

BILAN

environnemental

JUIN 2020 - N°25

2019

CENTRE CEA PARIS-SACLAY
SITE DE SACLAY
www-centre-saclay.cea.fr





LA SURVEILLANCE ENVIRONNEMENTALE

La surveillance de l'environnement du site et des abords du CEA Saclay est considérée au même titre que la protection des personnes comme une priorité majeure.

Ainsi, l'établissement procède en permanence à des mesures de radioactivité adaptées à la nature de ses activités et aux spécificités locales de son environnement. Cette surveillance s'exerce selon un programme réglementé et contrôlé. La protection de l'environnement s'appuie sur une démarche globale de maîtrise pour assurer une veille permanente des niveaux de radioactivité et de certains paramètres physico-chimiques dans les différents milieux tels que l'air, les eaux de surface et souterraines, la chaîne alimentaire..., avec lesquels les populations riveraines sont en contact.

Le plan de surveillance de l'environnement intègre les obligations réglementaires mentionnées précédemment mais prend également en compte la politique environnementale volontariste du Centre avec pour objectif majeur le maintien d'un niveau d'impact non significatif. Son élaboration repose sur une connaissance précise des procédés mis en œuvre dans les installations, des mécanismes de transfert, du milieu environnant ainsi que des modes de vie des populations locales. Il faut par ailleurs souligner que le site de Saclay est certifié ISO 14001 pour l'ensemble de ses installations et de ses activités du site.

Les lieux et fréquence des prélèvements



Eaux de surface
continus, hebdomadaires
et mensuels



Eaux de pluie
hebdomadaires
et mensuels



Fruits et légumes
mensuels



Lait
mensuels



Eaux souterraines
mensuels à annuels



Air
continus



Herbes
mensuels



Les autorisations

Trois décisions de l'autorité de sûreté nucléaire (ASN) de 2009 et deux arrêtés préfectoraux de 2009 et 2011 réglementent les limites mensuelles et annuelles autorisées pour les rejets d'effluents liquides et gazeux de chaque installation ainsi que les exigences en termes de surveillance de l'environnement. Les deux tableaux suivants indiquent les autorisations de rejets sommées pour l'ensemble des installations du site.

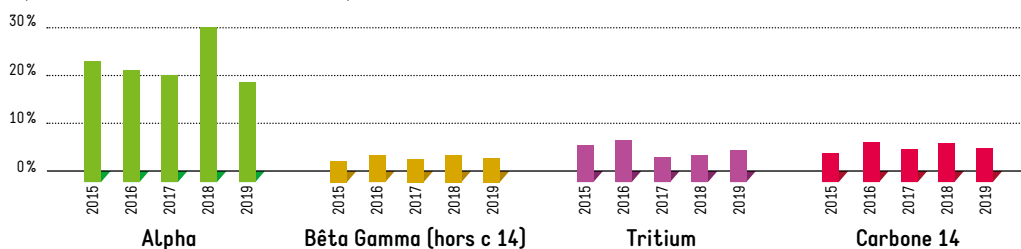
Rejets liquides	Autorisation annuelle de rejet en gigabecquerels (GBq)*
Émetteurs Alpha	0,2
Tritium	250
Carbone 14	2,0
Autres émetteurs	
Bêta Gamma	0,5

* voir page 15, tableau des unités

Rejets gazeux	Autorisation annuelle de rejet en gigabecquerels (GBq)*
Gaz autres que tritium	85 100 (et 1000 Cis bio international)
Tritium	81 700
Carbone 14	2 030
Iodes	0,79 (et 0,60 Cis bio international)
Autres émetteurs	
Bêta Gamma	0,26 (et 0,06 Cis bio international)

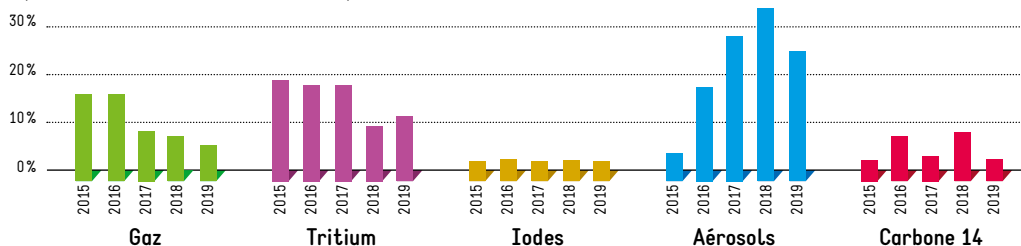
Rejets des effluents liquides par les installations du site de Saclay

exprimés en % des autorisations de l'arrêté préfectoral n°2009.PREF.DCI 2/BE 0172



Rejets des effluents gazeux par les installations du site de Saclay

exprimés en % des autorisations de l'arrêté préfectoral n°2009.PREF.DCI 2/BE 0172 et de la décision ASN n°2009-DC-155





L'AIR

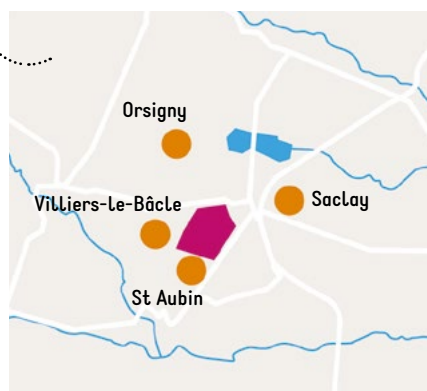
Une qualité de l'air surveillée...

- **en continu** par une détection en temps réel des paramètres mesurés. Les contrôles sont effectués au plus près des sources de rejets, c'est-à-dire en sortie des émissaires des installations (cheminées des bâtiments).

Avant d'être rejetés dans l'environnement, les effluents gazeux des installations sont filtrés par des dispositifs appropriés dont l'efficacité est contrôlée périodiquement. Il s'agit de filtres de très haute efficacité dits filtres THE pour les poussières et de pièges à charbon actif pour les halogènes. Il n'existe aucun dispositif capable d'absorber les gaz rares chimiquement inertes ou le tritium.

À l'extérieur du centre, quatre stations de l'environnement suivent de façon permanente la qualité radiologique des aérosols et des gaz de l'air ambiant. Dans chaque station, près de 60 m³ d'air par heure sont aspirés et traversent un filtre qui retient les

4 stations de prélèvement



poussières ou les aérosols pour analyses. Les gaz non piégés par les filtres sont mesurés dans des chambres d'ionisation grand volume.

- **en différé** par des mesures plus sensibles effectuées en laboratoire sur des échantillons représentatifs prélevés en continu.

En sortie d'émissaire, les activités du carbone 14 et des halogènes représentent respectivement 3 % et moins de 1 % des autorisations de rejets, celles des gaz rares, du tritium et des aérosols représentent respectivement 5 %, 11 % et 25 % des limites. L'augmentation des rejets en aérosols s'explique par des opérations de brûlage de déchets marqués en carbone 14 dans des laboratoires de biologie et par une modification de la méthode de quantification du carbone 14 par mesure directe sur les résidus de combustion des filtres cheminées.

Dans l'environnement, par le suivi des mesures en continu et différées sur les prélèvements collectés dans les stations de surveillance qui montrent que :

- pour les gaz, les seules activités enregistrées correspondent au radon, gaz radioactif d'origine

Comme les années précédentes, aucune radioactivité artificielle n'a été mise en évidence sur les poussières atmosphériques et gaz collectés à l'exception de traces de tritium.

naturelle qui émane du sol avec des concentrations dans l'air comprises entre 10 et 20 Bq/m³ et dépendantes des conditions météorologiques. En 2019, comme les années précédentes, aucune radioactivité artificielle n'a été mise en évidence par les mesures en continu dans les diverses stations ;

- pour les aérosols, leur radioactivité est essentiellement due aux poussières issues de la désintégration des descendants solides du radon, essentiellement le plomb 210.

Les fluctuations observables sont identiques d'une station à l'autre et reflètent les variations du taux d'émanation radon et de l'empoussièrément de l'air. Aucun radionucléide artificiel n'est détecté, toutes les valeurs restent systématiquement inférieures aux seuils de mesure des appareils même si les techniques utilisées permettent aujourd'hui d'apprécier le µBq/m³, soit un millionième de becquerel par mètre cube d'air en regroupant tous les filtres du mois pour une mesure ;

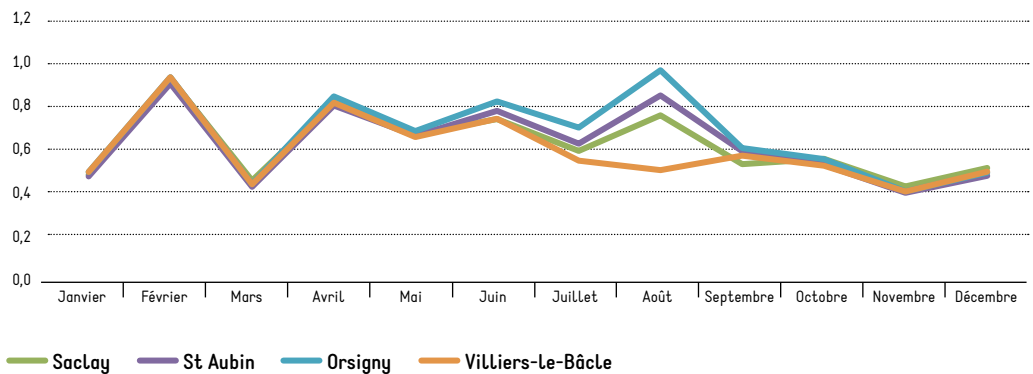
- pour le tritium, essentiellement produit par les laboratoires de recherche médicale, la concentration mesurée hebdomadairement à Saclay village est systématiquement inférieure à la limite de détection des appareils hormis 2 valeurs respectivement entre 0,1 et 0,7 Bq/m³ d'air. Ces valeurs en tritium sont inférieures à une activité de 0,005 Bq/m³ de radon 222, à comparer à la teneur naturelle moyenne de l'ordre de 15 Bq/m³ d'air.

Depuis 1958, le site de Saclay est doté d'une station météorologique fournissant en permanence



les paramètres nécessaires à cette surveillance. Cette station qui comporte notamment un mât instrumenté de 100 mètres de hauteur fait partie du réseau d'observation de Météo France du Centre météorologique départemental de l'Essonne.

Émetteurs Bêta mesurés à J+8 jours activité moyenne mensuelle en mBq/m³



L'activité des poussières, identique d'une station à l'autre, est représentative de la radioactivité naturelle.

- pour les eaux de pluie, le tritium est le seul radionucléide artificiel détecté. Les concentrations les plus élevées sont mesurées sur le site du CEA Saclay avec une valeur moyenne annuelle de 43 Bq/l. Au niveau de Saclay village, station de surveillance sous les vents dominants, l'activité en tritium des précipitations

reste systématiquement inférieure à la limite de détection des appareils de mesure (4 Bq/l), hormis une valeur significative de 70 Bq/l au mois de novembre. Cette valeur reste très en-deçà de la recommandation OMS qui préconise une valeur limite en tritium de 10 000 Bq/l pour l'eau de consommation. ●



L'EAU

Les eaux de surface

Tous les effluents radioactifs produits par certaines installations sont collectés dans des cuves spécifiques, puis transférés à la station de traitement des effluents radioactifs liquides par camion citerne. Pour ce type d'effluents, il n'existe aucun réseau susceptible de conduire à des rejets directs. Les effluents industriels et sanitaires produits par l'ensemble des installations, après traitement, épuration et contrôle sont soit recyclés (en majorité), soit rejetés dans l'environnement. La qualité des eaux est surveillée en continu et en différé tant du point de vue radiologique que chimique. En cas d'anomalie détectée, les effluents peuvent être dirigés vers des réservoirs tampon en vue d'un traitement spécifique.

Au plan hydrographique, les eaux de rejets débouchent via l'aqueduc des Mineurs dans l'Étang Vieux de Saclay en communication par trop-plein avec l'Étang Neuf qui se déverse à son tour dans le ru de Vauhallan, affluent de la Bièvre.

Hormis le césium 137 et le strontium 90 à l'état de traces (activités volumiques inférieures à 0,002 Bq/l), le tritium est le seul radionucléide artificiel mesuré dans les eaux des étangs. Les concentrations moyennes en 2019 étaient de

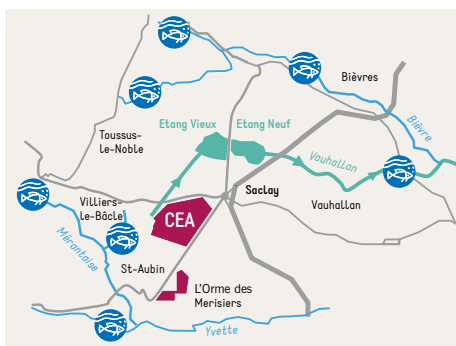
La qualité des eaux résiduaires en sortie de Centre respecte généralement de façon très large les exigences préfectorales.

6,1 Bq/l et 3,2 Bq/l respectivement pour l'Étang Vieux et l'Étang Neuf. Ces deux valeurs sont bien en deçà de la recommandation OMS (Organisation mondiale pour la santé) qui préconise une limite de 10 000 Bq/l pour les eaux destinées à la consommation.

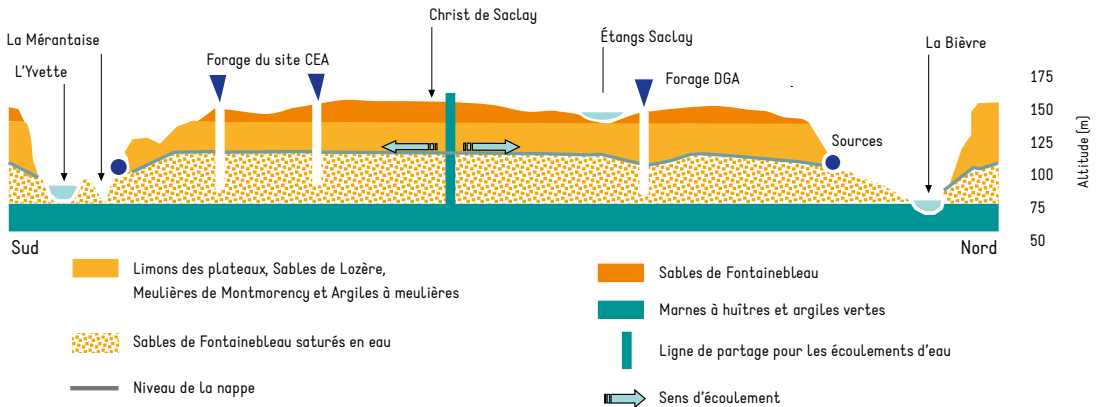
Les eaux de la Bièvre, de l'Yvette et de la Méran-taise sont surveillées périodiquement en amont et en aval du site de Saclay.

Le rus de Vauhallan, St Marc et Corbeville font également l'objet d'une surveillance régulière. Quel que soit le point de surveillance ou quelle que soit la date de prélèvement, les eaux du réseau hydrographique ne présentent aucune radioactivité artificielle, hormis quelques traces de tritium. Le seul indice de radioactivité détectable est celui des émetteurs bêta compris entre 0,1 et 0,3 Bq/l qui s'explique par la présence du potassium 40 d'origine naturelle.

Avant rejet dans le milieu récepteur, la qualité chimique des eaux résiduaires est mesurée sur des échantillons constitués à partir de prélèvements



Profil Nord Sud du plateau de Saclay passant par le CEA

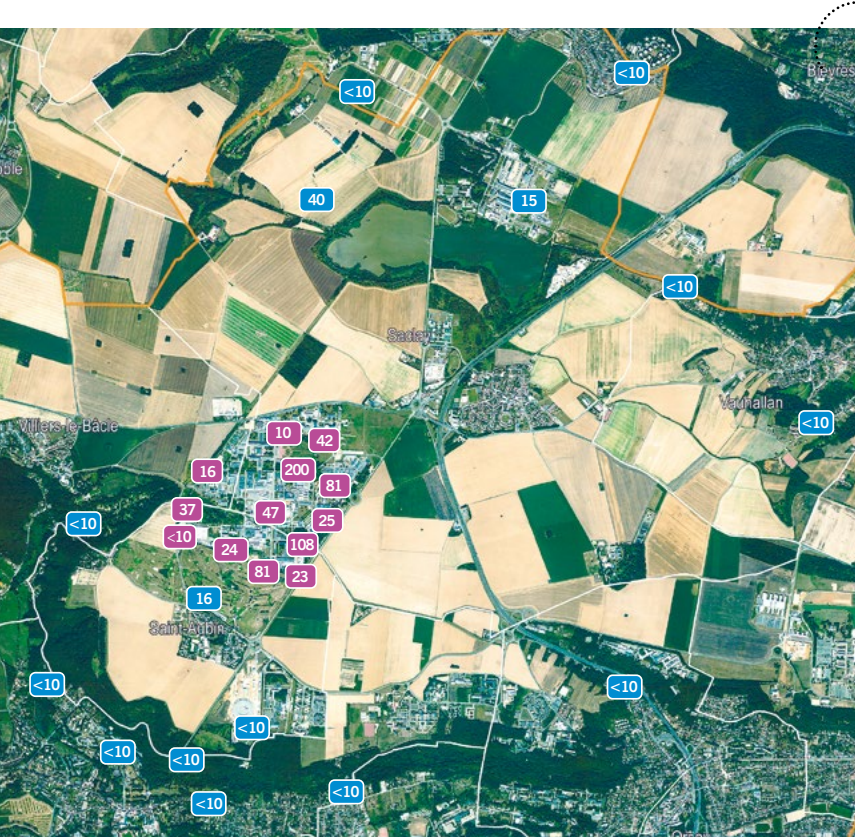


continus. Les résultats des analyses montrent qu'en sortie de centre les concentrations des anions, cations et traces métalliques des eaux respectent les valeurs limites fixées par l'arrêté préfectoral.

Les eaux souterraines

Au plan hydrogéologique, le plateau de Saclay est un système aquifère constitué de deux nappes superposées : l'aquifère supérieur formé de lentilles indépendantes directement alimentées par les eaux pluviales et la nappe des sables de Fontainebleau. Bien qu'étant peu productive, cette dernière constitue le réservoir principal d'eau du plateau. Son niveau piézométrique relativement stable (fluctuations de moins d'un mètre) se situe

à environ 40 mètres de profondeur au niveau du CEA site de Saclay. L'écoulement principal dirigé Nord-Ouest/Sud-Est est rapidement influencé par les vallées. La ligne de partage située au Nord du centre apparaît relativement stable dans la mesure où les fluctuations naturelles sont faibles. Des prélèvements d'eau de la nappe des sables sont effectués à différentes fréquences en plusieurs points depuis le plateau grâce à des forages profonds ainsi qu'au niveau des résurgences dans les vallées de la Bièvre et de l'Yvette. Le tritium détecté provient essentiellement de rejets anciens générés par le site de Saclay. À l'extérieur du site, les valeurs en tritium, seul radionucléide détecté, restent inférieures ou très proches des limites de détection des appareils de mesure. ●



Radioactivité du tritium (Bq/L) des eaux souterraines au droit du CEA Saclay (en violet) et dans l'environnement du site (en bleu) - Moyenne 2019.



LES BIO-INDICATEURS

Les bio-indicateurs sont constitués de divers produits et denrées de la chaîne alimentaire prélevés mensuellement aux alentours du site de Saclay (herbes, fruits, légumes, lait...).

D'une façon générale, aucune radioactivité artificielle n'est détectée dans les bio-indicateurs hormis un très faible marquage en tritium avec un maximum de 20 becquerels par kilogramme de matière fraîche pour les fruits et légumes. En termes d'impact radiologique, cette valeur en tritium est équivalente à une activité en potassium 40 (⁴⁰K) de 0,2 Bq/kg frais alors que ce dernier est naturellement présent dans les fruits et légumes avec des activités comprises entre 38 et 140 Bq/kg frais selon leur nature.

Pour le lait, le tritium reste inférieur ou très proche de 5 Bq/l sur la totalité des échantillons analysés, valeur à comparer au potassium 40 d'origine naturelle présent avec une activité moyenne de 53 Bq/l.

Le marquage tritium, lorsqu'il est détecté, s'explique par le fait que malgré les dispositifs mis en place dans les procédés pour limiter les quantités

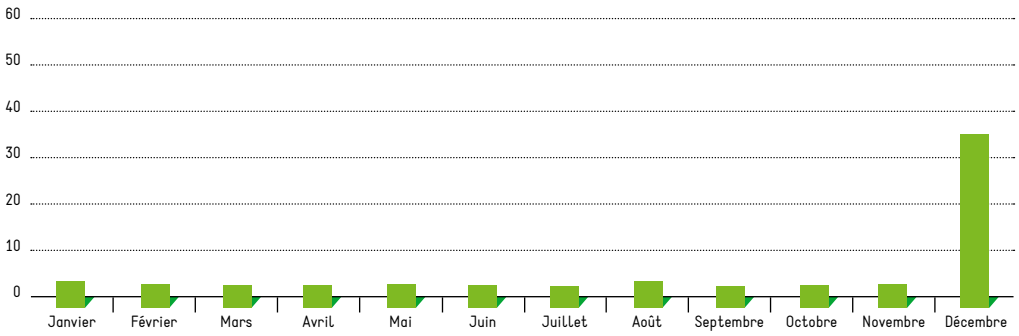
rejetées, le tritium demeure le plus important des radionucléides présents dans les effluents liquides et gazeux. Lorsqu'il est dispersé dans l'environnement, il se répartit dans tous les compartiments : air, eau, sol pour finalement être absorbé dans les végétaux par voie racinaire et/ou par voie foliaire.

La teneur en tritium des bio-indicateurs est cependant très variable. Les fluctuations sont imputables aux eaux d'arrosage provenant de la nappe et aux rejets atmosphériques, rejets discontinus et d'intensité très variable, et d'autre part aux conditions météorologiques (vitesse et direction du vent, pluviométrie) qui prévalent au moment des rejets. ●

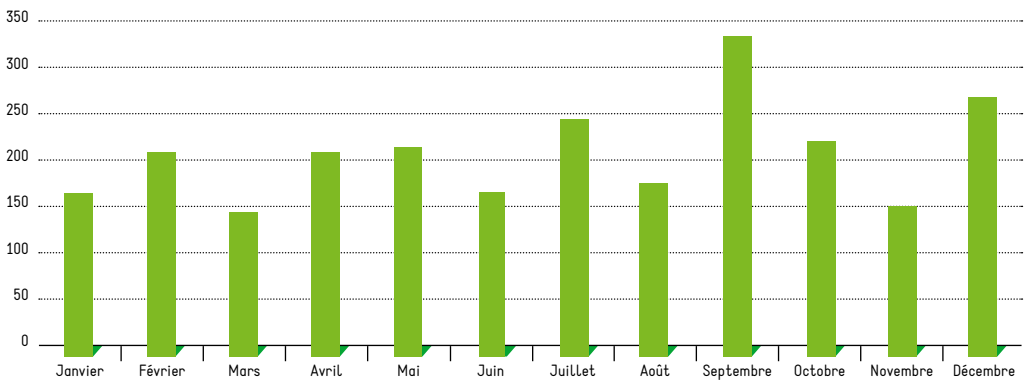
Séchage des échantillons



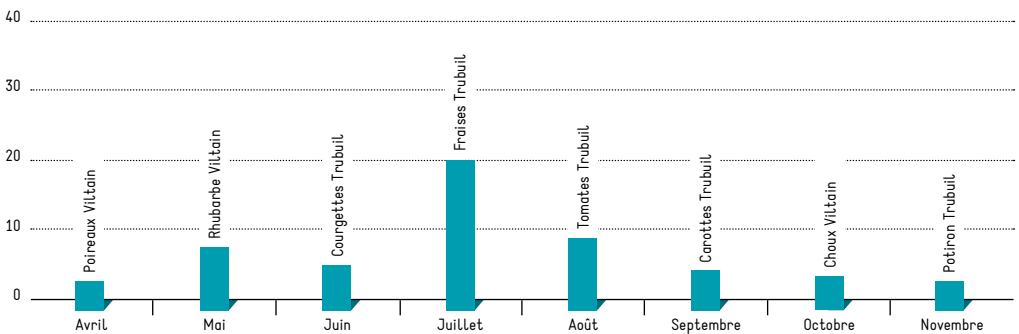
Tritium dans les herbes en becquerels par kilogramme frais



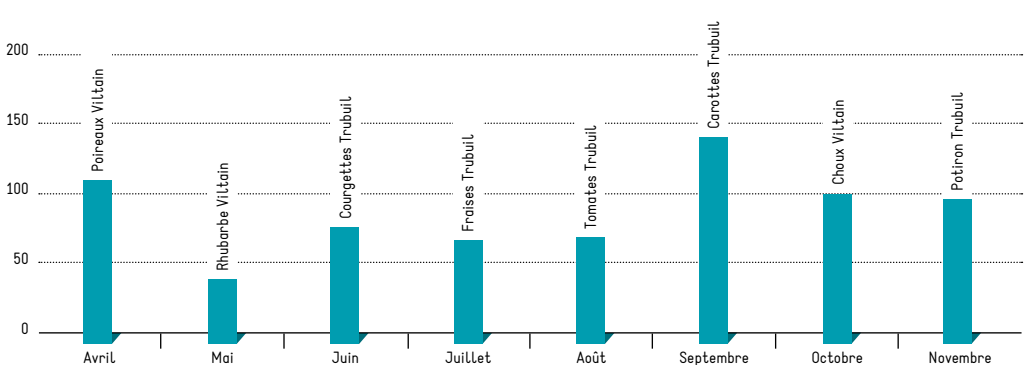
40K dans les herbes en becquerels par kilogramme frais

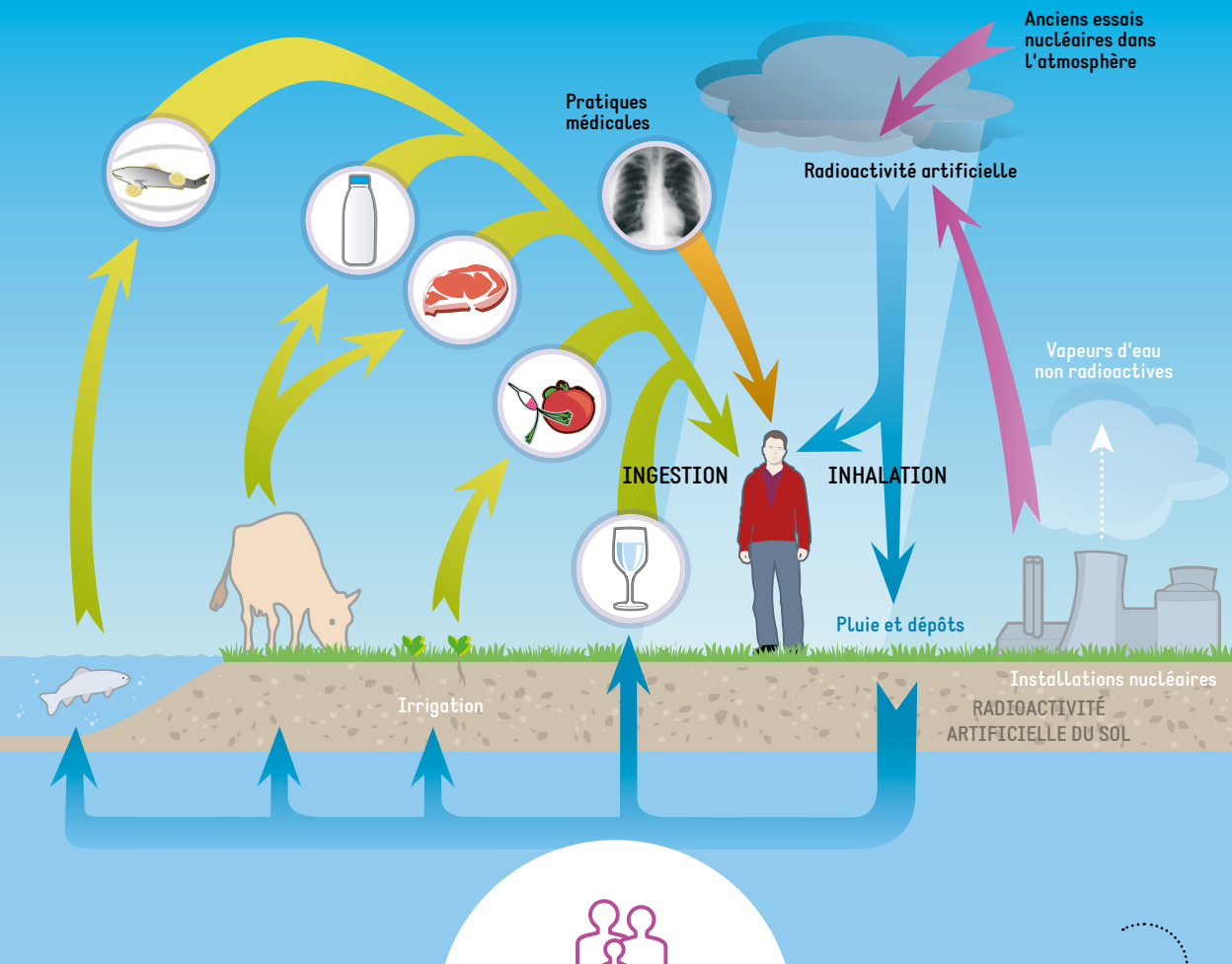


Tritium dans les fruits et légumes en becquerels par kilogramme frais



40K dans les fruits et légumes en becquerels par kilogramme frais





Les voies d'atteinte à l'homme

L'IMPACT RADIOLOGIQUE

Il intègre les divers modes de transfert de l'environnement à l'homme avec comme voies d'exposition et d'atteinte :

- l'immersion potentielle dans le panache et la remise en suspension des dépôts qui conduisent à une exposition interne par inhalation et à une exposition externe,
- la présence de radioactivité déposée au sol conduisant à une exposition externe,
- l'ingestion de végétaux, pour lesquels l'activité résulte principalement des dépôts d'aérosols et gouttes de pluie, mais aussi des transferts par voie racinaire à partir du sol, avec pour conséquence une exposition interne par ingestion,
- l'ingestion de produits animaux qui ont absorbé des fourrages soumis aux rejets.

L'exposition annuelle maximale susceptible d'être générée à la fois par les rejets gazeux et les rejets liquides des installations CEA du site de Saclay pour l'année 2019 concernerait un résidant au Christ de Saclay qui consommerait des produits du jardin et des poissons de l'étang Neuf.

L'impact radiologique annuel est établi sur la base des rejets radioactifs de l'année.

Dans ce scénario, l'exposition due aux rejets 2019 des effluents liquides et gazeux du centre CEA de Saclay conduit à une dose efficace annuelle très inférieure à 0,01 mSv.

Cette valeur est à comparer aux valeurs de référence telles que la limite réglementaire pour le public (1,0 mSv) ou l'équivalent de dose annuelle moyen délivré par la radioactivité naturelle en France (2,9 mSv), ou encore la dose moyenne annuelle reçue lors des examens médicaux (1,6 mSv). ●



ORPHÉE : 40 ANS D'EXPLOITATION AU SERVICE DE LA SCIENCE

L'arrêt du réacteur Orphée, en service depuis 1980, a été programmé le 29 octobre 2019. Au cours de ces quarante ans d'exploitation, ce réacteur a produit des faisceaux de neutrons pour l'étude en recherche fondamentale de la matière condensée. Une mission réalisée avec succès, jusqu'à cette dernière étape. Le réacteur était exploité par les équipes de la DEN (direction de l'énergie nucléaire), dans le cadre des TGR (Très Grands Instruments de Recherche) et permettait aux équipes du Laboratoire Léon Brillouin (LLB), unité mixte CEA/CNRS, d'offrir à l'ensemble de la communauté des spectromètres et diffractomètres à neutrons.

Le réacteur Orphée est un réacteur de recherche de type piscine dont la vocation première a été de fournir des faisceaux de neutrons pour la recherche fondamentale sur la matière condensée.

Les compétences et les efforts constants du personnel d'exploitation et de celui du Laboratoire Léon Brillouin (LLB) ont permis l'accueil de chercheurs du monde entier pour la réalisation de plusieurs centaines d'expériences par an, destinées à explorer la matière à l'aide de 25 diffractomètres et spectromètres disposés autour du réacteur.

Le réacteur Orphée a également permis de produire des radioéléments artificiels (REA) notamment pour la médecine nucléaire et de réaliser des contrôles non destructifs de pièces et assemblages par neutronographie (radiographie sous neutrons).

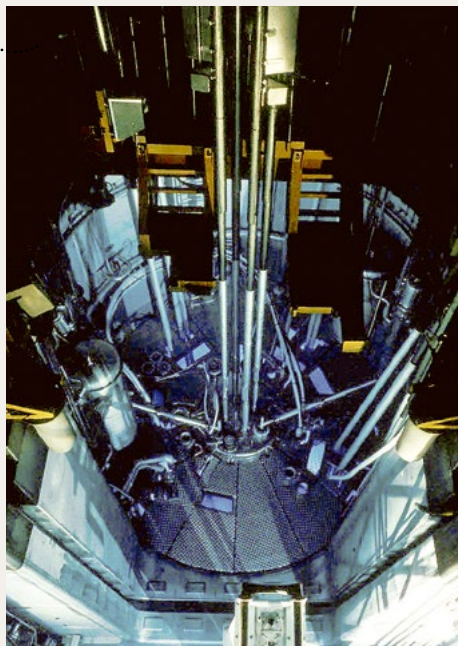
Le CEA va désormais se consacrer à la réalisation des opérations préparatoires au démantèlement, dont le démontage de certains équipements, la libération des surfaces dans le hall expérimental, la réalisation d'un chantier pilote. Le LLB maintient ses activités de recherche, par des projets d'expérience déposés auprès des sources européennes de neutrons, tout en faisant profiter la communauté internationale de ses compétences en diffusion des neutrons.

Une partie des équipements actuels du LLB sera implantée autour d'autres sources de neutrons à l'Institut Laue Langevin (ILL) de Grenoble ou à l'Institut Paul Scherrer (PSI) en Suisse. Deuxième axe fort du laboratoire : la poursuite, en collaboration avec ses partenaires européens, de la construction des premiers instruments de la nouvelle source à

Spallation ESS (*European spallation source*), qui doit démarrer en 2023 à Lund en Suède.

Il est envisagé à plus long terme de développer un démonstrateur de source de neutrons compacte, avec des performances équivalentes à celles d'un faisceau de neutrons issu du réacteur Orphée.

● Réacteur expérimental Orphée





MOTS CLÉS & DÉFINITIONS

Les atomes

Les atomes sont les constituants de base de toutes les matières de l'univers. Ils sont tous bâtis sur le même modèle : un noyau formé de protons et de neutrons, autour duquel gravitent des électrons. La plupart des atomes présents sur Terre sont stables, c'est-à-dire qu'ils restent indéfiniment identiques à eux-mêmes.

Le phénomène de la radioactivité

Certains atomes sont instables parce qu'ils possèdent trop de protons ou de neutrons. Pour acquies un état stable, ils se transforment spontanément en un autre atome en expulsant de l'énergie (provenant de la modification du noyau) sous forme de rayonnements. C'est le phénomène de la radioactivité.

Les rayonnements

- **rayonnement Alpha (α):**
Formé de particules comportant deux protons et deux neutrons (noyau d'hélium 4), il parcourt quelques centimètres dans l'air. Une feuille de papier l'arrête.
- **rayonnement Bêta (β):**
Formé d'électrons, il parcourt quelques mètres dans l'air. Une vitre ou une planche en bois l'arrête.
- **rayonnement Gamma (γ):**
Formé de photons (comme la lumière visible, les rayons X, les ondes radar...), il parcourt plusieurs centaines de mètres dans l'air. De fortes épaisseurs de béton ou de plomb sont nécessaires pour l'atténuer.

La radioactivité diminue dans le temps

On appelle période radioactive le temps que met une substance radioactive pour perdre la moitié de cette radioactivité.

Cette période varie d'un élément à l'autre.

Exemple :

Argon 41 : 110 minutes

Iode 131 : 8 jours

Tritium : 12,3 ans

Strontium 90 : 29 ans

Césium 137 : 30 ans

Carbone 14 : 5730 ans

Uranium 238 : 4,5 milliards d'années



Bq
Gy Sv

Prélèvement dans
Les étangs de
Saclay.

MESURER LA RADIOACTIVITÉ

Quelques unités de mesure

GRANDEUR	UNITÉ	SYMBOLE	SIGNIFICATION
Activité	Le becquerel	Bq	Elle représente le nombre d'atomes qui se désintègrent par seconde dans une matière radioactive.

1 Bq = une désintégration par seconde

Dose absorbée	Le gray	Gy	Elle mesure la quantité d'énergie communiquée par le rayonnement à la matière exposée.
---------------	---------	----	--

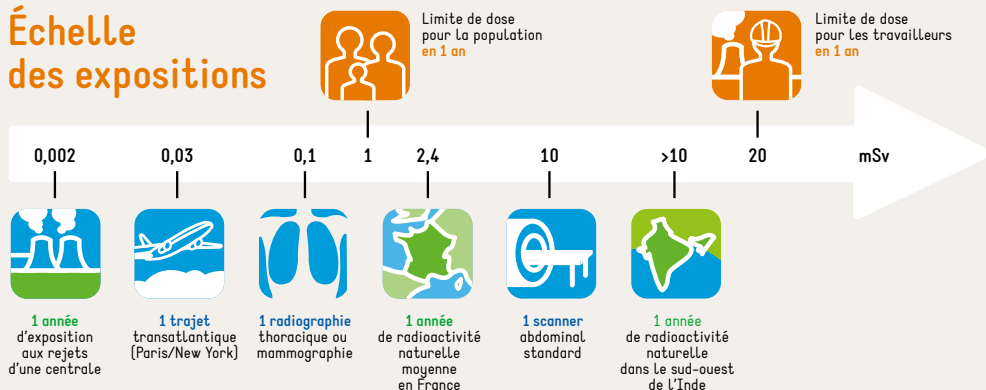
1 Gy = 1 joule par kilogramme de matière

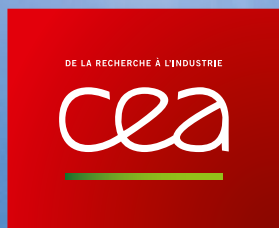
Dose équivalente	Le sievert	Sv	Elle traduit l'effet du rayonnement sur l'individu. À quantité égale de rayonnement absorbé, les effets ne sont pas les mêmes selon la nature du rayonnement.
------------------	------------	----	---

Les multiples et sous-multiples de ces unités utilisent les préfixes du système international:

Préfixe	quantité	symbole	Exemples:
giga-	milliard	G	1 MBq = un mégabecquerel = un million de becquerels
méga-	million	M	1 mSv = un millisievert = un millième de sievert
kilo-	mille	k	
milli-	millième	m	
micro-	millionième	μ	
nano-	milliardième	n	

Échelle des expositions





Éditeur CEA (Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives) Centre de Saclay 91191 Gif-sur-Yvette Cedex
Directeur Michel Bedoucha / Rédacteur en chef Philippe Béguinel / Jean-Michel Taillade
Rédacteurs Élisabeth De Lavergne / Crédit photo CEA
Conception graphique Efil communication (www.efil.fr) / N° ISSN 1276-0621

Pour tous renseignements : Centre de Saclay, Unité de communication, 91191 Gif-sur-Yvette Cedex. Fax : 01 69 08 32 57



Papier certifié PERC / 10-31-2007 (garantie d'une gestion durable des ressources forestières). Imprimé, labellisé, Imprim'Vert (charte pour la réduction de l'impact environnemental, la traçabilité et le traitement des déchets).