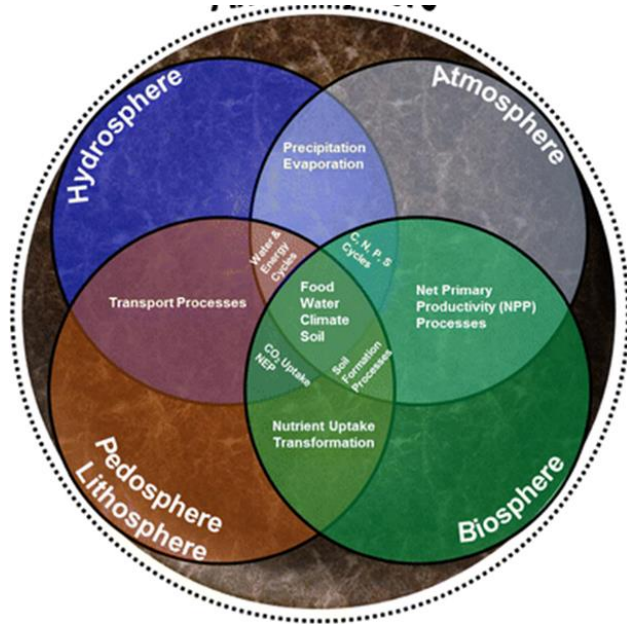


BRUIT DE FOND RADIOLOGIQUE

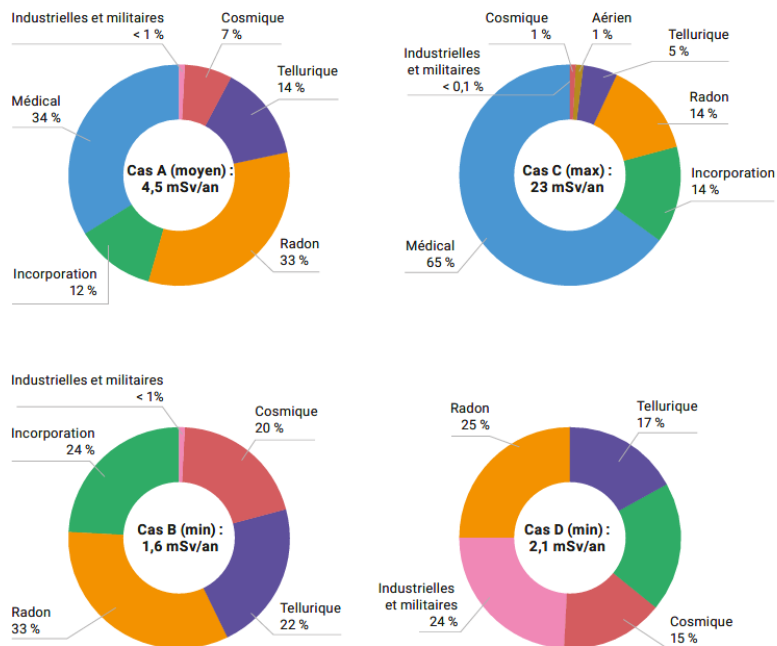


Contenu

1. Introduction
2. Etat radiologique de l'air (atmosphère)
3. Etat radiologique des sols (pedosphère)
4. Etat radiologique du sous-sol (couches géologiques)
5. Etat radiologique des eaux (surface et souterraines, hydrosphère)
6. Etat radiologique de la biosphère (matrices biologiques)
7. Conclusion – Synthèse

Introduction

FIGURE 1 / DOSES EFFICACES TOTALES ET CONTRIBUTIONS DES DIFFÉRENTES VOIES D'EXPOSITION POUR UN ADULTE VIVANT EN FRANCE MÉTROPOLITAINE ET POUR DIFFÉRENTES SITUATIONS D'EXPOSITION



Source: IRSN_2015_surveillance_France_2011-2014

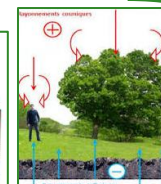
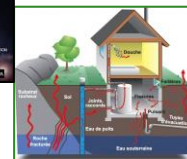
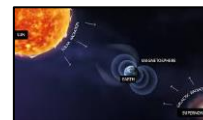
DISEF/DSE/SM2S/24-0097

Nous sommes tous exposés à la radioactivité

o Naturelle

- Cosmique
- Tellurique

▪ Incluant le radon



o Artificielle

- Retombées des essais nucléaires

▪ entre 1945 et 1980, par l'ex-URSS, les Etats-Unis, le Royaume-Uni, la France et la Chine (^{137}Cs , ^{90}Sr , ^3H , ^{14}C , $^{239+240}\text{Pu}$)

- Retombées des accidents (Tchernobyl, Fukushima)

▪ ^{137}Cs par exemple

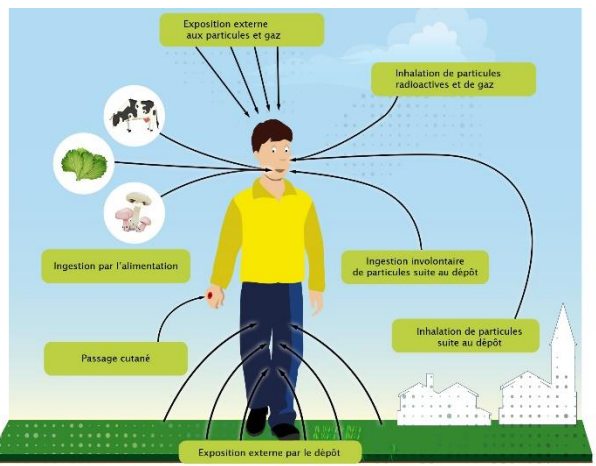
- Médicale

▪ ^{131}I par exemple

- Industrielle (INB) et militaire

▪ ^{14}C , ^3H par exemple

Introduction



CG-00-D-MGE-AMOA-ESE-0000-19-0360-8

L'exposition à la radioactivité peut se faire de plusieurs manières :

- Irradiation ou exposition externe
- Contamination ou exposition interne

1 DIAGNOSTIC MÉDICAL

C'est la première source d'exposition artificielle. Elle dépend du type d'examen (radiographie ou scanner), de la zone du corps à ausculter et du nombre d'actes dans l'année. Pour une même personne, l'exposition médicale est très différente d'une année à l'autre.

1,6 mSv

Gamme de variation : de 0 à 15 mSv

2 GAZ RADON

Le gaz radon émane surtout des roches granitiques et volcaniques. L'exposition varie en fonction des caractéristiques du sol, de l'habitation (matériaux, fondations, ventilation qui facilitent ou non le transfert du gaz) et des modes de vie (fréquence d'aération).

1,4 mSv

Gamme de variation : de 0,54 à 3,15 mSv

3 RADIOACTIVITÉ DU SOL

La radioactivité présente naturellement dans certaines roches dépend de la géologie du site. Par exemple, la présence de granit, riche en éléments radioactifs, augmente la dose efficace. D'autres facteurs font varier l'exposition : temps passé à l'intérieur des bâtiments et matériaux de construction utilisés.

0,62 mSv

Gamme de variation : de 0,36 à 1,1 mSv

4 EAUX, ALIMENTS ET TABAC

Les aliments et les eaux de boisson contiennent naturellement des éléments radioactifs. Cette source d'exposition est plus importante pour un consommateur fréquent de poissons et de crustacés ainsi que pour les fumeurs.

0,55 mSv

Gamme de variation : de 0,4 à 3,1 mSv

5 RAYONNEMENTS COSMIQUES

Les rayonnements cosmiques sont provoqués par les particules en provenance du Soleil et de la Galaxie qui bombardent l'atmosphère. Les personnes qui voyagent fréquemment en avion et les habitants de région d'altitude sont davantage concernés.

0,32 mSv

Gamme de variation : de 0,3 à 1,28 mSv

6 INSTALLATIONS NUCLÉAIRES INDUSTRIELLES ET MILITAIRES

Cette exposition est liée aux retombées des anciens essais d'armes nucléaires et à l'accident de Tchernobyl, notamment dans les Vosges, le Jura, les Alpes du Sud, les Pyrénées et l'est de la Corse. Les centrales et les installations nucléaires ont peu d'impact sur l'exposition de la population (0,01 mSv/an).

0,02 mSv

Gamme de variation faible

Exposition moyenne en France aux différentes sources de radioactivité représente une dose efficace absorbée par le corps entier de **4,5 millisieverts par an (mSv/an)**

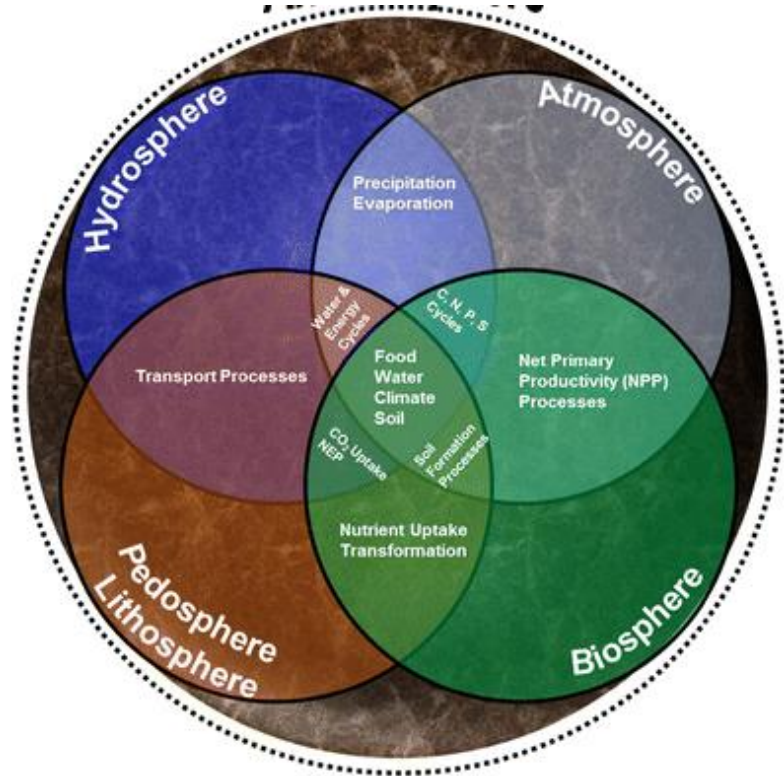
Source: IRSN_2015_surveillance_France_2011-2014
DISEF/DSE/SM2S/24-0097

CG-00-D-MGE-AMOA-ESE-0000-19-0071-A

Introduction

Un état initial radiologique global de l'environnement

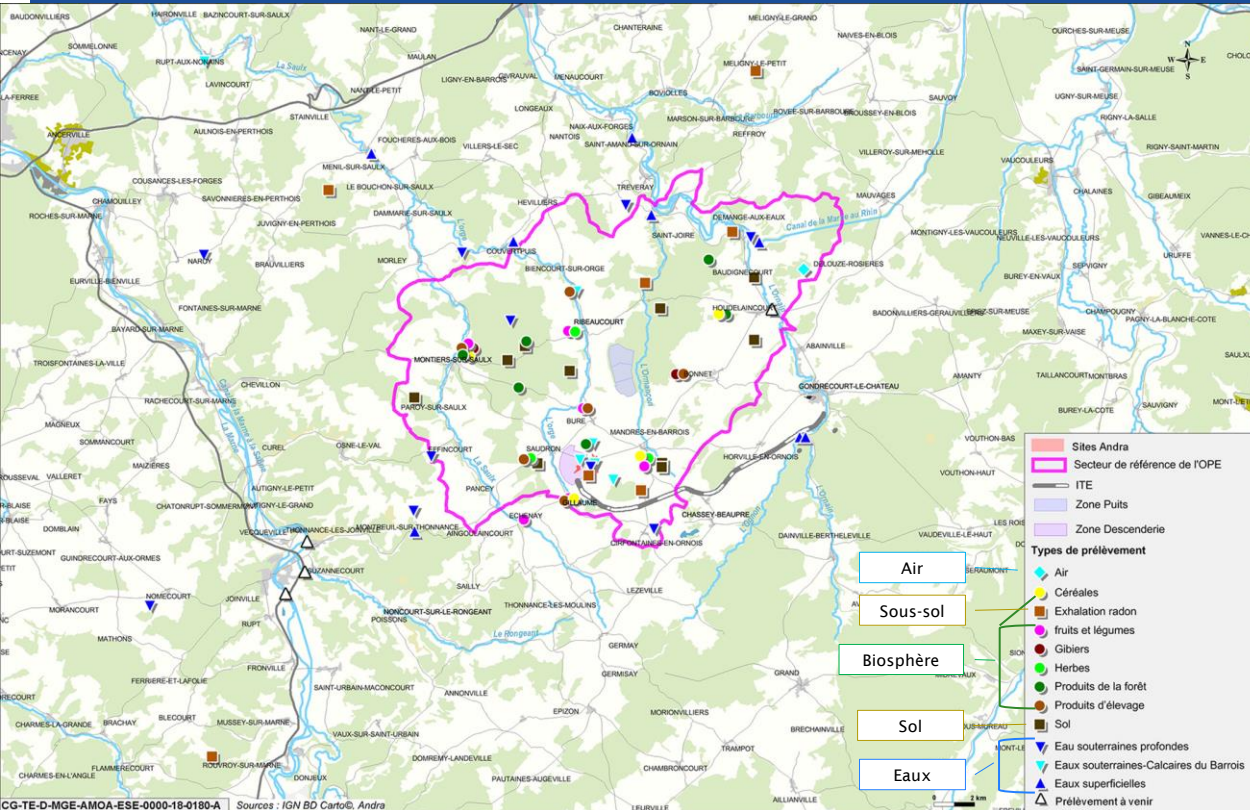
- Atmosphère (air)
- Pédosphère / Lithosphère (sol et sous-sol)
- Hydrosphère (eaux)
- Biosphère (produits végétaux et animaux)



DISEF/DSE/SM2S/24-0097

Le becquerel (symbole : Bq) est l'unité dérivée du Système international d'unités pour l'activité d'une certaine quantité de matière radioactive, c'est-à-dire le nombre de désintégrations qui s'y produisent par seconde

Introduction



Etat zéro radiologique présenté dans l'étude d'impact associé au dépôt de la DAC en janvier 2022

- Localisation des points de prélèvements des échantillons pour les mesures de la radioactivité selon le territoire de l'Observatoire Pérenne de l'Environnement
- Eléments radioactifs naturels et artificiels recherchés – [Liste pour plus de détail](#) selon les 4 grands compartiments présentés juste avant
- Mesure selon des méthodes d'analyse reconnues et des matrices exploitables – [Liste des méthodes pour plus de détail](#)
- Etat initial incluant les éléments radiologiques spécifiques au fonctionnement de Cigéo : ^3H , ^{14}C , ^{85}Kr , émetteurs alpha (α) et bêta (β)

Introduction



Origine des données

- Plusieurs campagnes de prélèvements pour analyses radiologiques
 - AIR :
 - Station atmosphérique Houdelaincourt, mesures en continu depuis 2011
 - Mise ne place entre 2009 et 2011 par l'IRSN
 - SOL :
 - Campagne Subatech entre 2007 et 2009
 - Principale campagne entre 2010 et 2013 par l'IRSN
 - SOUS-SOL :
 - Mesures sur carottes de roches entre 2009 et 2013 par l'IRSN
 - EAUX (et milieu aquatique):
 - Principales campagnes entre 2010 et 2013 par l'IRSN
 - Suivi annuel radiologique du Laboratoire souterrain depuis 2002 (Subatech) eaux du Barrois
 - Campagne spécifique sur les eaux superficielles en 2017 (Subatech)
 - Campagne spécifique pour mesurer les niveaux de radioactivité alpha et bêta global des eaux de l'Oxfordien et du Dogger menée en 2015
 - BIOSPHERE :
 - Suivi annuel radiologique du Laboratoire souterrain depuis 2002 (Subatech) mousses terrestres
 - Principales campagnes entre 2010 et 2013 par l'IRSN

Introduction



Etat initial radiologique de l'environnement présenté dans l'étude d'impact de la DAC 2022 (volume III-résultats de l'état initial, volume VII-méthodes)

Comparaison des résultats au bruit de fond radiologiques français
https://www.irsn.fr/sites/default/files/documents/expertise/rapports_expertise/IRSN-ENV_Bilan-Radiologique-France-2018-2020.pdf

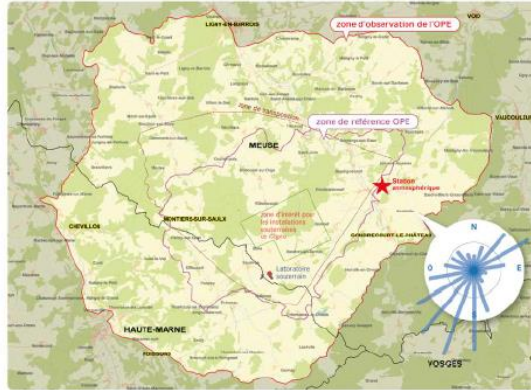
Chaque analyse radiologique suit une norme définie au niveau français ou international

Voir diapo 28 en annexe

DISP/DSE/SM2S/24-0097



Atmosphère



Station de filtration d'air à 300 m³.h⁻¹ pour la quantification des radionucléides présents sous forme d'aérosols



Suivi continu depuis 2011 via la station atmosphérique de Houdelaincourt

→ Station intégrée dans plusieurs réseaux nationaux et internationaux, notamment OPERA



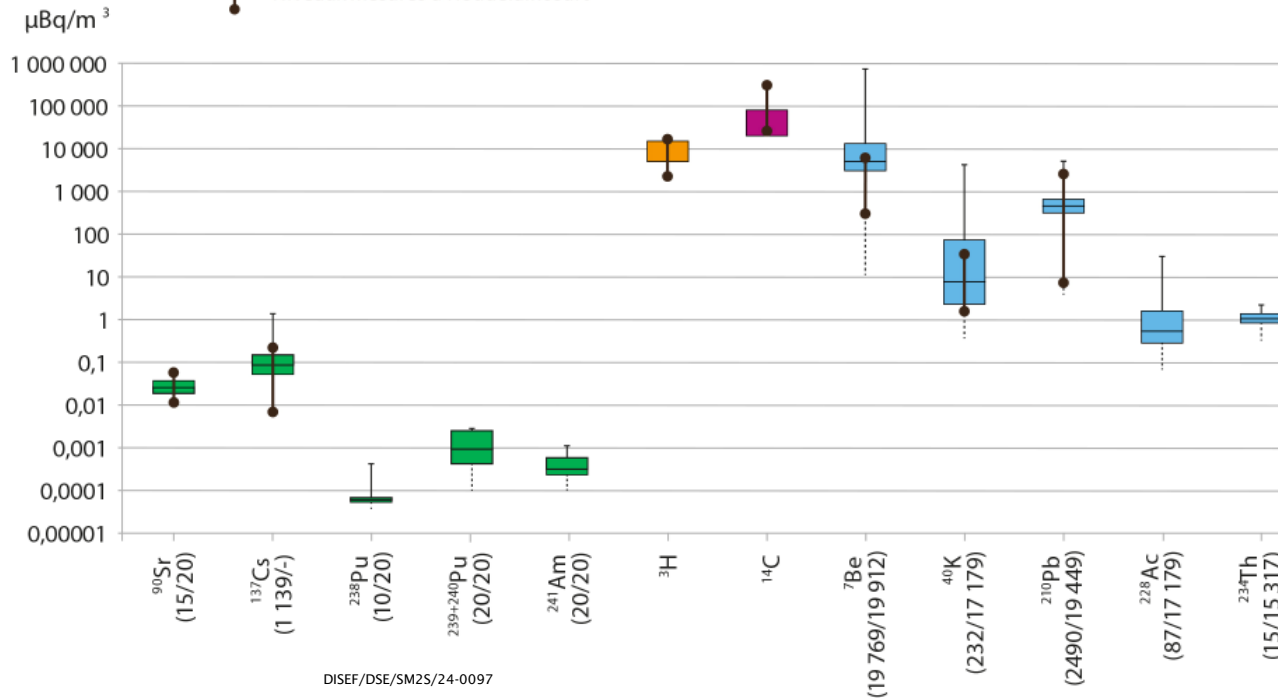
Collecteurs de retombées totales (à droite) et de retombées humides (à gauche)



Barboteurs pour ¹⁴C et ³H, à quatre pots avec réfrigération des pots

Liste des éléments radiologiques analysés concernant la qualité de l'air

Atmosphère



DISEF/DSE/SM2S/24-0097

CG-00-D-MGE-AMOA-ESE-0000-19-0456-B

Résultats

- Cohérents avec le bruit de fond national avec un niveau de radioactivité ambiant de l'air correspondant à une zone éloignée de toute activité nucléaire

Pédosphère



Prélèvements de sols (échantillonnage)

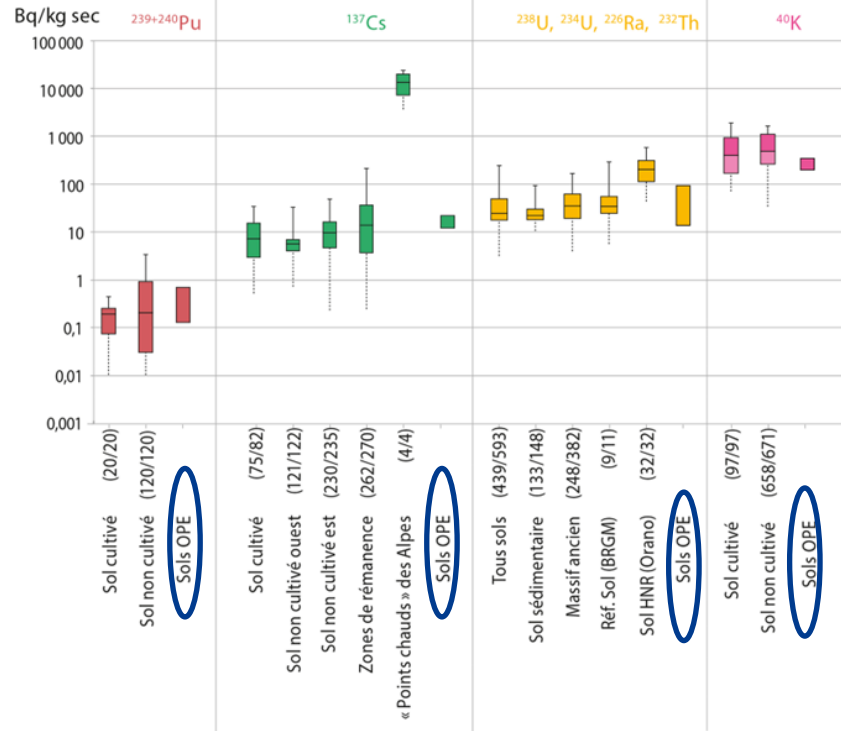
- Choix des sites de prélèvement selon 2 critères pouvant influencer les activités des éléments radioactifs naturels et artificiels
 - Nature de la roche sous-jacente
 - Différentes roches mères représentatives du substrat géologique sous-jacent
 - Nature de la végétation qui influence le dépôt des aérosols
 - Différents types d'occupation du sol : cultures, prairies et forêts
 - Profondeurs variables selon les sites de prélèvement
 - De la surface à 60 cm de profondeur

→ 10 sites de prélèvements

- 5 sites en forêt
- 3 sites en prairie
- 2 sites en cultures

Liste des éléments radioactifs analysés

Pédosphère



Résultats

- Cohérents avec le bruit de fond national des sols français avec un **niveau de radioactivité du sol correspondant à une zone éloignée de toute activité nucléaire**

Sous-Sol

Origine de la radioactivité du sous-sol est naturelle (tellurique)

- Caractéristiques radiologiques du sous-sol au sein de 3 formations
 - Marnes et calcaires du Kimméridgien
 - Calcaires de l'Oxfordien carbonaté
 - Argilite du Callovo-Oxfordien

[Liste des éléments radioactifs analysés](#)

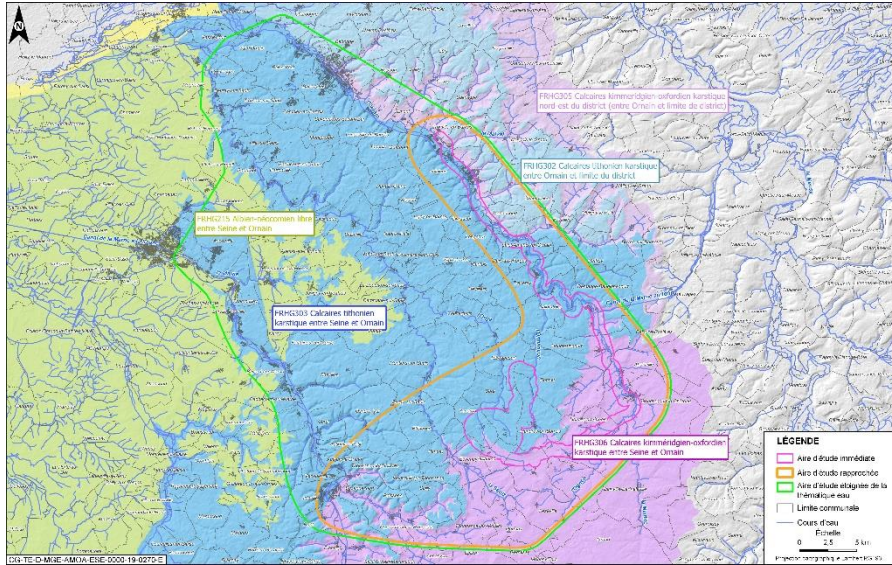
Sous-Sol

Résultats pour le sous-sol

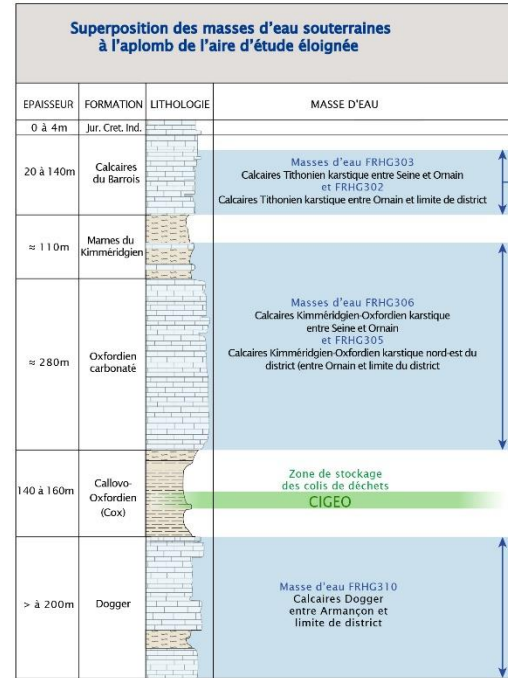
- Origine de la radioactivité uniquement naturelle (tellurique)
- Niveaux de radioactivité faible et variable selon la nature des formations géologiques

Cohérence avec le bruit de fond national attendu

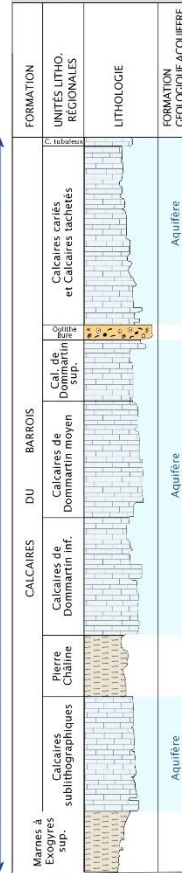
Hydrosphère – Eaux souterraines



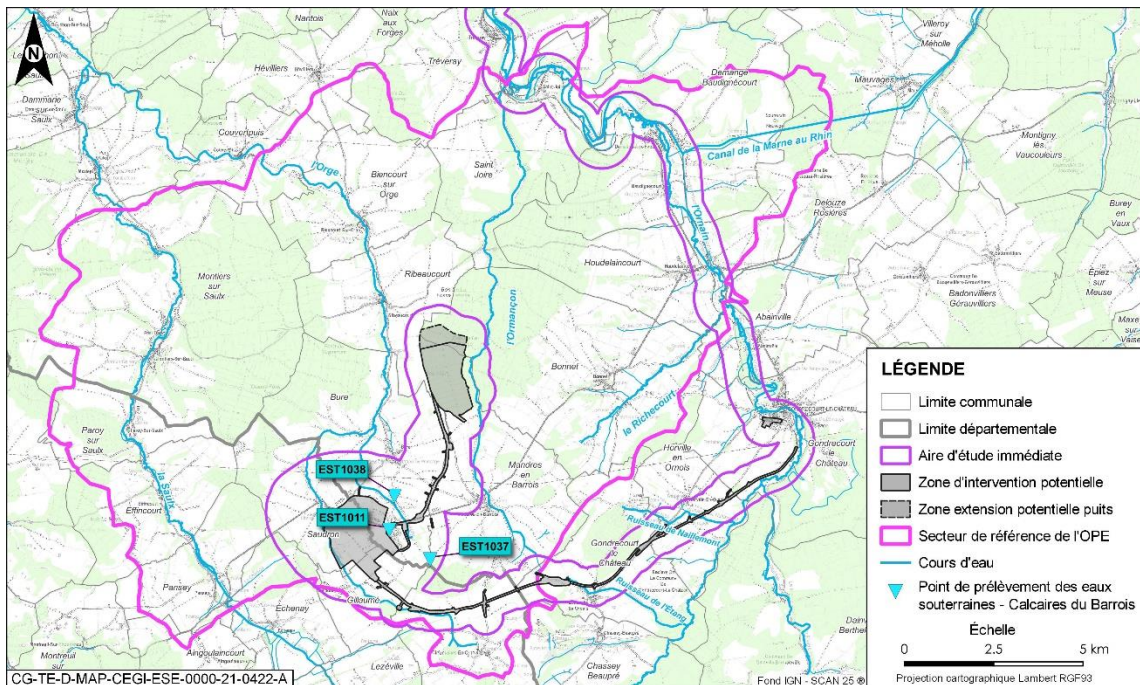
- Nappes des Calcaires du Barrois (masses d'eau FRHG302 et FRHG303)
- Nappes contenues dans les bancs Calcaires du Kimméridgien et dans les Calcaires Oxfordien (masses d'eau FRHG305 et FRHG306)
- Nappe contenue dans la formation du Dogger (masse d'eau FRHG312)



Détail sur la formation des calcaires du Barrois



Hydrosphère – Eaux souterraines



Etat radiologique des 3 nappes d'eaux souterraines via le suivi annuel réalisé par le CMHM depuis 2002 (même si pas de matière radioactive stockée)

Comparaison des résultats aux valeurs indicatives des niveaux de radioactivité de référence dans les eaux destinées à la consommation humaine

Hydrosphère – Eaux souterraines

Niveaux de radioactivité dans les eaux souterraines du Barrois

| Réf. Forage | Alpha global | Bêta global | Unités | Fraction |
|-------------|--|--|--------------------|----------|
| EST 1011 | Valeur max sur 2002-2020 = 0,036 Bq/L (2020) | Valeur max sur 2002-2020 = 0,15 (2010) | Bq.L ⁻¹ | Soluble |
| EST 1037 | Valeur max sur 2002-2020 = 0,045 (2010) | Valeur max sur 2002-2020 = 0,31 (2004) | Bq.L ⁻¹ | Soluble |
| EST 1038 | Valeur max sur 2002-2020 = 0,13 (2004) | Valeur max sur 2002-2020 = 0,4 (2004) | Bq.L ⁻¹ | Soluble |

Niveaux de radioactivité dans l'eau souterraine profonde (Nappes du Dogger et de l'Oxfordien calcaire)

| Paramètre | Nappe de l'Oxfordien calcaire | Nappe du Dogger | Unités | Fraction |
|--------------|-------------------------------|-----------------|--------------------|----------|
| Forage | MSE101 | EST210 | | |
| Alpha global | 0,14 ± 0,07 | 0,41 ± 0,24 | Bq.L ⁻¹ | Soluble |
| Bêta global | 1,6 ± 0,3 | 1,19 ± 0,38 | Bq.L ⁻¹ | Soluble |

Cohérence avec le bruit de fond national attendu pour les eaux souterraines

DISEF/DSE/SM2S/24-0097

Ce document est la propriété de l'Andra.
Il ne peut être reproduit ou communiqué sans son autorisation expresse et préalable.

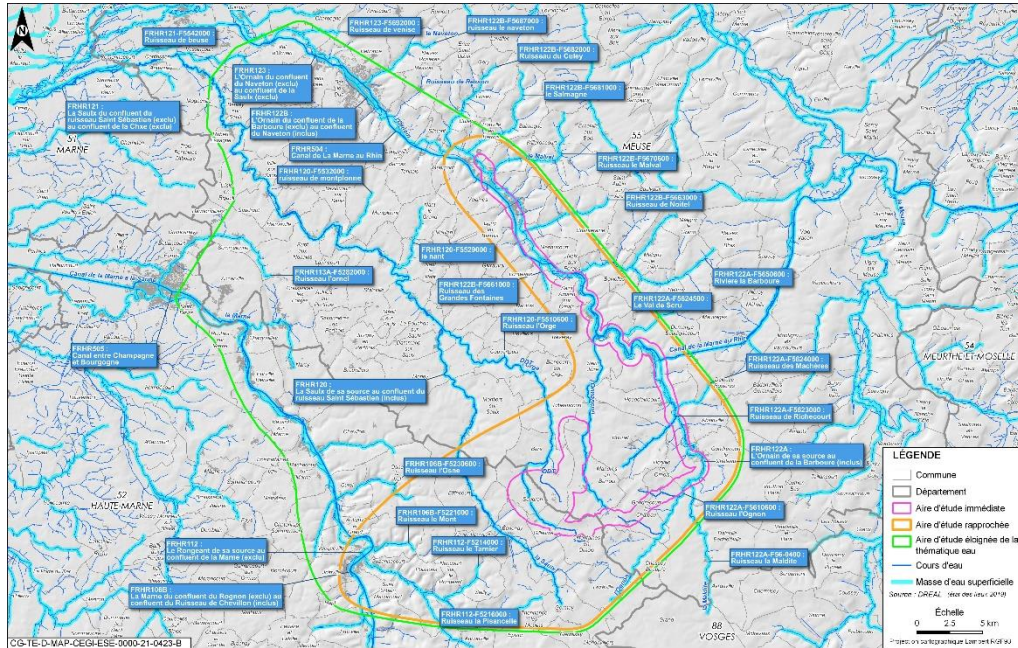
Résultats pour la nappe des Calcaires du Barrois

- Niveau de radioactivité très faible cohérent avec le bruit de fond naturel et les valeurs publiés par l'IRSN (RNM)

Résultats pour les nappes profondes (Oxfordien / Dogger)

- Seuls des éléments radioactifs d'origine naturelles détectés dans les eaux souterraines profondes

Hydrosphère – Eaux superficielles



Etat radiologique du milieu aquatique :

- les eaux superficielles pour la Saulx, l'Orge, l'Ormançon et l'Ornain
- autres composants (sédiments, plantes aquatiques, poissons) du milieu aquatique notamment pour détecter la présence de radioactivité non détectable directement dans l'eau pour l'Ornain et la Saulx

Comme pour les eaux souterraines, comparaison des résultats aux valeurs indicatives des niveaux de radioactivité de référence dans les eaux destinées à la consommation humaine

Hydrosphère – Eaux superficielles



| Ruisseau | Localisation de la station | Alpha global Bq.L ⁻¹ | Bêta global Bq.L ⁻¹ |
|----------|----------------------------|------------------------------------|-----------------------------------|
| Saulx | Ménil-sur-Saulx (2007) | 0,025 ± 0,022 | 0,069 ± 0,038 |
| | Montiers-sur-Saulx (2016) | <0,019* | 0,042 ± 0,035 |
| Orge | Couvertpuis (2007) | <0,03* | 0,07 ± 0,038 |
| | Biencourt-sur-Orge (2016) | 0,041 ± 0,026 | < 0,040 |
| Ormançon | Saint-Joire (2007) | 0,041 ± 0,025 | 0,049 ± 0,04 |
| | Saint-Joire (2016) | 0,061 ± 0,025 | 0,066 ± 0,04 |
| Ornain | Houdelaincourt (2016) | 0,022 ± 0,020 | 0,055 ± 0,035 |

Résultats pour les eaux superficielles

- Radioactivité naturelle modérée
- Radionucléides artificiels : faibles et liés aux retombées des essais aériens, Tchernobyl (peu), qq traces de Fukushima
- Pas d'autre trace d'activité nucléaire industrielle ou médicale

| Masse d'eau | Bio-indicateur | Localisation | ³ H Bq/kg sec | ¹⁴ C Bq/kg de carbone |
|-------------|--------------------|--------------------|-----------------------------|-------------------------------------|
| Ornain | Sédiment | Houdelaincourt | 0,118 ± 0,0006 | 203,2 ± 1,7 |
| | Plantes aquatiques | Tréveray | 0,6 ± 0,4 | 202 ± 14 |
| | Poissons | Houdelaincourt | <0,6 | 212 ± 14 |
| Saulx | Plantes aquatiques | Ménil-sur-Saulx | 0,7 ± 0,4 | 209 ± 14 |
| | Poissons | Montiers-sur-Saulx | 1,1 ± 0,7 | 214 ± 14 |

Résultats pour le milieu aquatique

- Valeur de ³H correspondant à une origine naturelle en dehors de tout apport industriel ou expérimental
- Gamme de valeurs représentatives d'un environnement non soumis aux rejets d'installations nucléaires (¹⁴C et ³H)

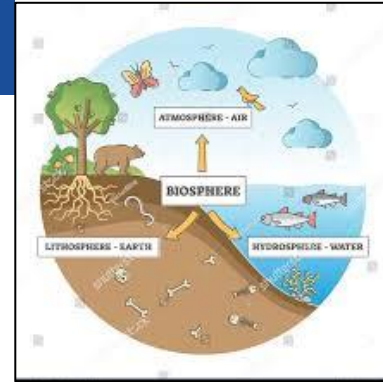


Cohérence avec le bruit de fond national attendu dans des zones à l'écart des activités nucléaires

Biosphère (milieu naturel, produits agricoles)

Echantillonnage (tissus animaux ou végétaux)

- Des bioindicateurs connus pour
 - concentrer des polluants
 - rendre compte d'une contamination moyenne sur une surface assez large
- La chaîne agro-alimentaire
 - représentativité des productions locales
 - importance dans la ration alimentaire humaine



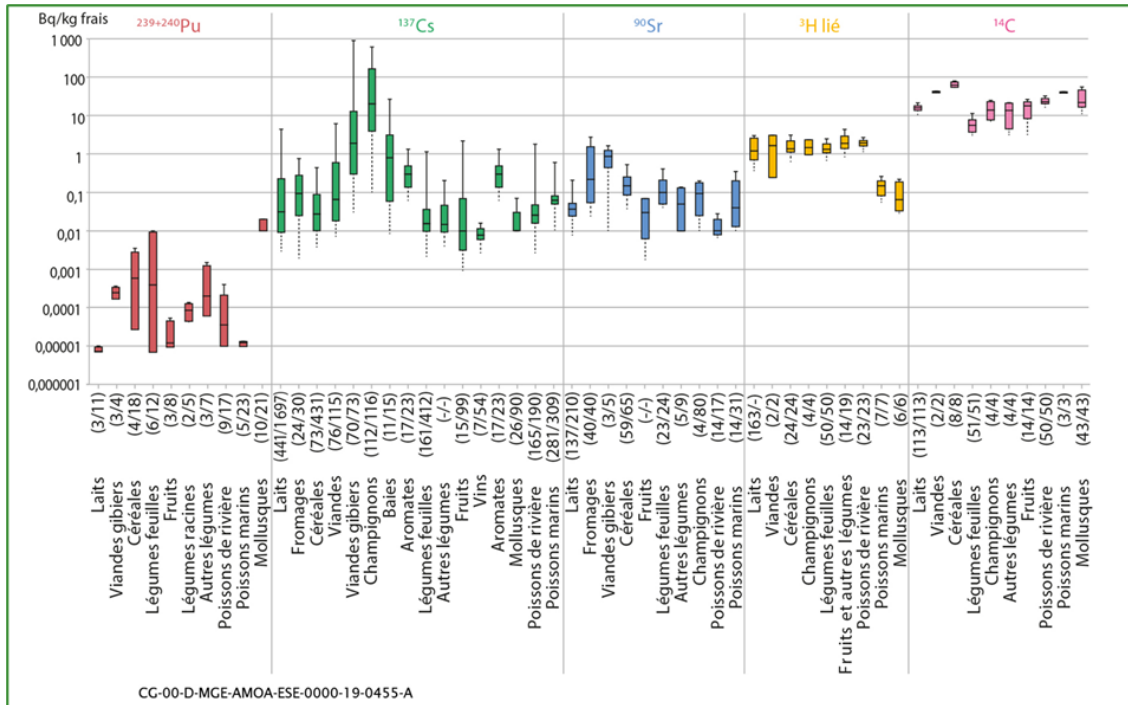
Bio-indicateurs

- mousses (bryophytes) ;
- feuilles d'arbre (en particulier pour les analyses tritium et ^{14}C) ;
- baies (ex. : framboises, mûres) ;
- champignons ;
- gibier (sanglier, chevreuil), échantillons fournis par des chasseurs lors de chasses de loisirs organisées régulièrement sur la zone d'étude.

Chaîne alimentaire agricole

- herbe de prairie ;
- céréales (ex. blé tendre) ;
- oléagineux (ex. colza) ;
- tubercules (ex. pomme de terre) ;
- légumes-feuilles (ex. salade) ;
- fruits produits localement (ex. mirabelles) ;
- fourrages destinés aux animaux (ex. ensilage de maïs) ;
- lait de vache ;
- fromage ;
- viande bovine ;
- miel.

Biosphère (milieu naturel, produits agricoles)



Résultats pour le milieu naturel

- Radioactivité très faible, principalement d'origine naturelle, et représentative d'une zone à l'écart d'activités nucléaires

Résultats pour les produits agricoles

- Radioactivité très faible, principalement d'origine naturelle, et représentative d'une zone à l'écart d'activités nucléaires
- Quelques éléments radioactifs d'origine artificielle issus de sources connues telles que les retombées des essais atmosphériques d'armes nucléaires ou encore de Tchernobyl enregistrés en adéquation avec les niveaux nationaux mesurés
- ^{40}K élevé dans le colza

Cohérence avec le bruit de fond national attendu pour la biosphère

Conclusion - Synthèse



Bruit de fond radiologique typique de bassin sédimentaire avec un bas niveau

- Zone d'analyse éloignée de toute activité nucléaire
 - CEA Valduc, CNPE Nogent-sur-Seine, CNPE Cattenom à 120-140 km
 - CNPE Chooz et Fessenheim à 200 km
 - Sites stockage Andra à Soulaines et Morvilliers à 50 km
 - Pas de centre hospitalier avec radiothérapie en amont Saulx/Ornain

Concentrations en radionucléides naturels telluriques (hors ^{40}K) et artificiels dans une gamme de valeurs basses classique de l'environnement en France

- Dépôts dûs à l'accident de Tchernobyl
 - Modérés (pluviométrie faible du 1^{er} au 5 mai 1986)
- Géologie du sous-sol (calcaires, marnes et argiles)
 - Non propice à l'abondance de radionucléides naturels de la famille uranium/thorium

Bruit de fond radiologique au droit de Cigéo cohérent avec son environnement

Nouveau état radiologique

Nouvel état 0 radiologique prévu préalablement à la mise en service du centre de stockage

○ Instruction DAC – Rapport du GPI

- 2024-E7 - L'Andra présentera, préalablement à la mise en service, les résultats de la nouvelle campagne de caractérisation de l'état initial radiologique et chimique de l'environnement prévue par l'Andra dans le secteur de Meuse/Haute-Marne. Cette campagne :

- • intégrera les éléments susceptibles d'être présents dans l'environnement, naturellement ou du fait d'activités humaines non liées à Cigéo. Pour les éléments non détectés jusqu'à présent, une analyse croisée des impacts avec les techniques analytiques existantes et les coûts afférents sera réalisée ;
- • inclura en particulier les éléments issus des verses si les recherches de leur effet sur l'environnement en démontrent la nécessité ;
- • sera réalisée dans les différents compartiments de l'environnement, à l'aide des meilleures techniques disponibles.

○ Le nouvel état 0 radiologique prendra en compte les MTD sur les paramètres analysés et se fera en lien avec le plan de surveillance de l'environnement

Merci de votre attention