sédiments, sols, végétaux, produits de consommation, etc....

Plus de 10 000 résultats d'analyses sont générés tous les ans, réalisées par un laboratoire du CEA qualifié, agréé par l'ASN qui vérifie la qualité de ses résultats au travers d'inspections, d'essais inter-laboratoires, de contrôles croisés et du respect de la norme NF ISO 17025 (accréditation COFRAC).

Cette surveillance démontre qu'aucune pollution ajoutée par les activités du CEA Cadarache n'est détectable dans l'environnement.

La commune de Cucuron, qui est située à une trentaine de kilomètres au nord-nord-ouest de Cadarache, est considérée, en raison de sa situation géographique, comme hors de l'influence radiologique du centre. Elle sert de référence pour le niveau de la radioactivité « naturelle » de la région proche de Cadarache.



Points de prélèvement



Stations fixes



Milieu atmosphérique



Milieu aquatique



Milieu terrestre

Pour aller plus loin : les données de la surveillance radiologique réalisée à l'extérieur du site de Cadarache sont consultables sur le site internet du Réseau National de Mesures (RNM) de la radioactivité dans l'environnement : www.mesure-radioactivite.fr/

PRÉLÈVEMENTS ET CONSOMMATIONS D'EAU

Le prélèvement d'eau brute dans le milieu naturel (canal de Jouques ou barrage EDF) ainsi que les volumes consommés sont réglementés. Cette eau brute est utilisée pour la production d'eau potable qui est distribuée à l'ensemble des installations du centre pour tous les besoins, à l'exception des besoins en eau de refroidissement de l'INB 172 - RJH, qui dispose d'une alimentation en eau spécifique complémentaire dont l'origine est le canal de Provence.

La quantité d'eau prélevée dans le milieu naturel au niveau des prises d'eau autorisées s'élève à 335 055 m³ en 2021, soit 8 % de la valeur limite de prélèvement.

✓ La quantité d'eau totale prélevée est équivalente à celle consommée par une ville d'environ 6 400 habitants comme Oraison

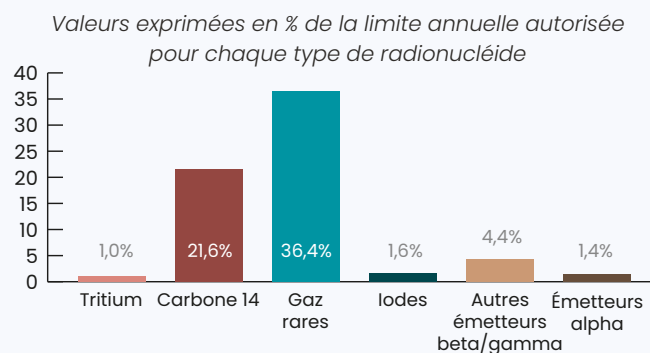


LES REJETS DU CENTRE

Le centre de Cadarache dispose d'autorisations de rejets d'effluents gazeux et liquides (radiologiques et chimiques). Les installations sont conçues et exploitées pour que les rejets finaux dans l'environnement, après mise en œuvre de dispositifs (filtration, traitement, etc.), soient les plus faibles possibles. Ils sont contrôlés puis rejetés dans l'environnement, dans le respect des limites réglementaires fixées par l'Autorité de Sécurité Nucléaire (ASN) ou le Préfet de manière à ce que l'impact des rejets sur l'environnement soit négligeable et sans effet sur la santé publique.

✓ Rejets des effluents gazeux par les installations du CEA Cadarache

Les rejets d'effluents gazeux radiologiques concernent les installations dans lesquelles sont mises en œuvre des substances radioactives, principalement les Installations Nucléaires de Base (INB).

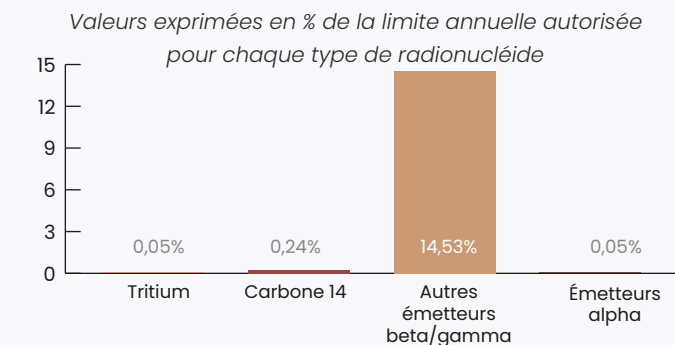


✓ Cela signifie que, pour les gaz rares par exemple, le CEA Cadarache a émis en 2021 environ un tiers de ce qu'il était autorisé à rejeter.

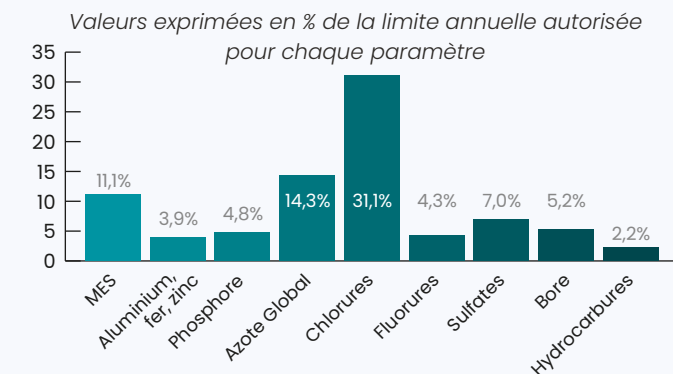
Peu d'installations du Centre de Cadarache sont à l'origine de rejets chimiques gazeux pour lesquels des limites de rejets sont fixées par la réglementation. Des campagnes de mesure sont réalisées périodiquement. Les résultats des campagnes menées en 2021 sont tous inférieurs aux limites de rejet.

✓ Rejets des effluents liquides par les installations du CEA Cadarache

Les effluents liquides sanitaires et industriels sont collectés et traités respectivement dans les stations d'épuration des effluents sanitaires et industriels du centre avant d'être rejetés en Durance.



Des contrôles journaliers sont effectués sur une vingtaine de paramètres chimiques pour lesquels des limites de rejets sont fixées par la réglementation.



IMPACT SANITAIRE RADIOLOGIQUE ET CHIMIQUE DES REJETS DU CENTRE

L'impact sanitaire des émissions radioactives du CEA de Cadarache par voie atmosphérique et liquide est négligeable par rapport à l'impact de la radioactivité naturelle sur les populations des communes avoisinantes.

Vis-à-vis des rejets chimiques, gazeux ou liquides du Centre, l'impact sanitaire est négligeable sur les populations et ne génère pas de risques particuliers.



SUIVI DE LA QUALITÉ DE L'EAU

Les rejets dans l'environnement font l'objet d'une surveillance chimique. Trois sites de prélèvement sont situés au niveau de la Durance : stations amont et aval du point de rejet et point de prélèvement au niveau de l'émissaire de la canalisation de rejet. Des analyses physico-chimiques sont réalisées sur de nombreux paramètres.

L'évaluation de la qualité écologique globale du milieu récepteur (La Durance) est réalisée à partir d'indices biologiques et de l'analyse de micropolluants métalliques dans les végétaux et de paramètres physico-chimiques dans les sédiments.

■ Évaluation de la qualité biologique de la Durance (IBG-DCE et IBD)

Indice biologique	Station amont du point de rejet	Station aval du point de rejet
Composition des peuplements de macro-invertébrés	Bon	Bon
Peuplements de diatomées	Très bon	Très bon

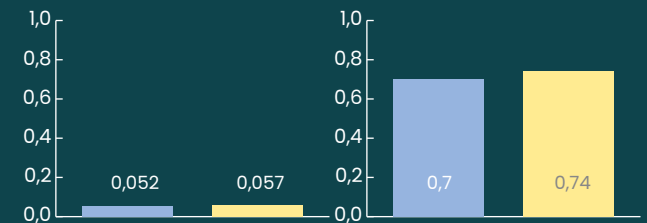
L'ensemble des résultats d'analyses montrent que le rejet des effluents liquides du centre de Cadarache ne présente aucun impact négatif sur le milieu naturel et démontrent une bonne qualité du milieu récepteur (La Durance).

SUIVI DE LA QUALITÉ DE L'AIR

La surveillance atmosphérique s'effectue à partir de plusieurs stations fixes équipées de capteurs mesurant en continu la radioactivité de l'air et de capteurs permettant de déterminer à tout moment les conditions de dispersion des rejets d'effluents atmosphériques dans l'atmosphère et le débit de dose au point de mesure. Ces stations sont implantées à l'intérieur du périmètre clôturé du Centre de Cadarache et à l'extérieur. Les aérosols, les iodes, le tritium, le carbone 14, les gaz et les retombées atmosphériques humides font l'objet de cette surveillance.

Emetteurs alpha en mBq/m³ en moyenne annuelle de différents points de mesures

Emetteurs beta en mBq/m³ en moyenne annuelle de différents points de mesures



Activités alpha et bêta des poussières atmosphériques

■ Saint-Paul-Lez-Durance ■ Ginasservis

Les mesures effectuées dans les laboratoires d'analyses donnent des valeurs généralement inférieures à 1 mBq/m³, provenant de la radioactivité naturelle.

SUIVI DE LA CHAÎNE ALIMENTAIRE

Afin d'évaluer l'impact potentiel des rejets radioactifs du CEA Cadarache sur les produits de consommation, la surveillance de la radioactivité de la chaîne alimentaire des populations avoisinantes est pratiquée en analysant notamment :

- Du lait de chèvre à proximité de Vinon sur Verdon ;
- Des fruits et légumes, selon la saison et leur disponibilité, dans des communes situées autour du Centre : Saint-Paul-Lez-Durance, Vinon-sur-Verdon, Ginasservis, Peyrolles-en-Provence... :
 - o Légume racine (carottes, pommes de terre, oignons) ;
 - o Légume feuille (salades, épinards, blettes) ;
 - o Légume fruit (tomates, courgettes, aubergines, pommes).
- Du thym (végétal indicateur), en 4 points dont deux extérieurs au CEA : Ginasservis, Saint-Paul-lez-Durance.

Un prélèvement annuel de poissons de la Durance est également effectué et ne révèle aucune activité anormale.



■ Activité mesurée sur le lait de chèvre

Potassium 40 (Bq/L)	63
Carbone 14 (Bq/kg C)	228

Les mesures en césium-137, iode-131, tritium et strontium-90 sont inférieures aux seuils de décision.

- ✓ Il faudrait qu'un adulte consomme chaque jour pendant 1 an 7 L de lait pour atteindre la limite annuelle d'exposition de 1 mSv.

■ Activité mesurée sur les légumes, proche du centre CEA de Cadarache

	Légumes - feuilles	Légumes - fruits	Légumes - racines
Potassium 40 (Bq/kg)	102	68	68
Carbone 14 (Bq/kg C)	202	200	224
Uranium 234 (Bq/kg)	0,007	0,0025	0,0059
Uranium 238 (Bq/kg)	0,0064	0,0022	0,0056

- ✓ Il faudrait qu'un adulte consomme chaque jour pendant 1 an 6 kg de tomates ou de pommes de terre, ou 4 kg de salade pour atteindre la limite annuelle d'exposition de 1 mSv.



■ Activité mesurée sur le thym

	Saint-Paul-Lez-Durance	Ginasservis
Potassium 40 (Bq/kg)	205	201
Carbone 14 (Bq/kg C)	200	194
Uranium 234 (Bq/kg)	0,17	0,2
Uranium 235 (Bq/kg)	< Seuil de Décision	0,013
Uranium 238 (Bq/kg)	0,19	0,21

- ✓ Il faudrait qu'un adulte consomme chaque jour pendant 1 an 2 kg de thym pour atteindre la limite annuelle d'exposition de 1 mSv.

Les mesures réalisées n'ont mis en évidence aucune valeur anormale. Les activités mesurées sur les échantillons sont du même ordre de grandeur que celles de la région, et cohérentes avec celles mesurées par l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN) hors influence des installations nucléaires. Les radioéléments mesurés tels que le potassium 40, le carbone 14 et les isotopes de l'uranium sont des radioéléments naturellement présents dans l'environnement.

QUELQUES INDICATEURS ENVIRONNEMENTAUX :

Le CEA de Cadarache est engagé dans une démarche de maîtrise environnementale qui inclut le suivi de plusieurs indicateurs spécifiques, liés en particulier à la consommation énergétique et au recyclage des déchets.



■ Consommations d'énergie et de matières premières

Le confinement et le recours au télétravail permanent sur quelques mois sont à l'origine de consommations d'énergie et d'émissions de CO₂ plus faibles pour l'année 2020.

	2020	2021	Variation en %
Électricité (GWh)	99	111	+ 12,12%
Gaz chauffage (MWh PCI)	18 434	26 613	+ 44,37%
Carburants à la pompe (L)	122 966	132 525	+ 7,77%
Eau (m3)	315 649	335 055	+ 6,15%

■ Emissions de CO₂ de la chaufferie centrale

	2020	2021	Variation 2020 / 2021, en %
Émissions de CO ₂ (tonnes)	3 784	5 409	+ 43%

✓ A titre de comparaison, un Français émet en moyenne 12 tonnes équivalent CO₂ par an. En 2021, les émissions de CO₂ de la chaufferie sont donc équivalentes aux émissions moyennes de 450 Français.

■ Déchets conventionnels

	Tonnage	Valorisation matière	Valorisation énergétique	Valorisation biologique	Non valorisés
Déchets dangereux	402	14%	9%	-	77%
Déchets non dangereux	1 692	35%	-	45%	20%
Déchets inertes	2 028	100%	-	-	-

Afin d'optimiser la valorisation des déchets produits sur le site, plusieurs nouvelles filières de tri ont été ouvertes en 2021.

SIGLES

- ASN** Autorité de Sûreté Nucléaire
- DCE** Directive Cadre de l'Eau
- IBG** Indice Biologique Global
- IBD** Indice Biologique Diatomées
- INB** Installation Nucléaire de Base
- R&D** Recherche et Développement
- RJH** Réacteur Jules Horowitz
- RNM** Réseau National de Mesures

QUELQUES DÉFINITIONS

Unités de mesures de la radioactivité

► BECQUEREL (Bq)

Un échantillon radioactif se caractérise par son activité qui est le nombre de désintégrations de noyaux radioactifs par seconde qui se produisent en son sein. L'unité d'activité est le Becquerel. Cette unité est très petite. Ceci conduit à utiliser souvent ses multiples et à parler en kilobecquerel, méga, giga, ou térabecquerel.

► GRAY (Gy)

Cette unité permet de mesurer la quantité de rayonnements absorbée par un organisme ou un objet exposé aux rayonnements. Cette « dose absorbée », rapportée à l'unité de masse, est exprimée en gray.

► SIEVERT (Sv)

Unité utilisée pour évaluer l'impact de la radioactivité sur l'homme. Le sievert mesure ce qu'on appelle « l'équivalent de dose efficace ». Il tient compte des effets biologiques des différents types de rayonnement.

☐ Activité

Elle est exprimée en Becquerel (Bq), et correspond au nombre de désintégrations par seconde au sein d'un radionucléide ou d'un mélange de radionucléides.

☐ Aérosols

Poussières en suspension dans l'air.

☐ Atomes

Les planètes, l'air, l'eau, les pierres, les êtres vivants... tous les corps de la nature sont constitués d'atomes ou d'assemblage d'atomes (molécules). L'atome est composé d'un noyau central, formé de protons et de neutrons. Autour de ce noyau central, gravitent des électrons.

☐ Bryophyte

Plante ne possédant pas de véritable système vasculaire (absence de racines et de vaisseaux). Les bryophytes, et plus particulièrement les mousses, se nourrissent des nutriments trouvés dans leur milieu (air, eau). De ce fait, elles sont considérées comme des bio-accumulateurs, et des marqueurs de pollutions (métaux lourds, radionucléides).

☐ Diatomées

Algues brunes microscopiques. Les diatomées présentes dans un cours d'eau expriment à travers leurs abondances spécifiques (nombre d'individus par espèce) un état biologique de la station d'étude considérée.

☐ Dose efficace

Elle traduit l'effet des rayonnements sur l'individu. Elle s'exprime en sievert (Sv).

☐ Effluent

Déchets produits sous forme gazeuse ou liquide.

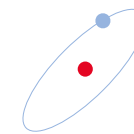
☐ Isotopes

Atomes d'un même élément chimique mais ayant un nombre de neutrons différent.

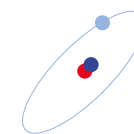
☐ Radioactivité

Dans la nature, la plupart des atomes sont stables, c'est-à-dire qu'ils restent identiques au cours du temps. Cependant, certains atomes sont instables parce qu'ils possèdent soit un excès d'énergie, soit trop de protons, soit trop de neutrons ou encore un excès des deux. Ces atomes instables, sont dits radioactifs et sont appelés radio-isotopes ou radionucléides. Ces atomes radioactifs se transforment spontanément en d'autres atomes, radioactifs ou non, en expulsant de l'énergie sous forme de rayonnements et/ou de particules alpha (noyaux d'hélium). C'est le phénomène de radioactivité.

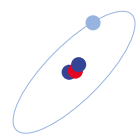
Exemple : le deutérium et le tritium sont deux isotopes de l'hydrogène.



Hydrogène
1 proton
1 électron



Deutérium
1 proton + 1 neutron
1 électron



Tritium
1 proton + 2 neutrons
1 électron

☐ Radioélément

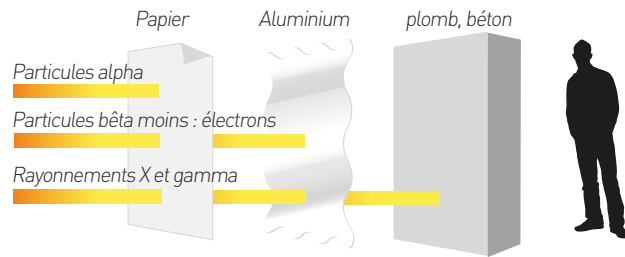
Élément dont tous les isotopes sont radioactifs.

☐ Radionucléide

Isotope radioactif, appelé aussi parfois radio-isotope, d'un élément.

☐ Rayonnement

Les éléments radioactifs présents dans notre environnement émettent des rayonnements alpha, bêta et/ou gamma. Une simple feuille de papier arrête les rayonnements alpha ; une feuille d'aluminium de quelques millimètres d'épaisseur stoppe les bêta ; une forte épaisseur de plomb ou de béton permet de se protéger des gamma.



☐ Seuil de décision

Le seuil de décision (SD) est défini comme la valeur significative minimale d'une activité.

Dans le cas de la recherche de très faibles activités, la mesure d'un échantillon peut donner un résultat très proche de celui obtenu lors de la détermination du bruit de fond de l'installation de mesure (c'est-à-dire du signal détecté en l'absence du radionucléide recherché). Le seuil de décision correspond à une valeur de comptage, pour laquelle on estime que, compte-tenu des fluctuations statistiques du bruit de fond, on peut affirmer avec une probabilité suffisamment élevée de ne pas se tromper, qu'un comptage supérieur à cette valeur SD révèle effectivement la présence de radioactivité dans l'échantillon mesuré.

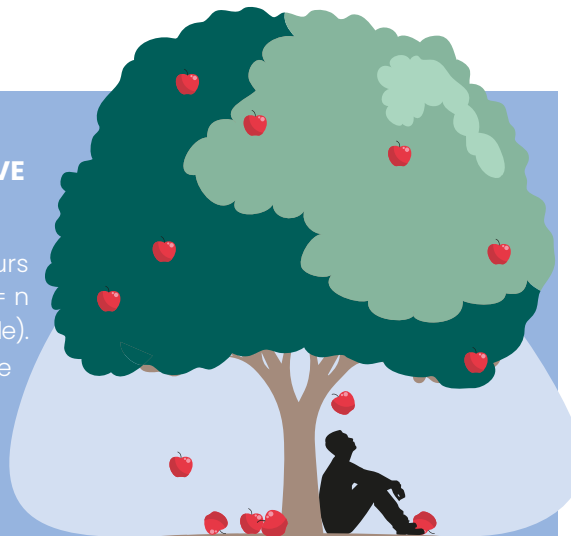
Une valeur est ainsi dite non significative lorsqu'elle est inférieure au seuil de décision.

☐ Tritium

Gaz radioactif, isotope de l'hydrogène.

SI L'ON DEVAIT COMPARER UNE SOURCE RADIOACTIVE À UN POMMIER

- ▶ **Le nombre de pommes qui tombent de l'arbre** au cours du temps peut se comparer à l'activité (n becquerels = n désintégrations/seconde c'est-à-dire n pommes par seconde).
- ▶ **Le nombre de pommes reçues** par le personnage illustre le gray (dose absorbée).
- ▶ **Les marques laissées** sur le corps du personnage traduisent l'équivalent de dose efficace, en sievert (effet produit).



Echelle des expositions

