

Analyse critique de la CRIIRAD (volet radioécologie)

SYNTHÈSE

Introduction

1. Une étude au rabais (2 - 4)
2. Une densité d'erreurs invraisemblable (4 - 11)
3. Une publication opaque (11 - 13)

Conclusion (14 - 16)

Annexes (17-19)



INTRODUCTION

Le projet **Cigéo** (Centre Industriel de stockage GÉologique) prévoit d'enfouir dans une couche d'argile les **déchets radioactifs les plus dangereux** : déchets de haute activité (HA) et déchets de moyenne activité à vie longue (MA-VL). Le projet est colossal : installations de surface, descenderie, puits, liaison intersites, terminal ferroviaire, et surtout une zone de stockage impliquant la construction de plus de 250 km de galeries, à quelques 500 m de profondeur. Construction et exploitation seront conduites en parallèle, avec une fermeture envisagée à l'horizon 2150 (mais les déchets devront rester confinés sur des centaines de milliers d'années voire plus). L'**Andra** (Agence nationale pour la gestion des déchets radioactifs) est le maître d'ouvrage du projet et le futur exploitant du centre.

Afin d'obtenir la reconnaissance de l'utilité publique de Cigéo et son classement parmi les opérations d'intérêt national, l'Andra a constitué un volumineux [dossier](#) : autour de 5 000 pages dont 2 000 environ pour **l'étude d'impact**, la **pièce maîtresse** du dossier soumis à enquête publique.

Le stockage concernant des déchets radioactifs, le **volet radioécologique** de l'étude doit être particulièrement approfondi, cohérent et rigoureux, garantissant une caractérisation précise, fiable et transparente des **niveaux de radioactivité de l'environnement**. Cette analyse de la situation actuelle doit en effet permettre d'appréhender les conséquences potentielles du projet et servir de référence pour déterminer à terme (si Cigéo est autorisé) l'impact de la construction et du fonctionnement des installations, en situation normale comme accidentelle.

C'est sur cet état des lieux radiologique qu'a porté **l'analyse critique de la CRIIRAD**. D'autres parties n'entraient pas dans son champ de compétence ou auraient nécessité un investissement trop important. L'étude est en effet réalisée **sur ses fonds propres**, grâce au soutien de ses adhérents et sympathisants. **L'objectif** était de vérifier la pertinence et la rigueur du travail effectué, la réalité des engagements de l'Andra (mobilisation d'experts internes et externes, double procédure de validation, transparence) et le respect des obligations réglementaires (tant sur la compétence des scientifiques impliqués que sur la qualité de l'étude). **Les principaux constats sont résumés dans les pages qui suivent et illustrés par les exemples les plus significatifs.**

I. UNE ETUDE AU RABAIS

L'état des lieux de la radioactivité dans l'environnement doit être exemplaire, suffisamment pertinent et précis pour documenter la situation actuelle et permettre le suivi ultérieur de l'impact du stockage de déchets radioactifs. Or, l'analyse de la CRIIRAD révèle une étude *a minima*, superficielle et lacunaire, constituée d'apports divers qui manquent de cohérence et ne sont pas forcément adaptés. Le résultat est bien loin des exigences requises pour une étude d'impact standard, a fortiori pour un projet aussi complexe et dangereux que Cigéo.

I.1. Lacunes et insuffisances

Alors que le contenu de l'étude d'impact doit être proportionné à l'importance et à la nature des risques induits par les installations, ce qui frappe d'abord c'est le peu de pages consacrées au volet radiologique. Sur les 570 pages traitant de l'état actuel de l'environnement, moins de 13 concernent la caractérisation radiologique de l'environnement¹. Le constat est identique pour le volume consacré à la méthodologie mise en œuvre² : à peine 6 pages sur 278.

Difficile de croire l'Andra quand elle affirme « *disposer de données nécessaires et suffisantes à l'évaluation des incidences du projet* ».

Les **lacunes** concernent aussi bien la nature des investigations que les catégories d'analyse ou les radionucléides recherchés. Signalons notamment l'absence de cartographie des **débits de dose gamma**, un état de référence pourtant indispensable pour évaluer ensuite l'impact dosimétrique des différentes activités : passages des camions et wagons transportant les déchets radioactifs, entreposages des colis radioactifs, dépôts des terres excavées, rejets radioactifs, etc. L'absence de données sur l'exposition externe est incompréhensible et n'est d'ailleurs ni signalée ni justifiée par les auteurs. Mentionnons également l'absence de cartographie des concentrations et des flux d'exhalation du **radon** dans l'air ou encore l'absence d'analyse sur des radionucléides importants (par exemple ni l'américium 241, ni le strontium 90 n'ont été recherchés dans les sols)³. Le cas du radon est détaillé en [annexe 1](#).

Lorsque le nombre d'analyse est mentionné (c'est rarement le cas), il s'avère que ni le nombre d'échantillons analysés, ni la nature des contrôles ne sont à la hauteur des enjeux.

Prenons l'exemple, particulièrement probant, des **eaux souterraines profondes**⁴. Pour ce compartiment essentiel pour le suivi de l'impact du stockage, l'Andra annonce une « *campagne spécifique* », mise en œuvre en 2015. Le terme « campagne » est présomptueux : **2** échantillons seulement ont été prélevés (un seul pour chacune de ces formations géologiques !). De plus, n'ont été mesurées que les activités **alpha et bêta global** : il s'agit de simples analyses de **dépistage**, peu coûteuses, mais qui ne permettent pas d'identifier et quantifier les radionucléides présents. Dans le dispositif de contrôle réglementaire de la qualité des eaux brutes et d'alimentation, ces mesures sont autorisées, malgré leurs limites, pour le contrôle en routine des eaux (des dizaines de milliers d'analyses par an). Or, l'étude Cigéo n'a rien d'une investigation de routine : pour cette étude de référence qui concerne le stockage des déchets radioactifs les plus dangereux de France, des caractérisations radiologiques détaillées sont impératives.

Ajoutons que les auteurs écartent également la réalisation d'analyses de **tritium et de carbone 14**, affirmant que ces radionucléides cosmogéniques « *sont absents dans les eaux souterraines profondes (calcaires Oxfordien et Dogger), sans communication avec la surface.* » Il serait plus conforme à une démarche scientifique de ne pas partir d'*a priori* et d'effectuer les analyses afin de vérifier si les résultats confortent, ou au

¹ Dossier d'enquête publique préalable à la déclaration d'utilité publique du centre de stockage Cigéo 2021 ; Pièce 6 : Étude d'impact ; Volume III : État actuel de l'environnement et facteurs susceptibles d'être affectés par le projet.

² Dossier DUP Cigéo ; Pièce 6 : Étude d'impact ; Volume VII : Méthodes de réalisation.

³ Ces analyses sont pourtant annoncées dans le volume Méthodes de réalisation : les multiples contradictions internes du dossier sont traitées dans la partie suivante.

⁴ Couches de l'Oxfordien calcaire et du Dogger.

contraire questionnent, le postulat d'absence de communication entre la surface et les aquifères profonds. Dans tous les cas, seules des caractérisations radiologiques et chimiques complètes permettraient d'établir un point zéro fiable et de déceler ensuite, le plus précisément et précocement possible, des divergences éventuelles par rapport aux prévisions des experts. Tout se passe comme si les responsables de l'étude se mettaient en situation d'en voir le moins possible une fois la construction de Cigéo autorisée.

Toutes ces insuffisances sont aggravées par l'absence de stratégie d'ensemble, nombre de résultats n'ayant pas été obtenus dans le cadre d'une étude d'impact spécifiquement dédiée à Cigéo.

I.2. Manque de cohérence et de pertinence scientifique

L'importance des enjeux exigeait un plan d'investigation cohérent, répondant à des objectifs précis, définis par rapport aux caractéristiques et défis de Cigéo. En lieu de quoi, l'Andra présente un assemblage de campagnes de prélèvement réalisées à des périodes différentes et dans des contextes hétérogènes. Une partie notable de l'étude est ainsi constituée de données issues du **suivi du laboratoire souterrain de Bure**. Cette installation est située en dehors de la zone d'implantation de Cigéo et ne devait accueillir aucun déchet radioactif. En conséquence, ni la localisation des prélèvements, ni la qualité des analyses ne correspondent aux objectifs et exigences d'une étude d'impact adaptée au centre de stockage de Cigéo.

Par exemple, pour caractériser la radioactivité de l'eau des calcaires du Barrois (eau souterraine superficielle), les rédacteurs soulignent qu'ils ont retenu les résultats des 3 forages « *les plus proches du centre de stockage Cigéo* ». Ils omettent de préciser que les résultats proviennent du suivi du laboratoire de Bure et que ces forages sont tous situés en dehors de la ZIRA⁵ où les ouvrages souterrains de Cigéo doivent être implantés⁶. Il était pourtant possible d'obtenir des échantillons plus représentatifs puisque c'est ce qui a été fait pour les analyses chimiques⁷. De plus, la précision des analyses est insuffisante et ne permettrait pas de mettre en évidence des phénomènes de contamination précoce. La limite de détection sur le tritium est par exemple de 2,5 Bq/L. C'était peut-être suffisant pour le laboratoire de Bure où aucun déchet radioactif n'était prévu mais pas pour Cigéo. Réutiliser les résultats de Bure est certes plus économique mais l'étude perd en pertinence et en précision, ce qui n'est pas acceptable.

Autre source de données : **l'Observatoire pérenne de l'environnement (OPE)** mis en place par l'Andra pour disposer, entre autres, de mesures régulières sur des indicateurs physiques, chimiques, biologiques ou radiologiques. Dans ce cas, cependant, deux problèmes se cumulent : le premier est que le paramètre « radioactivité » constitue le parent pauvre des activités de l'OPE, beaucoup moins bien traité que les autres indicateurs et sans connexion avec eux, ce qui appauvrit singulièrement l'analyse des données ; le second problème tient à la façon dont les auteurs de l'étude d'impact ont utilisé ces données. L'information n'étant pas disponible sur le site de l'OPE⁸, la CRIIRAD s'est référée à un rapport de l'OPE présentant les données de 2008-2013⁹. Y figurent des résultats, des commentaires, des formulations que l'on retrouve dans l'étude d'impact (y compris les fautes d'orthographe), avec en prime toute une série d'erreurs : par exemple la disparition des mesures de plutonium réalisées sur les sangliers et les légumes feuilles (alors que les maxima

⁵ La Zone d'Intérêt pour la Reconnaissance approfondie (ZIRA) est une zone de 30 km² considérée par l'Andra comme propice à l'implantation des installations souterraines.

⁶ A défaut, ils auraient dû démontrer que les forages choisis en dehors de la ZIRA étaient malgré tout représentatifs des aquifères situés dans la zone d'implantation de Cigéo.

⁷ Plusieurs échantillons d'eau souterraine ont ainsi été prélevés dans la zone de transposition et de la ZIRA.

⁸ Pour l'État radiologique de l'environnement (rubrique Qualité de l'environnement), il est indiqué « [Site en construction - données à venir prochainement](#) ». Cette mention perdure (constatée en 2022 et encore présente en septembre 2024).

⁹ Document technique. État de l'environnement du territoire de l'observatoire pérenne de l'environnement. Résultats de 2008 à 2013. Andra, 2015

sont mesurés dans la salade) ou la publication d'intervalles de résultats erronés (ainsi pour les niveaux de plutonium 239+240 dans l'herbe et le fourrage)¹⁰.

Document technique de 2015 : minimum pour le plutonium 239+240 = 2,805 mBq/kg

3 échantillons (herbes de Mandres-en-Barrois et Ribeaucourt, foin de Saudron) présentent des concentrations en transuraniens similaires entre 0,129 et 0,173 mBq.kg⁻¹ sec en ²³⁸Pu. entre 2.805 et 5,139 mBq.kg⁻¹ sec en ²³⁹⁺²⁴⁰Pu et entre 1,223 et 2,136 mBq.kg⁻¹ sec en ²⁴¹Am.

Étude d'impact de Cigéo : minimum pour le plutonium 239+240 = 0,3 mBq/kg

Certains échantillons d'herbes à Mandres-en-Barrois et Ribeaucourt, et de foin à Saudron présentent des niveaux de radioactivité de 0,17 mBq.kg⁻¹ sec maximum en ²³⁸Pu, variant entre 0,3 mBq.kg⁻¹ et 5,1 mBq.kg⁻¹ sec en ²³⁹⁺²⁴⁰Pu et variant entre 1,22 mBq.kg⁻¹ et 2,14 mBq.kg⁻¹ sec en ²⁴¹Am.

Et l'utilisation désinvolte des données OPE conduit parfois à des aberrations. Les experts concluent ainsi que les niveaux de césium 137 les plus élevés sont mesurés dans les champignons (**39 Bq/kg**) alors qu'ils viennent d'écrire que la contamination des mousses atteint **300 Bq/kg**. Sauf à imaginer que les experts pensent que 39 est supérieur à 300, une explication possible est la reprise sans réflexion de la conclusion de l'étude de 2015... et les experts en charge des relectures n'ont rien détecté.

Document technique de 2015 : maximum dans les champignons (c'est VRAI)

Les concentrations les plus élevées (entre 20 et 30 Bq.kg⁻¹ sec) sont relevées sur les champignons, puis, entre 1 et 5 Bq.kg⁻¹ sec, les mousses terrestres et les viandes de gibier (chevreuil de Bonnet et sanglier de Montiers-sur-Saulx).

Étude d'impact de Cigéo : maximum dans les champignons (c'est FAUX)

Les niveaux de radioactivité en ¹³⁷Cs varient entre 2 Bq.kg⁻¹ et 300 Bq.kg⁻¹ sec dans les mousses terrestres analysées.

Les niveaux de radioactivité les plus élevés en ¹³⁷Cs (entre 20 Bq.kg⁻¹ et 39 Bq.kg⁻¹ sec) sont relevés sur les champignons (cèpes de Bordeaux). Ceci s'explique par la présence de norbadione dans le chapeau du bolet, un pigment qui piège chimiquement le césium (100).

NB : la CRIIRAD doute par ailleurs de l'explication relative à la norbadione¹¹.

Ajoutons pour terminer que, malgré ces emprunts non maîtrisés au suivi de Bure et à l'OPE, la caractérisation radiologique du secteur de Cigéo reste très incomplète. Les données manquantes ont parfois été remplacées par des résultats provenant d'autres régions de France, sans démonstration de leur pertinence pour la zone étudiée.

¹⁰ Les auteurs de l'étude d'impact ont apparemment ajouté le résultat d'un prélèvement effectué à Bonnet (que les auteurs du rapport de 2015 n'avaient pas retenu dans leur commentaire car le niveau de plutonium 238 n'était pas mesurable). Dans ce cas, il fallait être cohérent : ajouter Bonnet à la liste des communes et revoir aussi l'intervalle de l'américium 241. La négligence des experts conduit à la publication de données erronées.

¹¹ Les articles scientifiques consultés par la CRIIRAD mentionnent en effet la présence de ce pigment dans le bolet bai (pas dans le cèpe de Bordeaux). L'Andra a été interrogée à ce sujet en mai 2024. La réponse reçue ne traitant pas la question, une seconde demande a été envoyée le 13/06/2024 par la CRIIRAD et reste en attente de réponse (à ce jour 10/09/2024).

II. UNE DENSITE D'ERREURS INVRAISEMLABLE

Lister toutes les anomalies serait fastidieux mais se contenter de quelques exemples ne rendrait pas compte du nombre et de la variété des erreurs identifiées, concentrées qui plus est dans moins de 20 pages. Aussi avons-nous choisi de les regrouper ci-après en deux grandes catégories, incompétence et incohérence, illustrées chacune par quelques exemples significatifs.

Signalons en préalable que le texte comporte également un nombre inquiétant d'anomalies de forme : fautes lexicales et grammaticales, coquilles, phrases non terminées, parenthèses non refermées, retours à la ligne intempestifs... Sans compter les nombreuses erreurs de référencement, par exemple dans les renvois du volume des résultats au volume méthodologie qui devaient pourtant aider le lecteur à se repérer. Alors que l'Andra souligne l'abondance des vérifications, tout se passe comme si le texte n'avait même pas été relu.

A titre d'exemple, voici ce que l'on trouve dans le chapitre relatif aux eaux souterraines (page 105) : deux paragraphes quasiment identiques (le second ajoute juste trois références juridiques : les ajouts sont soulignés en rouge dans la reproduction ci-dessous). Les auteurs ont manifestement fait un copié-collé, procédé à la correction, puis oublié de supprimer le paragraphe initial. Les doubles vérifications (internes à l'Andra et par des experts indépendants) n'ont manifestement rien détecté. Or, pour ne pas identifier le doublon, il faut que les contrôleurs aient lu sans comprendre, en survolant, ou en pensant à tout autre chose.

5.2.3.4 **Caractéristiques radiologiques**

a) **Contexte réglementaire**

Il n'existe pas de texte réglementaire fixant des limites de radioactivité dans l'environnement ou dans les ressources en eaux destinées à la consommation humaine (eaux de surface ou eaux brutes).

Des niveaux de référence, issus de l'arrêté du 11 janvier 2007 (35) relatif aux limites et références de qualité des eaux brutes et des eaux destinées à la consommation humaine; référencé à l'article R. 1321-3 du code de la santé publique, sont utilisés à titre indicatif pour les paramètres suivants : activité alpha et bêta globale, dose totale indicative (DTI) et tritium. Ces niveaux sont présentés dans le tableau 5.2-4 ci-dessous.

Des niveaux de référence, issus de l'arrêté du 11 janvier 2007 (35) relatif aux limites et références de qualité des eaux brutes et des eaux destinées à la consommation humaine mentionnées aux articles R. 1321-2, référencé à l'article R. 1321-3, R. 1321-7 et R. 1321-38 du code de la santé publique, sont utilisés à titre indicatif pour les paramètres indicateurs de la radioactivité suivants : activité alpha et bêta globale, dose totale indicative (DTI) et tritium. Ces niveaux sont présentés dans le tableau 5.2-4 ci-dessous.

II.1. Des erreurs qui mettent en cause la compétence des auteurs

L'étude renferme de nombreuses affirmations ponctuelles inexactes. Par exemple, contrairement à ce qu'affirment les experts dans l'étude d'impact :

- le descendant du thorium 234 n'est pas le protactinium 230 mais le protactinium 234 métastable ;
- l'uranium 235 et l'uranium 238 ne sont pas des éléments différents mais des isotopes d'un même élément ;
- la demi-vie du thorium 232 n'est pas de l'ordre du milliard d'années mais de 14 milliards d'années (et donc de l'ordre de la dizaine de milliards d'années) ;
- les os ne sont pas le site de fixation privilégié du potassium 40 : il diffuse dans tout l'organisme et notamment les muscles (les auteurs ont probablement confondu avec le strontium 90) ;
- etc.

Certaines erreurs concernent des concepts de base en physique nucléaire et radioécologie

✓ **Les unités de mesure ne sont pas maîtrisées**

- Commençons par l'unité de mesure de la radioactivité, le **becquerel** (Bq). Les auteurs de l'étude d'impact écrivent que « le becquerel représente la quantité d'énergie apportée par les rayonnements ionisants des éléments radioactifs ». L'affirmation est complètement fautive : le becquerel représente l'activité, c'est à dire le nombre de désintégrations (transformations du noyau d'un atome) qui se produisent par seconde,

et ce quelle que soit la quantité d'énergie libérée et transportée par les rayonnements ionisants. À la différence de la dose, l'activité (Bq) n'est pas concernée par la notion d'énergie.

- Autre exemple, le **radon**, un gaz radioactif très radiotoxique. Dans la partie consacrée à l'air, les auteurs présentent des résultats en becquerels par mètre cube d'air (**Bq/m³**), c'est-à-dire des concentrations de radon dans l'air, comme des résultats relatifs au flux d'exhalation à la surface du sol, qui ne s'expriment pas en Bq/m³ mais (très logiquement) en Bq par mètre carré et par seconde (**Bq/m²/s**) ! L'erreur se répète dans plusieurs chapitres du dossier (y compris dans le volume méthodologie), laissant craindre qu'il ne s'agisse pas d'une simple étourderie, mais d'un réel défaut de compréhension des mécanismes en jeu, aussi bien chez les auteurs que chez les vérificateurs.
- Dans une autre partie de l'étude, consacrée au milieu naturel, un tableau indique que des feuilles d'arbres ont des concentrations de **carbone 14** comprises entre 237 Bq/kg sec et 243 Bq/kg sec. Si ces résultats étaient exacts, ils indiqueraient une pollution caractérisée dont il faudrait absolument rechercher l'origine, et non une situation normale comme l'indique l'étude. En réalité, ces valeurs ne correspondent pas à l'activité du carbone 14 rapportée au poids sec de l'échantillon (**en Bq/kg sec**) mais rapportée au carbone total (**en Bq/kg C**). Un vérificateur compétent aurait dû repérer l'anomalie ; un vérificateur incompetent mais attentif aurait dû relever des contradictions entre le texte (où l'unité est correcte) et le tableau (où elle ne l'est pas) et alerter les auteurs.

✓ **Des erreurs récurrentes sur l'uranium**

L'une des erreurs les plus saisissantes concerne la **composition de l'uranium naturel**, et plus précisément le rapport entre les deux isotopes principaux qui le composent : l'uranium 235 et l'uranium 238. Connaître les rapports en masse ou en activité de ces deux radionucléides permet de caractériser la nature de l'uranium : uranium naturel (UN), uranium appauvri (UA) ou uranium enrichi (UE). Ces connaissances ne relèvent pas vraiment de l'expertise : elles sont élémentaires et connues de tout scientifique qui s'intéresse un tant soit peu au cycle du combustible nucléaire. Or les auteurs de l'étude d'impact se trompent à de multiples reprises sur cette question. Ils confondent rapport de masse et rapport isotopique et commettent des erreurs de calcul atteignant un facteur 100 sur le rapport massique qu'ils publient. L'erreur se répète pour chaque compartiment environnemental, aussi bien dans les commentaires que dans les tableaux. La méconnaissance de ces données de base est incompréhensible.

Démonstration.

Dans la partie relative au milieu aquatique et dans les explications du volume « méthodologie », les auteurs annoncent un rapport isotopique de 0,72 (rapport obtenu en divisant l'activité de l'uranium 235 par celle de l'uranium 238) et déduisent de ce constat qu'il s'agit d'uranium naturel. Cette conclusion est complètement fautive : un rapport isotopique de 0,72 ne correspond pas à une situation naturelle ! Pour qu'il s'agisse d'uranium naturel, la valeur devrait être plus de 15 fois inférieure, de l'ordre de **0,046** (cf. tableau ci-dessous). Un rapport de 0,72 indique au contraire un excès d'uranium 235 tout à fait anormal. S'il était exact, il indiquerait la présence d'uranium enrichi, avec un taux d'enrichissement d'environ **11%**, c'est-à-dire très supérieur à celui du combustible nucléaire utilisé par EDF dans ses centrales (3 à 5%). Les résultats d'analyse n'étant pas publiés (comme souvent dans l'étude), il est impossible de vérifier le calcul.

Quoi qu'il en soit, de deux choses l'une : soit l'uranium est naturel et le rapport de 0,72 est faux ; soit le rapport est exact et il ne s'agit pas d'uranium naturel mais d'une contamination par de l'uranium enrichi (et dans ce cas une enquête est impérative).

Caractéristiques de l'uranium naturel	Activités spécifiques typiques	Rapport isotopique U5/U8	Composition massique	Rapport massique U5/U8
Uranium 238	12 350 Bq/g	0,046	99,275 %	0,00724
Uranium 235	570 Bq/g		0,719 %	

NB : selon les sources, les activités spécifiques varient légèrement, tout comme la composition massique (de 99,27% à 99,30% pour l'U238 ; de 0,71% à 0,72% pour l'U235 ; l'U234 représentant moins de 0,006%).

Dans d'autres parties de l'étude (par exemple les sols et les sous-sols), le rapport de 0,72 n'est plus annoncé comme un rapport isotopique mais comme un rapport de masse (rapport obtenu en divisant la masse de l'uranium 235 par celle de l'uranium 238). Aucun expert ne saurait pourtant confondre deux concepts aussi élémentaires. Comme pour le rapport isotopique, les auteurs concluent que « *les rapports de masse $^{235}\text{U}/^{238}\text{U}$ sont proches de 0,72, valeur caractéristique de l'uranium naturellement présent dans l'environnement.* ». Cette affirmation est doublement fautive : 1/ un rapport en masse de 0,72 ne correspond pas à une situation naturelle mais à une contamination par de l'uranium enrichi, et qui plus est fortement enrichi : plus de **40%** d'uranium 235 contre 0,7% environ dans l'uranium naturel ! ; 2/ les auteurs se sont trompés (lourdement !) en calculant le rapport massique $^{235}\text{U}/^{238}\text{U}$ à partir de leurs résultats (diviser une activité par une autre est pourtant une opération élémentaire). Nous avons pu le vérifier en utilisant les intervalles de résultats publiés par l'Andra pour les sols¹². Nos calculs montrent que le rapport de masse $^{235}\text{U}/^{238}\text{U}$ ne peut pas être supérieur à 0,013 : une valeur de 0,72 est formellement exclue. Le résultat le plus probable est de l'ordre de 0,005, plus de 100 fois inférieur à la valeur annoncée par les experts de l'Andra !¹³

Comment expliquer ces différentes erreurs sans mettre en cause la compétence des auteurs et contrôleurs de l'étude d'impact ?

Des affirmations non étayées :

- L'exemple des **eaux superficielles** est particulièrement éloquent : les auteurs affirment que « *la stabilité des niveaux de radioactivité observés sur les différentes campagnes reflète l'absence de variabilité imputable aux conditions de débit dans les cours d'eau, aux conditions météorologiques ou à des apports issus de rejets radioactifs [...]* ». Or, l'examen du tableau montre qu'il n'y a eu que deux campagnes de prélèvement (en 2007 puis 2016), avec un nombre de prélèvements très réduit : trois prélèvements en 2007 et quatre en 2016, répartis en outre sur quatre cours d'eau différents (l'Ornain n'a été prélevé qu'une fois en 2016 ; deux des trois autres ruisseaux n'ont pas été échantillonnés à la même station). De plus, ni les débits, ni les conditions météorologiques, pas même les dates de prélèvement, ne sont documentés. On voit donc mal comment démontrer l'absence d'impact de ces paramètres. Ajoutons que les résultats concernent des activités globales (alpha et bêta) et donc sans identification des radionucléides présents. Dès lors, des résultats apparemment stables peuvent masquer des changements notables dans la composition radio-isotopique de l'eau. Et pour finir, cerise sur le gâteau, des prélèvements d'eau ponctuels ne peuvent renseigner que sur la qualité de l'eau à l'instant « t » : ils ne sauraient démontrer « *l'absence de variabilité imputable à des apports issus de rejets radioactifs* ». De fait, des apports auraient pu se produire n'importe quels jours au cours des neuf ans qui séparent les deux prélèvements sans que les contrôles reflètent quoi que ce soit !
- Revenons également sur le cas des **eaux souterraines profondes**. Ainsi que le montre le tableau reproduit ci-après, les quatre analyses de dépistage effectuées dépassent toutes les références de qualité : 0,1 Bq/L pour l'alpha et 1 Bq/L pour le bêta¹⁴. La réglementation prise en référence par l'Andra stipule qu'en cas de dépassement, des analyses complémentaires sont nécessaires pour identifier les radionucléides responsables de cette activité anormalement élevée. Alors que les deux seuils (alpha et bêta) sont systématiquement dépassés, les auteurs de l'étude concluent à des activités « très faibles » et referment le dossier sans autre investigation !

¹² Ces résultats sont les seuls disponibles. Ils sont exprimés en Bq/kg mais connaissant l'activité spécifique des isotopes de l'uranium, il est possible de convertir les activités massiques (Bq/kg) en masse (mg) et de calculer ensuite le rapport des masses.

¹³ Faute de résultats détaillés, nous n'avons pas pu effectuer de calculs précis par échantillon. Toutefois, sur la base des quatre résultats disponibles, le rapport maximum théorique est de 0,013 ; le minimum de 0,0018 ; les rapports les plus probables étant de 0,0047 et 0,0049 (d'où la valeur arrondie de 0,005 que nous avons retenue).

¹⁴ Dans le cas de l'activité bêta globale, le dépassement doit être vérifié par l'analyse du potassium 40 et la déduction de sa contribution.

Tableau 5.2-6 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

La radioactivité de la masse d'eau de l'Oxfordien calcaire - Dogger est très faible et à des niveaux cohérents avec le bruit de fond naturel.

✓ Des contresens flagrants

Nous terminerons par les difficultés que rencontrent les auteurs dans l'interprétation d'un simple graphique de données. Nous détaillons ci-après deux exemples révélateurs. Ils sont extraits du chapitre consacré à la radioactivité des **produits agricoles**.

1/ Les auteurs de l'étude d'impact affirment tout d'abord que « *les produits issus des animaux présentent toujours des niveaux de radioactivité inférieurs, voire très inférieurs, à ceux des végétaux* ». A l'appui de leur propos, ils publient un graphique extrait d'une étude de l'Institut de Radioprotection et de Sûreté nucléaire (IRSN)¹⁵. Y sont recensés tous les résultats obtenus par l'IRSN depuis 2009 sur des denrées alimentaires pour 6 radionucléides artificiels¹⁶ : plutoniums 239+240, césium 137, strontium 90, tritium et carbone 14. Contrairement à ce que soutiennent les experts de l'Andra, l'examen du graphique de l'IRSN montre clairement que certains produits issus d'animaux présentent des niveaux de radioactivité supérieurs à ceux des végétaux dans leur ensemble ou de certains d'entre eux. Par exemple, pour le césium 137, les activités moyenne et maximale mesurées dans la viande de gibier dépassent celles de toutes les catégories de végétaux¹⁷ ; pour le strontium 90, c'est dans le fromage et la viande de gibier que sont mesurées les activités moyenne et maximale les plus élevées ; pour le plutonium, les maxima sont mesurés dans les céréales et les légumes feuilles mais très peu d'analyses ont été réalisées dans la viande de gibier et les activités mesurées dans ce produit dépassent par exemple celles des fruits et des légumes racines.

Cliquer pour accéder à [l'étude IRSN](#) (p. 57) et aux études d'impact de l'Andra 1/ [version DUP](#) (graphique p. 431, commentaire erroné p. 430) 2/ [version DAC](#) (graphique p. 395, commentaire erroné p. 394).

Ajoutons qu'au-delà du défaut de compréhension du graphique, cette généralisation catégorique est intrinsèquement fautive : les processus de concentration biologique de la radioactivité sont complexes et les cas de figure très divers, fonction des radionucléides, des organismes, des organes, des milieux, etc. Par exemple, en cas d'accident nucléaire, les concentrations d'iode radioactif dans les thyroïdes de bovins ou d'ovins peuvent être extrêmement élevées et bien supérieures à ce qui est mesuré dans les végétaux.

2/ Les auteurs de l'étude affirment ensuite qu'« *Un suivi de l'évolution spatiale et temporelle montre que les variations d'origine artificielle sont jusqu'à plusieurs ordres de grandeur inférieures aux fluctuations de la radioactivité ambiante d'origine naturelle* ». Cette seconde affirmation est tout aussi fautive que la première. Pour le constater il suffit de comparer le graphique précédent (sur l'activité des radionucléides artificiels dans les produits agricoles) à un second graphique, issu du même rapport IRSN et consacré à l'activité des radionucléides naturels dans les produits agricoles (figure 9, p. 56)¹⁸. Il apparaît clairement que les fluctuations de la radioactivité artificielle ne sont pas inférieures (et surtout pas de plusieurs ordres

15 Bilan de l'état radiologique de l'environnement français de 2015 à 2017. Rapport IRSN de 2018 (figure 10, page 57).

16 Il s'agit plus précisément de tous les résultats significatifs (activités supérieures aux limites de détection).

17 Pour rappel, les champignons ne sont pas des végétaux.

18 IRSN : figure 9, page 56 Les radionucléides naturels documentés sont l'uranium 238, le radium 226 (ou bismuth 214), le plomb 210, le polonium 210 et le potassium 40

de grandeur) à celles de la radioactivité naturelle, mais supérieures : que l'on compare globalement l'ensemble des radionucléides artificiels et naturels ou ceux qui présentent les écarts maximaux (uranium 238 pour le naturel et césium 137 pour l'artificiel), les écarts vont d'un facteur 10 à 1 000 en faveur de l'artificiel. Comment peut-on se tromper sur des constats aussi évidents ?

Et comment affirmer en plus que ce constat est basé sur le suivi de l'évolution spatiale mais aussi temporelle ? En effet, alors que la radioactivité naturelle est généralement stable dans le temps, les niveaux de radioactivité artificielle peuvent être multipliés par 1 000, 10 000 ou plus du fait des activités humaines (cf. impact des essais nucléaires militaires ou de la catastrophe de Tchernobyl).

II.2. Un nombre extravagant de contradictions

Certaines incohérences sont perturbantes mais sans incidence sur la compréhension des résultats.

C'est par exemple le cas pour la définition du becquerel : une définition totalement fautive est immédiatement suivie d'une définition correcte (cf. reproduction ci-dessous) : dans la phrase le becquerel correspond à la « quantité d'énergie apportée par les rayonnements » (ce qui est faux) ; dans l'encadré « au nombre de désintégrations » (ce qui est exact).

Le becquerel représente la quantité d'énergie apportée par les rayonnements ionisants des éléments radioactifs.

» DÉFINITION DU BECQUEREL

Le becquerel (Bq) est l'unité internationale de mesure de la radioactivité.

Le nombre de Becquerel correspond au nombre de désintégrations qui se produisent à chaque seconde au sein d'une certaine masse de matière contenant des éléments radioactifs.

D'autres incohérences sont encore plus flagrantes : dans un tableau, une colonne annonce des mesures sur trois aliments différents mais la colonne suivante précise que seulement deux échantillons ont été prélevés ; un tableau annonce que c'est la « viande bovine » qui a été sélectionnée pour les contrôles et le tableau en vis-à-vis recense un seul prélèvement de vache et l'autre de mouton. Et tout est à l'avenant.

Le plus souvent, cependant, les contradictions sont très pénalisantes car elles portent sur les résultats (contradictaires ou absents) et, faute d'accès à la base de données, les doutes sont impossibles à dissiper. Dans certains cas, elles pourraient même masquer la dissimulation délibérée de résultats.

- Prenons d'abord un exemple simple de contradiction entre deux chapitres de l'étude : quel est le niveau maximum de tritium dans les feuilles d'arbre ? 1,7 Bq/kg sec comme indiqué dans la partie « milieu naturel » ou de 4 Bq/kg sec comme l'affirme la partie « produits agricoles » ? Impossible de trancher¹⁹.
- Les incohérences sont particulièrement nombreuses et problématiques entre le volume « méthodologie » et le volume « état actuel » où sont présentés les résultats. Le premier annonce par exemple la réalisation de six analyses de plutonium dans des légumes et du sanglier mais on les cherche en vain dans le second ; même constat pour les analyses de strontium 90 et d'américium 241 dans les sols, ou encore pour la mesure des actinides (uraniums, plutoniums, américiums...) dans le milieu naturel. Autre exemple, celui des bioindicateurs aquatiques : le volume « méthodes » annonce la réalisation de six catégories d'analyse mais dans l'état des lieux une seule catégorie est publiée, une seconde est évoquée (mais sans résultats chiffrés), les quatre autres sont totalement passées sous silence. Impossible de savoir si les analyses ont été réalisées ou non et, dans l'affirmative, si les résultats ont été volontairement dissimulés ou s'il s'agit d'un « simple » oubli.

¹⁹ Et d'autant moins que nous doutons en outre de la réalité du premier résultat : ce maximum de 1,7 pourrait en effet être déduit d'un résultat unique de $1,3 \pm 0,4$ Bq/kg sec, par addition de la marge d'incertitude : $1,3 + 0,4 = 1,7$ Bq/kg sec (le minimum mentionné dans le tableau, soit 0,9 Bq/kg, étant établi par déduction de la marge d'incertitude).

- Le cas du krypton 85 dans l'air illustre les contradictions entre les objectifs présentés dans le volume « méthodologie » et les réalisations du volume résultats. Dans le premier, les auteurs annoncent en effet des campagnes de mesures spécifiques, tenant compte de l'orientation des vents afin de détecter l'impact éventuel des rejets de La Hague, ce qui serait effectivement précieux pour la future surveillance de Cigéo. Or, cette problématique disparaît complètement de l'état des lieux. Le volume résultat indique seulement que « le niveau de radioactivité en ^{85}Kr mesuré à Houdelaincourt est d'environ 2 Bq.m^{-3} , ce qui correspond au bruit de fond observé en Europe »²⁰. Pas un mot sur le résultat des investigations annoncées. C'est d'autant plus troublant que la CRIIRAD a retrouvé des résultats sensiblement différents dans le rapport OPE de 2015 précédemment cité²¹ : en 2011, trois prélèvements ont été réalisés pour déterminer le niveau de krypton 85 dans le secteur de Cigéo. Résultats : 2 Bq/m^3 pour le prélèvement hors influence de La Hague et jusqu'à 5 Bq/m^3 pour les prélèvements sous influence potentielle. Impossible de savoir pourquoi l'étude d'impact ne rend pas compte de ces résultats.²²
- Des incohérences sont aussi relevées entre les tableaux de résultats et les graphiques qui les illustrent, sans que l'on puisse savoir quels chiffres sont corrects (peut-être aucun des deux ?) C'est par exemple le cas des mesures de plomb 210, de carbone 14 et de césium 137 dans l'air. Et que dire du plutonium dans les aérosols : le texte annonce qu'à la station d'Houdelaincourt le rapport isotopique est de 0,05, ce qui signifie que la contamination est due aux essais nucléaires militaires passés. Cependant, pour produire un tel chiffre encore faudrait-il avoir mesuré l'activité du plutonium 238 d'une part et celle des plutoniums 239 et 240 d'autre part (pour obtenir le rapport isotopique, il faut diviser la première par la seconde). Or, tableau et graphique sont unanimes : ces mesures n'ont pas été faites à Houdelaincourt !

II.3. La densité des anomalies

Le volet radiologique étant particulièrement indigent (moins de 20 pages en incluant la méthodologie), la concentration de toutes les erreurs et contradictions est frappante. Afin de l'illustrer, nous prendrons l'exemple des niveaux de radium 226 dans les sols. Les résultats sont présentés dans le petit paragraphe de trois phrases reproduit ci-dessous.

Le niveau de radioactivité en ^{226}Ra des sols est variable de $39 \pm 4 \text{ Bq.kg}^{-1}$ à $101 \pm 10 \text{ Bq.kg}^{-1}$ selon ses caractéristiques. Ce niveau témoigne de la présence de roches sédimentaires à faible teneur en radium, exhalant donc peu de radon. En effet, le niveau de radioactivité moyen du ^{226}Ra dans les roches est de quelques dizaines de becquerels par kilogramme, mais elle peut être mille fois supérieure dans les sols ou les zones riches en uranium (tel qu'un massif granitique

Notons tout d'abord, sur l'aspect formel, que ces quelques lignes concentrent trois fautes d'accord (ses au lieu de leurs, elle au lieu de il, tel au lieu de tels²³) et une coquille (parenthèse non refermée). Sur le fond, les quelques affirmations émises sont soit discutables, soit carrément fausses :

1/ méconnaissance des niveaux de radium 226 caractéristiques des sols : des concentrations comprises entre 39 et 101 Bq/kg sec ne caractérisent pas des « roches sédimentaires à faible teneur en radium ». Si l'on se réfère aux données de l'UNSCEAR qui donne 35 Bq/kg en valeur médiane mondiale assortie d'un intervalle de 17 à 60 Bq/kg²⁴, il s'agit plutôt de valeurs moyennes, voire nettement supérieures à la moyenne pour le haut de la fourchette.

²⁰ L'Andra devrait préciser que le bruit de fond mesuré en Europe n'a rien de naturel : il est largement imputable aux rejets radioactifs de l'usine de retraitement de La Hague.

²¹ État de l'environnement du territoire de l'Observatoire Pérenne de l'Environnement (OPE). Voir note 7.

²² Pour aller plus loin (et parler de dissimulation de résultats), il faudrait savoir si le rapport OPE et l'étude d'impact se réfèrent aux mêmes campagnes de prélèvement. Cette vérification est toutefois impossible, l'étude d'impact ne précisant pas la date des prélèvements (pas même l'année !).

²³ Ou telles si les auteurs ne visaient que les « zones riches en radium ».

²⁴ United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation (UNSCEAR) 2000 Report Volume I (table 5).

2/ méconnaissance des mécanismes d'exhalation du radon par les sols : les risques ne dépendent pas uniquement de la teneur en radium des sols (en particulier de celle des sols superficiels). Il faut prendre en compte celle des formations plus profondes et surtout l'éventuelle présence de failles ou de cavités qui favorise la remontée rapide de l'air souterrain (avant que le radon n'ait eu le temps de se désintégrer). Or cet air souterrain contient des niveaux de radon variables, mais élevés²⁵.

3/ confusion entre les caractéristiques des massifs granitiques et celle des filons uranifères qu'ils peuvent abriter. C'est le point le plus choquant : des activités 1 000 fois supérieures à « quelques dizaines de Bq/kg » ne sont pas caractéristiques d'un massif granitique mais d'un minerai d'uranium ! De fait, pour des activités de 30 000 à 40 000 Bq/kg, la teneur en uranium est de 2 400 à 3 200 ppm. À titre de comparaison, les gisements d'uranium exploités en France avaient une teneur moyenne en uranium de 300 à 600 ppm pour le minerai traité par lixiviation statique et de 1 000 à 10 000 ppm pour le traitement par lixiviation dynamique ; pour le Niger, l'IRSN donne 3 000 à 4 000 ppm pour l'uranium de la Somair et de 2 000 à 6 000 ppm pour celui de la Cominak.

Il est important de souligner que ne sont traitées ici que les anomalies identifiables. D'autres problèmes éventuels, dans les prélèvements, les résultats ou les commentaires, ne sont pas détectables du fait de l'opacité de l'étude.

²⁵ C'est d'ailleurs ce que montre le tableau T3-3, page 61 de l'état actuel : de 1 000 à 150 000 Bq/m³ pour les formations sédimentaires et métasédimentaires, avec une moyenne de 40 000 Bq/m³.

III. UNE ETUDE OPAQUE

III.1. Pas d'accès aux résultats

Pour évaluer la qualité du travail effectué il est indispensable d'avoir accès à l'intégralité des résultats, et dans toute leur cohérence : les activités des différents radionucléides doivent être reliées à chaque échantillon analysé, lui-même dûment documenté (localisation, date de prélèvement, caractéristiques, etc.).

Rien de tel dans l'étude d'impact de l'Andra. Les résultats détaillés des analyses de radioactivité ne sont pas inclus dans le dossier. Dans la majorité des cas, le lecteur n'a accès qu'à des moyennes ou des intervalles (minima et maxima). Qui plus est, ces résultats parcellaires sont éclatés par radionucléide, sans qu'il soit jamais possible de disposer de l'ensemble des résultats relatifs à un échantillon. Les lacunes du volume « Méthodes de réalisation » placent l'étude d'impact de l'Andra en dehors des standards requis pour toute étude scientifique, a fortiori pour une installation destinée aux déchets radioactifs les plus dangereux.

Faute de vision d'ensemble des caractéristiques et des activités des échantillons, la compréhension de l'état radiologique réel de l'environnement de Cigéo est compromise, tout comme le sont les possibilités de vérification et d'interprétation critique des résultats.

L'exemple des sols est particulièrement probant. L'étude d'impact indique que 10 sites ont été contrôlés et que les concentrations en césium 137 sont comprises entre 14 et 36 Bq/kg sec. En l'absence de toute précision sur la profondeur des prélèvements, la nature et l'affectation des sols, il est impossible de savoir si ces résultats sont conformes aux attentes ou anormalement élevés. Or les sols constituent un compartiment clef, réceptacle des contaminations passées et à venir. L'exemple des sols est détaillé en [annexe 2](#).

III.2 Pas de publication sur le RNM

Faute de trouver les résultats dans l'étude d'impact, la CRIIRAD les a recherchés sur le site Internet du Réseau National de Mesures de la radioactivité de l'environnement ([RNM](#)).

Aux termes de la réglementation, tous les résultats qui participent de l'établissement de l'étude d'impact réglementaire de Cigéo auraient dû se retrouver sur ce site. L'article R1333-25 du code de la santé publique dispose en effet que le RNM « *a pour mission de contribuer à la surveillance des expositions de la population aux rayonnements ionisants et à l'information de la population* » et qu'il rassemble notamment « *les résultats de mesurages de la radioactivité de l'environnement effectués par l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire et par des laboratoires agréés* ». Les résultats qui doivent y figurer sont notamment « *ceux obtenus* :

1° Dans le cadre de la mise en œuvre de dispositions légales contribuant à l'évaluation des doses auxquelles la population est exposée notamment pour la surveillance des expositions autour des activités nucléaires ;

2° Par l'Autorité de sûreté nucléaire, des services de l'État ou des établissements publics d'État qui font effectuer des mesurages par des laboratoires agréés ou par l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire ».

Une seule de ces conditions suffirait mais les deux nous semblent remplies par l'étude d'impact Cigéo : 1/ l'Andra, qui est le maître d'ouvrage du projet Cigéo, est en effet un établissement public à caractère industriel et commercial (ÉPIC) ; 2/ Cigéo, destiné aux déchets de haute activité et moyenne activité à vie longue, est bien une « activité nucléaire » (avec le statut d'installation nucléaire de base (INB) réservé aux activités nucléaires les plus dangereuses) ; 3/ l'état des lieux radiologique de l'étude d'impact doit permettre d'évaluer les doses reçues actuellement par la population et servir de référence pour déterminer l'impact dosimétrique à venir des installations.

Or, les recherches de la CRIIRAD sur le site RNM ont été vaines : aucune trace des mesures de radioactivité réalisées sur les sols, sur les eaux (qu'elles soient souterraines ou de surface), sur le bétail, le gibier, les organismes aquatiques (poissons, mollusques ou autres), sur l'herbe ou les mousses... ni dans la Meuse, ni en Haute-Marne. La seule exception concerne le vecteur air mais les publications sont très incomplètes. L'Andra soutient par exemple que les mesures relatives à la radioactivité des aérosols sont régulièrement

publiées sur le site du RNM mais la CRIIRAD n'y a trouvé aucune mesure sur le strontium 90 ou sur les isotopes de l'uranium et du plutonium (alors que l'étude d'impact annonce des mesures tous les trois mois).

L'absence de publication est d'autant plus choquante qu'une partie des contrôles a été réalisée par l'IRSN qui est justement le gestionnaire du Réseau National de Mesures de la radioactivité de l'environnement²⁶.

Par ailleurs, en l'absence même d'obligation juridique, la publication devrait être effective en simple application de la « transparence » tant vantée par l'Andra (et par tous les acteurs du nucléaire, IRSN inclus).

Le lecteur en est réduit à constater les anomalies et les incohérences, sans pouvoir lever les doutes, ni sur les données réelles, ni sur les intentions des auteurs. L'opacité pose d'autant plus problème que dans les rares cas où les données sont disponibles, les vérifications de la CRIIRAD conduisent souvent à nuancer, voire démentir, les commentaires des auteurs.

III.3 Rien sur les experts en charge de la rédaction et des vérifications

Quels experts ont rédigé, ou contrôlé, l'étude radiologique ?

Étant donné le nombre et la gravité des erreurs relevées dans l'étude d'impact de Cigéo, nous avons recherché l'identité des personnes qui avaient contribué au point zéro radiologique : quelles expériences, quels financements, quelles positions sur le nucléaire en général et sur le projet Cigéo en particulier ?

Aux termes de l'article R122-5 du code de l'environnement (10° point), l'étude d'impact doit présenter « *les noms et qualités précises et complètes du ou des auteurs de l'étude d'impact et des études qui ont contribué à sa réalisation* ». C'est d'ailleurs ce qu'annonce l'Andra dans le sommaire du volume 1 de la pièce 6. Au final cependant ces informations ne sont pas fournies, l'Andra expliquant que « *l'augmentation des actes d'intimidation voire d'agression physique sur son personnel, y compris sur ses prestataires* » la contraignait à assurer l'anonymat des experts. Il faudrait vérifier si l'Andra a l'autorité nécessaire pour s'affranchir d'une obligation réglementaire.

Quoi qu'il en soit, si l'on met de côté l'identité des experts, il reste que l'étude d'impact ne répond pas non plus à l'exigence de communication des « *qualités précises et complètes* » des experts. Les formulations sont succinctes et très vagues : par exemple, « *Géologue, 27 ans d'expérience en environnement* » ou encore « *Chimiste, 11 ans d'expérience en environnement* ». Et l'on ne sait pas lequel des spécialistes a rédigé quelle partie. L'Andra aurait pu préserver l'anonymat tout en permettant un certain nombre de vérifications. Ce n'était manifestement pas son souhait.

L'Andra ne communique pas le nom de ses experts mais insiste sur les garanties de qualité dont elle s'est entourée, tant pour la rédaction de l'étude que pour le contrôle de sa qualité, basé sur un double processus de validation, interne et via un comité d'experts indépendants.

Pour produire la présente étude d'impact, la direction de projet de l'Andra s'est appuyée sur ses principaux experts internes (notamment la direction de la sûreté, de l'environnement et de la stratégie filières), sur des assistants à maîtrises d'ouvrage (AMO), sur ses prestataires externes généralistes ou spécialisés et sur les autres maîtres d'ouvrage du projet global Cigéo et leurs prestataires.

Un processus de validation interne et externe est mis en place pour la validation de l'étude d'impact. En particulier, l'Andra a mis en place un Comité sûreté et environnement constitué d'experts indépendants qui apportent leur expertise à différentes étapes d'avancement de l'étude d'impact.

Il faut faire toute la lumière sur l'identité, les compétences et les affiliations de tous ceux qui ont travaillé sur le volet radiologique de l'étude d'impact. En effet, les constats établis par la CRIIRAD et les déclarations de l'Andra sont absolument inconciliables.

²⁶ Article 5.1333-25 du code de santé publique : « *Les objectifs du réseau national de mesures de la radioactivité de l'environnement sont fixés par l'Autorité de sûreté nucléaire. La gestion de ce réseau est assurée par l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire* ».

CONCLUSION

Errare humanum est, perseverare diabolicum

Cigéo reconnu d'utilité publique

En dépit d'une étude d'impact remplie d'erreurs et de contradictions, l'Andra a obtenu toutes les autorisations requises : par voie de décrets publiés le 8 juillet 2022 au journal officiel, le projet Cigéo a été classé parmi les opérations d'intérêt national (décret n°2022-992) et déclaré d'utilité publique (décret n°2022-993). Cette reconnaissance a permis à l'Andra de lancer en mars 2024 la procédure d'expropriation.

Après la DUP, la DAC

Après avoir obtenu la déclaration d'utilité publique (DUP), l'Andra a constitué un nouveau dossier pour l'étape essentielle du projet : la demande d'autorisation de création (DAC) du Centre industriel de stockage géologique. Déposé le 16 janvier 2023, le dossier de la DAC marque selon l'Agence « *l'aboutissement de 30 ans d'études et de recherches* » : « *environ 10 000 pages faisant état du niveau de connaissances scientifiques et techniques acquises et présentant la démonstration de la sûreté de Cigéo pendant toutes ses phases de vie* ». En juin 2023, l'Autorité de Sûreté Nucléaire a jugé que le dossier contenait l'ensemble des pièces requises et les éléments nécessaires pour engager l'instruction. Dans son communiqué, elle considère, à l'instar de l'Andra, que cette étape concrétise « *l'aboutissement de plusieurs décennies de travaux préalables de recherche et de développement.* »

La somme de travail annoncée par l'Andra et l'ASN aurait dû se retrouver dans la nouvelle étude d'impact, les mises à jour, corrections et compléments apportés à la version DUP de l'étude aboutissant à un dossier enfin à la hauteur des risques générés par le projet.

Les nouveaux contrôles de la CRIIRAD confirment son premier bilan

Début 2024, la CRIIRAD a procédé à l'examen de la version actualisée de l'étude d'impact. Verdict : à quelques exceptions près²⁷, les anomalies qu'elle avait identifiées se retrouvent dans la nouvelle étude !

C'est le cas des anomalies de forme (coquilles et fautes), des erreurs de référencement et des multiples incohérences. Voici deux exemples du laisser-aller qui caractérisait l'étude d'impact de la DUP et qui perdure dans la version pour la DAC :

1/ la carte censée localiser l'ensemble des prélèvements est toujours incomplète : les bioindicateurs aquatiques (poissons, sédiments, algues, ...) sont toujours manquants et la mention « *prélèvement à venir* » subsiste pour les eaux de surface. Ce retard était déjà embarrassant dans l'étude établie pour la DUP ; plus de 2 ans après, il montre que le suivi du projet est déplorable.

2/ dans l'étude pour la DUP déposée en 2020, les mentions réglementaires relatives aux eaux d'alimentation²⁸ n'intégraient pas les modifications de 2015²⁹ (les auteurs affirmaient pourtant se référer à une version consolidée en 2017 !). Dans la nouvelle étude déposée début 2023, alors même que les auteurs ont revu le paragraphe concerné pour en détailler les dispositions, rien n'a été corrigé (le retard est désormais de plus de 7 ans).

Le plus grave toutefois concerne évidemment les anomalies de fond : les commentaires non étayés, les contre-sens, toutes les affirmations erronées qui traduisent des problèmes de compétence, qui révèlent souvent des lacunes majeures dans les connaissances de base : définition incorrecte du becquerel, erreurs répétées sur la composition de l'uranium naturel (confusion entre rapports isotopiques et massiques, calcul

²⁷ La phrase erronée sur l'amplitude des variations naturelles et artificielles a ainsi été retirée de la version de l'étude établie pour la DAC.

²⁸ Eaux brutes et eaux destinées à la consommation humaine.

²⁹ Modifications apportées à l'arrêté du 11 janvier 2007 relatif aux limites et références de qualité des eaux brutes et des eaux destinées à la consommation humaine (...).

erroné, ...), méconnaissance du métabolisme du potassium, confusions sur les unités de mesures (Bq/m³ et Bq/m²/s), ... Il faudrait reproduire la quasi-totalité des constats effectués sur l'état des lieux de la DUP. On ne sait ce qui l'emporte de l'impéritie ou de l'incurie mais le bilan est consternant.

L'Andra a pourtant réitéré, pour l'étude de la DAC, les mêmes assurances que pour l'étude de la DUP : mobilisation de ses principaux experts et d'organismes spécialisés, puis double procédure de validation interne et externe. Ainsi donc, au terme d'une quadruple vérification par des spécialistes (un nouvel examen par le contrôle qualité interne de l'Andra, puis par le comité d'experts indépendants), l'état actuel radiologique est toujours aussi calamiteux. Si ce dossier fait état, comme l'affirme l'Andra « *du niveau de connaissances scientifiques et techniques acquises* » au terme de plusieurs décennies, il y a de quoi s'inquiéter !

La nouvelle expertise de l'IRSN

L'ASN a cependant jugé le dossier acceptable et l'instruction a commencé. En avril 2024, l'IRSN a rendu dans ce cadre les conclusions de sa première expertise. Elle porte notamment sur « *les connaissances réunies et les hypothèses retenues par l'Andra pour établir la démonstration de sûreté de Cigéo* », notamment celles relatives « *au site retenu pour accueillir Cigéo et à son évolution incluant l'après-fermeture, en particulier l'environnement de surface* », y compris « *l'état initial de l'environnement* ». Le volet étudié par la CRIIRAD est donc inclus dans le travail de l'IRSN.

Or les conclusions de l'expertise ne mentionnent aucune des anomalies relevées par la CRIIRAD. Tout au contraire, l'IRSN « *souligne le travail d'ores et déjà conséquent réalisé pour établir un état initial radiologique et chimique de l'environnement du projet Cigéo* »³⁰, se contentant de prendre note de l'engagement de l'Andra concernant la réalisation d'une nouvelle campagne de prélèvement qui viendra compléter et actualiser l'étude de la DAC avant la mise en service de Cigéo (les installations peuvent donc être autorisées et construites sans attendre ce complément).

Une nouvelle étape de contrôle inopérant est franchie. Tout se passe comme si le système fonctionnait à vide. Fournir une étude de qualité est pourtant une obligation juridique.

Des obligations réglementaires et éthiques

En effet, aux termes de l'article R122-5 du code de l'environnement, l'Andra et les autorités doivent en effet « *veiller à l'exhaustivité et à la qualité de l'étude d'impact* ». En tant que maître d'ouvrage, l'Andra doit s'assurer qu'elle est « *préparée par des experts compétents* » ; les autorités doivent, de leur côté, « *veiller à disposer d'une expertise suffisante pour examiner l'étude d'impact* » (ou à défaut y recourir) et exiger, si nécessaire, des corrections ou des compléments. Ces prescriptions doivent garantir que les informations portées à la connaissance du public et des décideurs sont exactes, pertinentes et fiables.

Les défaillances identifiées par la CRIIRAD engagent donc la responsabilité de l'Andra, des experts qu'elle a choisis et des autorités.

N'y aurait-il pas d'obligation juridique que l'exigence de qualité serait dans tous les cas imposée par la dangerosité et la complexité d'un projet porteur de risques majeurs pour des milliers de générations.

Une enquête est impérative et urgente

L'analyse critique du volet radioécologique des études d'impact pour la DUP et la DAC met en lumière un travail superficiel et opaque, grevé d'un nombre stupéfiant d'affirmations fausses et d'incohérences. Au-delà de la nécessaire correction des erreurs (et de la vérification de l'ensemble de l'étude d'impact)³¹, il importe de comprendre comment un tel fiasco a pu se produire.

³⁰ Souligné par nous.

³¹ La CRIIRAD n'a vérifié que l'état des lieux radiologique mais des sondages dans d'autres parties ont montré que les anomalies n'y étaient pas circonscrites.

Il faut déterminer :

- 1/ comment des « experts » ont pu écrire autant d'affirmations fausses ou contradictoires ;
- 2/ comment d'autres experts ont pu ensuite vérifier ces travaux sans rien déceler ;
- 3/ quel est le niveau d'implication de Subatech et de l'IRSN, les 2 organismes chargés de caractériser la radioactivité de l'environnement ;
- 4/ pourquoi l'IRSN n'a pas identifié d'anomalies lors de son expertise de l'état des lieux radiologique (sa participation à l'étude l'a-t-elle rendu moins vigilant ?) ;
- 5/ comment le dossier a pu franchir sans encombre toutes les étapes de la procédure de déclaration d'utilité publique ? Incapacité à voir ? Volonté de ne pas voir ?

Sur toutes ces questions, la CRIIRAD attend des explications circonstanciées.

Une enquête est indispensable pour établir toutes les responsabilités, identifier les causes des dysfonctionnements et mettre en place les garde-fous nécessaires pour éviter leur renouvellement.

Cigéo pose des défis scientifiques, techniques et organisationnels sans commune mesure avec l'élaboration, somme toute assez simple, d'un état des lieux radiologique. Pour les relever, comment faire confiance à l'Andra, l'organisme qui a orchestré l'étude d'impact, sélectionné les experts internes et les intervenants extérieurs, porté le dossier devant les autorités ; et comment s'en remettre aux services de l'État, incapables de repérer les failles pourtant béantes du dossier.

La priorité doit aller à la sécurité, à la protection de la population, à la préservation de son environnement. Le processus d'autorisation de Cigéo doit donc être suspendu. L'Andra, les organismes d'expertise et les autorités doivent prouver, en préalable absolu à sa relance, leur capacité à garantir la qualité des études et des réalisations et donc la sûreté du stockage.

Rédaction : Corinne Castanier (CRIIRAD)

LACUNES ET ANOMALIES DANS L'ETAT DES LIEUX

L'exemple du radon

PAS DE CARTOGRAPHIE DES NIVEAUX DE RADON

Les travaux souterrains (plus de 250 km de galeries et d'alvéoles) pourraient conduire à augmenter les émissions de ce gaz radioactif qui se trouve à des teneurs élevées dans l'air du sous-sol. Il peut aussi être produit en quantité par certains colis de déchets radioactifs à forte teneur en radium.

Pour suivre l'impact des travaux, puis de l'exploitation du centre Cigéo, il faut donc disposer d'un état des lieux complet et fiable : des données de référence sur le radon dans l'air du sol, sur les flux d'exhalation à la surface et sur les concentrations dans l'air extérieur, en tenant compte de tous les facteurs susceptibles de favoriser la remontée rapide de ce gaz radioactif (présence de failles, de formations karstiques, circulations d'eau, etc.). La cartographie doit être suffisamment fine et étendue pour évaluer l'impact des installations, à partir notamment des zones critiques que sont les liaisons surface/sous-sol (puits, descenderie, forages, etc.) et les émissaires dédiés au rejet de l'air vicié du sous-sol, sans oublier les zones d'entreposage de déchets radioactifs ou de matériaux d'extraction en surface.

Or, sur la carte qui présente la localisation (approximative) des prélèvements dédiés au radon (vol 7, p. 176), on ne recense que sept sites de mesure, géographiquement dispersés et sans qu'on ne puisse rien savoir de leurs caractéristiques ni de ce qui a justifié leur choix. Sur la base de ces quelques stations, il sera absolument impossible de déterminer l'impact dosimétrique des installations.

Ce problème est récurrent dans les dossiers étudiés par la CRIIRAD (mines d'uranium ou sites de stockage de résidus de traitement du minerai uranifères) : les exploitants ne produisent jamais de cartographie des flux d'exhalation ou des concentrations de radon, préférant sélectionner quelques sites dits de référence. Moins coûteux, cela permet surtout d'entretenir le doute sur l'origine, naturelle ou anthropique, du surcroît d'exposition. Cette stratégie bénéficie de la complicité passive des autorités.

OPACITE ET CONFUSION

Les résultats des analyses ne sont pas publiés. L'étude ne mentionne que deux moyennes (23 Bq.m⁻³ le jour et 38 Bq.m⁻³ la nuit) qui globalisent l'ensemble des sept sites ! Les dates de début et de fin des échantillonnages ne sont pas non plus indiquées, alors que les mesures sont réalisées sur trois mois et que les variations saisonnières peuvent être significatives. Rien ne garantit en outre que les différents sites aient été évalués aux mêmes dates. Même absence de précision sur la topographie qui peut fortement influencer sur les concentrations (et contribuer ultérieurement à masquer l'impact des activités nucléaires).

De plus, pour des concentrations dans l'air extérieur, des moyennes de **23 et 38 Bq/m³** ne doivent pas être qualifiées de faibles (comme le fait l'Andra) mais plutôt de valeurs moyennes. De fait, l'UNSCEAR¹ retient une concentration de **10 Bq.m⁻³** comme concentration extérieure moyenne typique, sachant que la gamme des valeurs est large, de 1 Bq.m⁻³ (régions côtières, petites îles) à plus de 100 Bq.m⁻³.

À condition qu'il s'agisse effectivement de « concentrations » car les auteurs semblent confondre les unités de mesure: ils donnent une définition de la notion d'exhalation («*l'émission par la surface du sol d'éléments gazeux dans l'air*») et annoncent des « *mesures d'exhalation de radon à la surface du sol* », mais les chiffres qu'ils publient sont exprimés en becquerels par mètre cube d'air (Bq/m³) ce qui correspond à l'activité volumique de radon dans l'air (la concentration de radon et non l'exhalation)! Le flux d'exhalation est classiquement exprimé en becquerel par mètre carré de sol et par seconde (Bq.m⁻².s⁻¹) ce qui correspond à une activité par unité de temps et de surface. **L'erreur se répète dans plusieurs chapitres du dossier (y compris dans la méthodologie !), laissant craindre qu'il ne s'agisse pas d'une simple étourderie.**

Est également choquante la mention d'une limite de détection de 100 Bq/m³ pour le radon dans les galeries du laboratoire souterrain de Bure. Compte tenu de la nocivité de ce gaz radioactif (et des exigences scientifiques requises), des capacités de contrôles plus précises sont indispensables.

OPACITÉ DE L'ETUDE

L'exemple de la contamination des sols par le césium 137

Le volume « *méthodes de réalisation* » indique que **10 sites** ont été échantillonnés (5 forestiers, 3 prairies et 2 cultivés), « *à des profondeurs variables, selon les sites (de la surface à 60 cm de profondeur)* ». Le volume « *état actuel de l'environnement* » précise que les mesures de sol ont été réalisées par le laboratoire Subatech entre 2007 et 2009 et par l'IRSN entre 2010 et 2013 ; il est indiqué au même chapitre que « *les niveaux de radioactivité en 137Cs mesurés entre 2010 et 2013 varient de $14 \pm 1 \text{ Bq.kg}^{-1}$ à $36 \pm 4 \text{ Bq.kg}^{-1}$* ». Il s'agit des seuls chiffres publiés pour le césium 137. En conséquence, soit les dates d'analyse sont erronées, soit Subatech n'a pas mesuré le césium 137 (ce qui paraît scientifiquement improbable sauf à envisager des procédures ou un équipement inadaptés), soit les mesures de Subatech ont été exclues sans que ce soit signalé ni justifié.

Le nombre d'échantillons analysés n'est pas indiqué mais il est très supérieur à 10 puisqu'il est précisé que tous les échantillons ont été mesurés par spectrométrie gamma et que 24 d'entre eux ont ensuite été choisis pour des mesures de strontium 90, de plutonium et d'américium 241. L'Andra ne précise pas non plus s'il y a eu plusieurs points de prélèvement par site ou/et plusieurs prélèvements par point (c'est-à-dire des prélèvements par strate de profondeur (de 5, 10, 20 cm...), analysés ensuite séparément de façon à définir la distribution verticale des radionucléides).

Par ailleurs, ni la nature des sols (sableux, argileux, ...) ni le taux de matière organique ne sont indiqués, alors que ces paramètres jouent un rôle important dans leur capacité à retenir le césium (et que ces informations sont disponibles).

Pour les 10 sites échantillonnés, l'Andra ne publie qu'un intervalle de résultats global : 14 à 36 Bq/kg. Le constat est le même pour les autres radionucléides (strontium, plutonium et américium). Il est impossible de savoir à quel type de sol ou à quelle profondeur de prélèvement correspondent les concentrations, et il est donc impossible d'interpréter les résultats.

Les niveaux de contamination doivent en effet être appréciés en fonction du type de sol (forestier, cultivé, prairie, ...) : les sols forestiers tendent par exemple à conserver la contamination dans les horizons superficiels ; dans les sols cultivés, les récoltes favorisent, surtout au début, l'exportation de la radioactivité et les labours homogénéisent la contamination.

Connaître la profondeur du prélèvement est tout aussi essentiel. Une même concentration de césium 137 ne sera pas interprétée de la même manière si elle se rapporte à une moyenne établie sur 10 cm de profondeur ou sur 60 cm : une activité de 50 Bq/kg n'est pas surprenante si elle est mesurée dans les 10 premiers cm d'un sol forestier mais elle peut inquiéter à juste titre s'il s'agit d'une valeur moyennée sur les 60 cm d'un sol cultivé.

DÉMONSTRATION

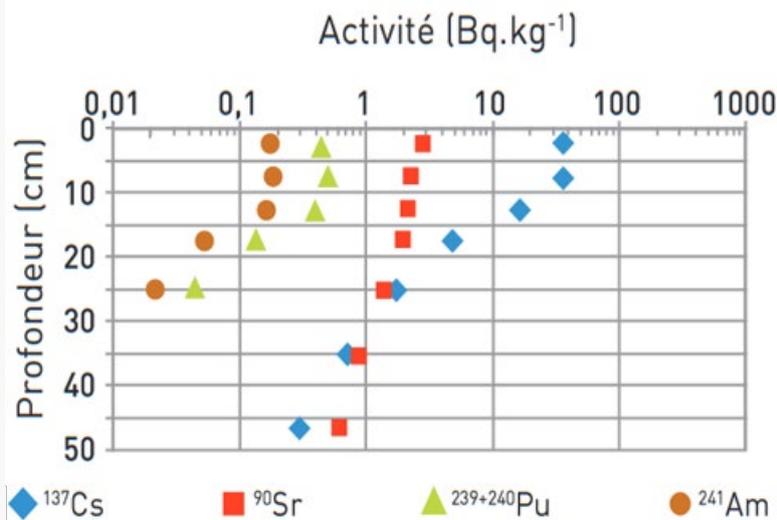
Nous allons illustrer ce propos à l'aide de quelques exemples empruntés au « [Constat Radiologique](#) » de l'IRSN : « *Rémanence de la radioactivité d'origine artificielle* ». Les zones de rémanence sont des zones éparses, situées principalement sur les reliefs, et qui « *témoignent encore de niveaux de radioactivité supérieurs ou très supérieurs à ceux observés sur le reste du sol français* ». Sur la base de l'étude de 48 sites dans les massifs des Vosges, du Jura, des Alpes, des Pyrénées et de la Corse, l'IRSN retient une activité moyenne de **55 Bq/kg**, nettement supérieure à celle des sols proches des installations nucléaires, situées en plaine, soit **7 Bq/kg**.

Si l'on compare directement, à ces résultats, les activités publiées par l'Andra, on pourrait considérer que les sols du secteur de Cigéo ont des niveaux de contamination intermédiaires (**14 à 36 Bq/kg**).

Ce n'est pas si simple. Pour caractériser les sols des zones de rémanence, l'IRSN a retenu les concentrations moyennes sur les 10 premiers cm du sol. Or, l'examen des résultats détaillés montre qu'en général l'activité du césium 137 décroît fortement avec la profondeur : l'activité mesurée sur les 10 premiers cm peut être plusieurs fois supérieure à celle mesurée sur une profondeur totale de 40 ou 60 cm de profondeur.

Le laboratoire de la CRIIRAD a souvent fait des constats similaires¹.

Prenons l'exemple d'Hurbache, dans les Vosges. Dans le graphique ci-dessous les résultats du césium 137 sont représentés en bleu. Il apparaît clairement que la contamination diminue avec la profondeur : dans les horizons 0-5 cm et 5-10 cm, l'activité du césium 137 est respectivement de 35 et 36 Bq/kg mais dans la strate la plus profonde (40 -50 cm), elle n'est plus que de 0,3 Bq/kg. Si la concentration moyenne du césium est calculée sur les 10 premiers cm, le résultat sera de **35,5 Bq/kg** mais si elle est établie sur la profondeur totale du sol échantillonné, le résultat n'atteindra pas 10 Bq/kg : **9,7 Bq/kg**, soit une valeur 3,7 fois inférieure (et d'autres sites présentent des écarts encore supérieurs).



NB : la publication, pour chaque site étudié, des résultats détaillés de tous les radionucléides (y compris naturels) permet d'étudier leur répartition respective, de consolider et d'approfondir les interprétations.

Les auteurs de l'étude d'impact indiquent que les 10 sites du secteur de Cigéo ont été échantillonnés « à des profondeurs variables » : « de la surface à 60 cm de profondeur ». L'intervalle de 14 à 36 Bq/kg ne peut donc pas être comparé directement aux références de l'IRSN. Faute d'accès aux résultats détaillés et aux conditions de prélèvement, il n'est pas non plus possible de les harmoniser en recalculant les activités sur 10 cm.

Soulignons cependant que l'incidence pourrait être notable. Si l'on applique aux résultats de Cigéo un simple facteur 2, la fourchette des activités ne serait plus de 14 à 36 Bq/kg mais de 28 à 72 Bq/kg, ce qui correspond aux niveaux de contamination mesurés sur 50% des zones de rémanence. Dans ces conditions, la radioactivité du secteur de Cigéo ne pourrait pas être qualifiée de faible.

Il ne s'agit évidemment pas de conclure que le secteur de Cigéo fait partie des zones de rémanence où la contamination est supérieure, voire très supérieure, au reste du territoire français, mais de montrer que, faute d'informations pertinentes, les résultats publiés par l'Andra ne sont pas interprétables. Pour déterminer si des activités comprises entre 14 à 36 Bq/kg sont faibles, modérées, élevées, conformes à l'attendu ou atypiques, des informations complémentaires sont indispensables (et obligatoirement présentes dans tout rapport d'essai). **L'opacité du dossier prive le lecteur de toute possibilité de vérification et d'analyse indépendantes.**

Ajoutons que les recherches sur le site RNM sont restées vaines : aucun des résultats des 10 sites de prélèvement ne figure dans la base de données officielle (pourtant gérée par l'IRSN).

¹ Nous avons préféré illustrer notre propos avec les données de l'IRSN car cet organisme a été retenu par l'Andra pour caractériser la radioactivité des sols de Cigéo. Il lui était donc techniquement et scientifiquement possible de réaliser un travail au moins équivalent.