



RÉPUBLIQUE  
FRANÇAISE

*Liberté  
Égalité  
Fraternité*



## COMPTE RENDU DE REUNION DU 28/06/2021

Unité : PSE-ENV

---

**Objet** : Réunion n°4 du Comité de suivi de la campagne d'étude du tritium dans la Loire à Saumur

---

**Lieu** : Saumur et video conférence via Teams

---

**Référence** : PSE/ENV-2021-00015

---

---

**Participants :**

Liste des participants en annexe 1

---

## PLAN DU COMPTE RENDU

<b>ORDRE DU JOUR .....</b>	<b>3</b>
<b>1. RAPPEL DU BUT DE L'ETUDE ET DE LA DEMARCHE.....</b>	<b>3</b>
<b>2. DEROULEMENT DE LA CAMPAGNE SUR LES CINQ MOIS.....</b>	<b>6</b>
<b>3. PRESENTATION DES RESULTATS : MESURES ET MODELISATIONS 1D ET 2D .....</b>	<b>8</b>
<b>4. PRESENTATION DES CAMPAGNES PAR SUIVI THERMIQUE DES REJETS DE CHINON REALISEES PAR EDF .....</b>	<b>16</b>
<b>5. ENSEIGNEMENTS, CONCLUSIONS DE L'ETUDE ET RECOMMANDATIONS .....</b>	<b>18</b>
<b>6. POINTS DIVERS.....</b>	<b>21</b>
<b>ANNEXE 1 : LISTE DES PARTICIPANTS .....</b>	<b>23</b>

## ORDRE DU JOUR

L'ordre du jour proposé par l'IRSN<sup>1</sup>, pour la quatrième réunion du Comité de suivi de la campagne de mesures du tritium dans les eaux de la Loire au niveau du pont Cessart à Saumur, contenait six points :

- 1) rappel du but de l'étude et de la démarche (historique, genèse et objectifs de l'étude, démarche générale, résultats intermédiaires, Comité de suivi) ;
- 2) déroulement de la campagne sur les cinq mois ;
- 3) présentation des résultats : mesures et modélisations 1D et 2D ;
- 4) présentation des campagnes par suivi thermique réalisées en aval des rejets du CNPE de Chinon par EDF ;
- 5) enseignements, conclusions et recommandations de l'étude ;
- 6) point divers (rapport de l'étude, etc.).

Les supports de présentation des sujets figurant à l'ordre du jour ont été envoyés par mél aux participants et ont été mis en ligne, comme pour les précédentes réunions du Comité de suivi, sur la page dédiée du site internet de l'IRSN :

<https://www.irsn.fr/FR/connaissances/Environnement/expertises-locales/Etude-Tritium-Loire/Pages/Etude-tritium-Loire-Pont-Cessart-Saumur.aspx> ;

## 1. RAPPEL DU BUT DE L'ETUDE ET DE LA DEMARCHE

### Historique

À la suite de la publication par l'ACRO des résultats d'une campagne de mesures citoyennes dans la Loire et la Vienne faisant apparaître une activité atypique en tritium de 310 Bq/L dans un prélèvement effectué au niveau du pont Cessart à Saumur le 21 janvier 2019, l'ASN et l'IRSN ont engagé des investigations pour essayer d'en comprendre l'origine.

Plusieurs pistes ont été envisagées, dont celle d'un mélange imparfait des rejets du Centre nucléaire de production d'électricité (CNPE) de Chinon, entraînant une hétérogénéité de distribution du tritium dans le lit du fleuve sur de longues distances du fait de conditions hydrauliques particulières.

Les investigations de l'IRSN ont fait l'objet de trois notes d'informations (20/06/19, 19/07/19 et 17/10/19) publiées sur son site internet et du rapport IRSN 2020-0105 envoyé aux parties prenantes, rapport également publié sur le site internet de l'IRSN.

---

<sup>1</sup> IRSN : Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (pour en savoir plus : [www.irsn.fr](http://www.irsn.fr)).

## Genèse de l'étude

A la suite de la publication par l'ACRO d'une mesure à 310 Bq/L en tritium, le 21 janvier 2019, dans les eaux de la Loire au niveau du pont Cessart à Saumur, l'étude préliminaire de l'IRSN nous a amenés à nous questionner sur les points suivants :

- quels CNPE avaient effectué des rejets liquides susceptibles de contribuer à la présence de tritium dans les eaux de la Loire au niveau du pont Cessart à Saumur au moment du prélèvement ayant conduit à une mesure de 310 Bq/L ?
- les cumuls des rejets déclarés des CNPE du bassin Loire-Vienne pouvaient-ils expliquer le niveau mesuré ?

La région concernée est caractérisée par la présence de cinq CNPE : Belleville, Dampierre, Saint-Laurent et Chinon le long de la Loire et Civaux le long de la Vienne. Pour atteindre Saumur depuis les CNPE les plus en amont, on considère ainsi des portions d'environ 300 km de la Loire et 100 km de la Vienne.

L'IRSN a alors engagé une étude préliminaire en utilisant :

- les chroniques des rejets déclarés par les exploitants nucléaires auprès de l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) et transmises à l'IRSN par l'ASN ;
- un modèle adapté au domaine de l'étude et simple à mettre en œuvre pour une étude préliminaire. Il a été retenu un modèle à une dimension, dit « modèle 1D » (en un endroit donné du fleuve, il est fait l'hypothèse que les concentrations sont les mêmes sur toute la largeur du fleuve et ce quelle que soit la profondeur). De fait, ce modèle suppose que les mélanges transversal et vertical des rejets sont instantanément homogènes.

L'étude préliminaire a mis en exergue les résultats suivants :

- trois CNPE ont été contributeurs à la présence de tritium dans les eaux de la Loire au niveau du pont Cessart à Saumur le 21 janvier 2019. Il s'agit des CNPE de Belleville et de Chinon sur la Loire et de celui de Civaux sur la Vienne ;
- en faisant l'hypothèse d'un mélange homogène, les modélisations 1D du parcours dans la Loire des rejets des CNPE n'expliquent pas la mesure de l'ACRO à 310 Bq/L faite sur un prélèvement effectué le 21 janvier 2019 au pont Cessart à Saumur ;
- la comparaison des prédictions du modèle 1D avec les résultats des mesures issues de la surveillance à la station de surveillance de l'exploitant du CNPE de Chinon, station située en aval de Chinon, montre que :
  - o l'hypothèse de mélange homogène n'est pas toujours vérifiée à la station aval de surveillance des rejets du CNPE de Chinon ;
  - o en fonction des régimes hydrauliques de la Loire, la station aval de surveillance des rejets de Chinon ne détecte pas toujours les rejets du CNPE.

**A partir de ces résultats préliminaires, la question s'est posée de savoir si les conditions de mélange des rejets du CNPE dans la Loire à son aval pouvaient expliquer la mesure atypique de 310 Bq/L.**

**Il a alors été décidé par l'ASN et l'IRSN de lancer une étude consistant en une campagne de mesures à haute fréquence au niveau du pont Cessart à Saumur et en utilisant conjointement :**

- **une modélisation 1D des concentrations en tritium** attendues dans la Loire entre Chinon et Saumur à partir des rejets des CNPE, en faisant deux hypothèses sur le mélange des eaux de la Loire et de la Vienne : 1) mélange homogène et 2) non-mélange ;

- **une modélisation 2D des concentrations en tritium** attendues dans la Loire entre Chinon et Saumur à partir des rejets des CNPE. Par rapport à la modélisation 1D, la modélisation 2D ne fait pas l'hypothèse de mélange homogène et instantané et permet d'évaluer la distribution transversale des concentrations en tout transect du domaine de calcul.

## Objectifs de l'étude

L'étude a pour objectifs :

- d'étudier la reproductibilité de la mesure atypique de 310 Bq/L de tritium dans les eaux de la Loire au niveau du transect du Pont Cessart dans des conditions proches de celles du prélèvement citoyen du 21 janvier 2019 (température, débit, rejets...);
- de comparer les résultats des mesures aux prédictions des modèles 1D et 2D ;
- de partager les résultats (mesures et modélisations), les informations sur le déroulement de l'étude et ses enseignements avec les parties prenantes, au fur et à mesure de leur acquisition et d'échanger avec elles sur l'analyse des données et leur interprétation.

En outre, tous les enseignements et informations sur cette étude étaient rendus publics dans une rubrique dédiée du site internet de l'IRSN et tous les résultats des mesures publiés au RNM à l'adresse suivante : <https://www.mesure-radioactivite.fr/>.

## Présentation de l'étude devant des représentants des parties prenantes

L'IRSN et l'ASN ont présenté conjointement le lundi 19 octobre 2020, devant des représentants des parties prenantes (Ville de Saumur, CLI de Chinon, ACRO, Réseau de préleveurs citoyens et EDF), les objectifs et la méthodologie de cette étude qui a démarré en novembre 2020 et devait initialement se dérouler sur une période de quatre mois, pour finalement durer cinq mois (en raison d'une période de crue fin janvier 2021).

Lors de cette réunion de présentation, des parties prenantes invitées ont émis le souhait de mettre en place et de participer à un Comité de suivi de l'étude, ce qui a été fait.

## Membres du Comité de suivi de l'étude

Le Comité de suivi était constitué à l'origine de membres de l'Association pour le contrôle de la radioactivité dans l'ouest (ACRO), de l'Association nationale des comités et commissions locales d'information (ANCCLI), de la Commission locale d'information (CLI) de Chinon, de la Mairie de Saumur, de la Direction départementale des territoires de Maine-et-Loire (DDT-49), de l'ASN (DEU et Division d'Orléans), d'EDF et de l'IRSN, sachant qu'il avait été annoncé que ce Comité de suivi resterait ouvert à d'autres parties prenantes qui souhaiteraient le rejoindre.

La participation pluraliste s'est enrichie au fur et à mesure des réunions du Comité de suivi. C'est ainsi que le Réseau Loire Alerte a rejoint le Comité à l'occasion de la deuxième réunion du comité de suivi du 18 janvier 2021 et un membre de la CLI de Civaux a rejoint le Comité en février 2021.

## Fonctionnement du Comité de suivi de l'étude

La campagne de mesures du tritium dans les eaux de la Loire au niveau du pont Cessart à Saumur s'est tenue sur une période de cinq mois entre le 9 novembre 2020 et le 8 avril 2021.

Les réunions du Comité de suivi se sont tenues les 02/12/2020, 18/01/2021, 22/03/2021 et 28/06/2021, au fur et à mesure du déroulement de l'étude et ont été organisées via visioconférence (Teams) compte-tenu du contexte sanitaire.

À la suite d'une demande de la CLI de Chinon, l'IRSN a présenté l'étude à l'ensemble des membres de la CLI lors de la réunion plénière du 10 décembre 2020. De plus, l'IRSN s'est engagé à présenter l'ensemble des résultats obtenus ainsi que les conclusions de cette étude lors d'une prochaine réunion plénière organisée par la CLI de Chinon à l'automne 2021.

Une visite du dispositif de prélèvement installé au niveau du pont Cessart à Saumur a été organisée à l'intention notamment des membres du Comité de suivi, le 16 décembre 2020.

Les parties prenantes se sont impliquées dans les travaux du Comité, c'est ainsi que des campagnes de thermographies, de mesures et de modélisations ont été présentées par des représentants de la CLI de Chinon et d'EDF.

Au cours de chaque réunion du Comité de suivi, il a été pris note des questionnements des membres du Comité dans l'objectif d'y apporter une réponse à la réunion suivante. **Chaque réunion du Comité de suivi a fait l'objet de l'élaboration d'un relevé de décisions partagé. L'ensemble des supports des réunions du Comité de suivi (ordre du jour, supports des présentations et relevés de décisions) a été mis en ligne dans une rubrique dédiée, en accès libre, sur le site internet de l'IRSN et accessible à l'adresse suivante : <https://www.irsn.fr/FR/connaissances/Environnement/expertises-locales/Etude-Tritium-Loire/Pages/Etude-tritium-Loire-Pont-Cessart-Saumur.aspx>**

L'ensemble des travaux réalisés dans le cadre de cette étude (campagne de mesures, modélisations 1D et 2D, échanges du Comité de suivi, conclusions et recommandations de l'IRSN) fera l'objet d'un rapport d'expertise de l'IRSN, qui sera partagé avec les membres du Comité de suivi à l'automne 2021, et sera ensuite rendu public au second semestre 2021, notamment sur le site internet de l'IRSN.

*La représentante du Réseau Loire Alerte demande si tous les prélèvements depuis le pont ont été réalisés au moyen d'un seau et quelles ont été les contraintes pour faire ces prélèvements. L'IRSN confirme ce point et précise que l'unique contrainte a été le rinçage du seau à chaque prélèvement.*

*Un membre de la CLI de Civaux remarque que la courbe des rejets totaux n'est pas sur le schéma présenté. L'IRSN répond que cela apparaîtra sur un transparent d'une présentation à venir.*

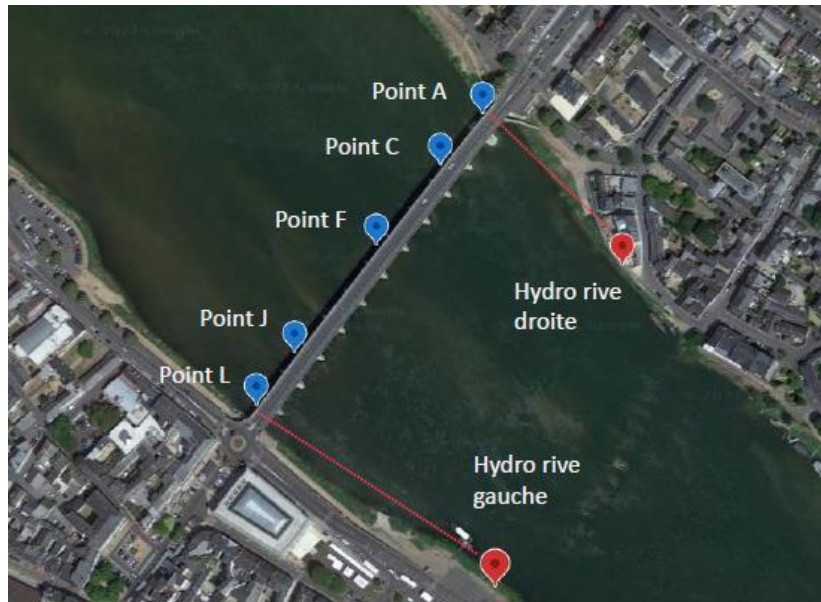
## 2. DEROULEMENT DE LA CAMPAGNE SUR LES CINQ MOIS

### Rappel du positionnement des points de prélèvement de l'étude

Dans le cadre de la campagne de mesures du tritium dans les eaux de la Loire au niveau du pont Cessart à Saumur, qui s'est déroulée du 9 novembre 2020 au 8 avril 2021, des prélèvements manuels ont été réalisés depuis le pont aux points C, F et J, tous les matins à 9h30.

Des prélèvements automatiques biquotidiens, à 9h30 et à 21h30 ont été réalisés au moyen de deux hydrocollecteurs situés en amont du pont Cessart sur la rive droite et la rive gauche de la Loire.

Lors de la crue du début de l'année 2021, ayant rendu les hydrocollecteurs inutilisables, et de quelques dysfonctionnements ponctuels des hydrocollecteurs, des prélèvements manuels de substitution ont été systématiquement réalisés en remplacement depuis le pont aux points A et L.



**Visualisation des lieux de prélèvements manuels réalisés à partir du pont Cessart et de l'implantation des hydrocollecteurs en rive droite et en rive gauche de la Loire en amont du pont Cessart**

## Faits marquants de la campagne

**Les hydrocollecteurs ont été installés sur batterie le 16/11/2021 et ont été raccordés au réseau le 17/11/2020 pour l'hydrocollecteur situé en rive gauche et le 04/12/2021 pour l'hydrocollecteur situé sur la rive droite. Le fonctionnement des deux hydrocollecteurs s'est déroulé sans problème jusqu'au 17 décembre 2020.**

Une forte augmentation des débits de la Loire intervenue en fin d'année 2020 a nécessité plusieurs interventions en décembre 2020 et janvier 2021 afin de dégager et de renforcer les points de prélèvement des hydrocollecteurs en rive droite et surtout en rive gauche.

**La crue de la Loire début février 2021 a conduit l'IRSN à retirer et mettre à l'abri les hydrocollecteurs, les 1<sup>er</sup> et 3 février 2021, à la suite de l'inondation des quais. Les prélèvements réalisés automatiquement jusque-là par les hydrocollecteurs ont alors été substitués par des prélèvements manuels depuis le pont, tous les matins, aux points A et L. Les deux hydrocollecteurs ont été réinstallés le 3 mars 2021 lors de la décrue.**

## Bilan de la campagne de mesures

Pendant la campagne, les CNPE ont continué à rejeter, de façon similaire aux mois et années précédant la campagne, leurs effluents liquides. Les conditions climatiques rencontrées ont été très variées (automne clément, avec des débits bas et des températures assez élevées, un hiver avec des débits élevés et des températures basses) et ont couvert une large gamme de conditions de débit et de température de la Loire.

**Sur la période entre fin novembre 2020 et début décembre 2020, les conditions étaient proches de celles du 21 janvier 2019 en termes de débit, de température et de largeur de la Loire. Les CNPE de Chinon, de Belleville et de Civaux ont effectué des rejets liquides sur cette période et à des niveaux d'activités en tritium proches de ceux effectués sur la période du 21 janvier 2019.**

#### **Visites de vérification inopinées d'Inovalys :**

Les vérifications effectuées par l'IRSN les 6 janvier et 3 mars 2021, destinées à contrôler la bonne application du protocole de prélèvement, d'identification des prélèvements, de transport et de conservation des échantillons par la société Inovalys, ont conduit l'IRSN à conclure au bon respect du protocole par cette société.

#### **Bilan de la campagne en chiffres :**

La campagne a représenté 208 prélèvements lors de l'étude préliminaire, 489 prélèvements automatiques et 539 prélèvements manuels réalisés par Inovalys dans le cadre de la campagne proprement dite, 151 jours de prélèvements ininterrompus, 78 prélèvements complémentaires de l'IRSN, plus de 3300 flacons utilisés, 1314 filtrations et analyses en cinq mois, 7 interventions des pompiers à Saumur, pour un coût total de la campagne d'environ 650 000 €.

### **3. PRESENTATION DES RESULTATS : MESURES ET MODELISATIONS 1D ET 2D**

#### **Résultats de la campagne de mesures au pont Cessart à Saumur**

**Les mesures de la concentration<sup>2</sup> en tritium dans l'eau de la Loire réalisées pendant la campagne au pont Cessart ont varié entre des valeurs inférieures à la limite de détection<sup>3</sup> (5 Bq/L) et environ 60 Bq/L au maximum.**

Concernant les valeurs maximales, on constate :

- des périodes où elles sont du côté de la rive droite de la Loire ;
- des périodes où elles sont du côté de la rive gauche de la Loire ;
- des intervalles courts où elles sont au milieu de la Loire.

Les valeurs les plus élevées, c'est-à-dire supérieures à 40 Bq/L sont presque toujours observées en rive droite de la Loire, ce qui est expliqué par la contribution des CNPE implantés le long de la Loire, parfois au milieu du pont et exceptionnellement en rive gauche de la Loire.

Concernant la dispersion latérale des mesures, il est constaté :

- quelques périodes où les mesures sont relativement homogènes sur le transect de la Loire ;
- plus fréquemment des périodes où la dispersion latérale est marquée, avec un facteur environ de deux entre les mesures du côté droit et celles du côté gauche de la Loire, voire très marquée, par

---

<sup>2</sup> Le terme « concentration » en tritium dans l'eau correspond à l'activité volumique de tritium dans l'eau exprimée en becquerels/litre (Bq/L). Pour des facilités de compréhension par un public non expert, le terme « concentration » sera conservé dans ce compte-rendu.

<sup>3</sup> Correspondant à un seuil de décision analytique d'environ 2,5 Bq/L.



- exemple à la mi-décembre 2020, période où il est relevé des mesures inférieures à la limite de détection du côté gauche de la Loire et d'environ 40 Bq/L du côté droit de la Loire ;
- les mesures réalisées au milieu du pont, quand elles ne sont pas maximales, sont souvent comprises entre les mesures du côté rive gauche de la Loire et celles du côté rive droite de la Loire, de sorte qu'il y a un gradient latéral des activités, ou bien elles sont proches des mesures du côté rive droite de la Loire.

**En conclusion, il est fait le constat d'un mélange la plupart du temps imparfait des rejets dans la masse d'eau au niveau du pont Cessart à Saumur, sur cette période.**

L'IRSN a présenté une étude ponctuelle réalisée en avril 2021 avec des prélèvements réalisés toutes les 10 minutes pendant 90 minutes : il peut être remarqué que les valeurs varient peu dans cet intervalle de temps de 90 minutes pour un même point de prélèvement.

*Une représentante de l'Ancli demande s'il peut être conclu que cela est représentatif sur l'ensemble de la durée de l'étude. L'IRSN indique que cette conclusion ne peut être étendue à l'ensemble de l'étude.*

## **Modélisation 1D et interprétation des mesures**

### **Données d'entrée et modèles utilisés**

Les activités utilisées sont celles déclarées par les exploitants, issues des registres des rejets des cinq CNPE du bassin versant de la Loire pour les mois de novembre 2020 à avril 2021. Ces registres ont été d'abord transmis à l'IRSN par l'ASN qui les reçoit mensuellement des exploitants conformément aux exigences réglementaires puis directement par EDF à l'IRSN pour plus d'efficacité.

Pour le calcul hydraulique, les débits aux stations HYDRO de la Vienne et de la Loire ont été utilisés.

Le coefficient de rugosité du fond de la Loire a été calé à partir des mesures d'activité au pont Cessart et aux stations multi-paramètres (SMP) amont et aval de l'exploitant.

Le modèle utilisé est celui de la plateforme de **modélisation Symbiose de l'IRSN**. Il a été fait **l'hypothèse du mélange homogène et instantané des rejets à l'aval de chaque CNPE**, notamment pour le CNPE de Chinon.

**Au niveau du transect du pont Cessart, les calculs ont été réalisés en considérant deux hypothèses pour le mélange des eaux de la Vienne et de la Loire qui se rejoignent 15 km en amont :**

- 1. mélange homogène des eaux de la Loire et de la Vienne à Saumur ;**
- 2. absence de mélange des eaux de la Loire et de la Vienne à Saumur.**

### **Modélisation et mesures au pont Cessart de novembre 2020 à avril 2021**

**La modélisation rend bien compte de l'évolution de la concentration en tritium au pont Cessart en supposant ou non que le mélange des eaux de la Loire et de la Vienne se fait.**

Du côté rive gauche, la masse d'eau est très majoritairement issue de la Vienne car les mesures :

- sont inférieures à, ou proches de, la limite de détection en l'absence de rejets du CNPE de Civaux ;
- sont proches des concentrations attendues des rejets du CNPE de Civaux prédits par la modélisation sans mélange des eaux de la Loire et de la Vienne, et ce quels que soient les rejets des autres CNPE de la Loire.

Le côté rive droite de la Loire est sous l'influence des CNPE amont de la Loire, partiellement sous influence du CNPE de Chinon et peu influencé par la Vienne : les mesures du côté rive droite sont en général comprises entre la contribution des CNPE amont de Chinon et la contribution des CNPE de la Loire prédites par la modélisation sans mélange des eaux de la Loire et de la Vienne.

### **Les concentrations en tritium au milieu du pont Cessart sont influencées par les rejets de tous les CNPE.**

En l'absence de rejet de Chinon, les mesures au milieu du pont sont le plus souvent proches de celles du côté rive droite, donc sous influence des rejets des CNPE de la Loire à l'amont de Chinon, et parfois entre celles du côté rive droite et rive gauche, donc sous influence des rejets de CNPE amont de la Loire et de Civaux.

Pendant les rejets de Chinon, les mesures au milieu de la Loire sont le plus souvent proches de, ou supérieures à, la contribution attendue de tous les CNPE de la Loire (Chinon + les CNPE amont) avec le modèle sans mélange de la Loire et de la Vienne, marquant l'influence de tous les CNPE de la Loire au milieu du pont.

### **Les faibles débits semblent favoriser le mélange de la Loire et de la Vienne**

En effet, entre fin novembre et début décembre 2020, quand les débits sont les plus faibles, de l'ordre de 200 m<sup>3</sup>/s :

- les mesures côté rive gauche, au milieu et côté rive droite de la Loire se rapprochent, malgré des contributions attendues, de Civaux d'une part et des CNPE de la Loire d'autre part, parfois très différentes ;
- la modélisation supposant que la Loire et la Vienne se mélangent est la plus adaptée, avec une concentration totale prédite qui s'approche du niveau des mesures.

Le mécanisme sous-jacent pourrait être des rétrécissements localisés du lit du fleuve, qui favoriseraient ce mélange. En effet, les vitesses beaucoup plus faibles du courant favorisent les phénomènes de diffusion latérale par rapport aux effets de transport (puisque le temps nécessaire à la masse d'eau pour parcourir une distance donnée est plus élevé et que les effets de diffusion ont plus de temps pour s'établir).

Quand la Vienne est le principal contributeur au débit de la Loire au niveau du pont Cessart, elle s'étale vers le milieu du pont, comme par exemple en décembre 2020. Les mesures au milieu du pont sont « tirées » vers les mesures de la rive gauche car l'influence des rejets de Civaux est alors plus forte au milieu du pont.

**Les rejets de Chinon ne sont pas toujours complètement mélangés au niveau de Saumur.** En effet, à certaines dates où seuls les rejets de Chinon sont attendus à Saumur, les mesures au milieu du pont sont supérieures à la concentration attendue par les modélisations 1D, qui supposent le mélange homogène des rejets des CNPE au Pont Cessart à Saumur.

**L'IRSN conclut que la modélisation 1D (Symbiose) rend bien compte de l'évolution de la concentration en tritium mesurée au pont Cessart :**

- **en supposant que la Loire et la Vienne ne se mélangent<sup>4</sup> pas pour la plupart des régimes hydrauliques ;**
- **en supposant que la Loire et la Vienne se mélangent<sup>5</sup> quand les débits sont faibles.**

## **Mesures à la station multiparamètres (SMP) aval de Chinon**

---

<sup>4</sup> Plus précisément « ... ne sont pas encore mélangées au niveau Pont Cessart »

<sup>5</sup> mélange homogène

Afin de réaliser cette étude, il a été utilisé les prélèvements et mesures réglementaires d'EDF, sur le site du Réseau national de mesure de la radioactivité de l'environnement (RNM – <https://www.mesure-radioactivite.fr/>) en prenant en compte :

- celles réalisées sur les échantillons « aliquote moyen journalier » à la SMP aval (échantillons constitués de 24 prélèvements horaires de 10 heures le jour J à 10 heures le jour J+1) en reportant dans les graphiques la date de la mesure à 22 heures le jour J ;
- celles réalisées sur des échantillons prélevés en aval à « mi-rejet », lorsque la moitié du volume du réservoir des rejets a atteint la station SMP aval.

La modélisation des concentrations attendues à la SMP aval a été effectuée à partir de l'outil Symbiose en tenant compte des rejets des CNPE de Belleville, Dampierre, Saint Laurent et Chinon et sous l'hypothèse de bon mélange (mélange homogène).

L'analyse de ces résultats conduit l'IRSN à faire les constats suivants :

- **le mélange des rejets de Chinon n'est pas complet au niveau de la SMP aval, mais également jusqu'au pont Cessart à Saumur.** Lors du passage des rejets de Chinon, les mesures peuvent être proches, inférieures ou supérieures à la prévision de la modélisation supposant leur mélange homogène ;
- **les mesures à la SMP aval ne permettent pas toujours de détecter les rejets de Chinon.** Lors du passage des rejets de Chinon, les mesures peuvent être bien inférieures aux prévisions de la modélisation (supposant leur mélange complet), proches de la contribution des seuls rejets des CNPE amont.

De ce fait, une modélisation 2D est nécessaire pour appréhender le profil de concentration latéral au niveau de la SMP aval et ses capacités à rendre compte de la dilution des rejets du CNPE Chinon.

Les mesures à la SMP aval sont parfois inférieures à la contribution attendue des CNPE de l'amont de Chinon. Les rejets des CNPE pourraient n'être pas complètement mélangés au niveau de la SMP ou, plus vraisemblablement, les prélèvements de la SMP aval pourraient se faire dans une veine sous influence de l'Indre et du Cher, affluents de la rive gauche de la Loire (à environ 6 et 30 km à l'amont) qui ne seraient pas complètement mélangés à la Loire. Cette hypothèse est confortée par les mesures sur des prélèvements effectués à l'amont du CNPE (cf. ci-après).

### **Mesures ponctuelles à l'amont du CNPE de Chinon le 13/01/21**

Les mesures réalisées dans l'Indre sont faibles, de l'ordre de 3,5 Bq/L, mais supérieures à la limite de détection. Ce niveau est vraisemblablement dû à l'apport d'eau de la Loire par un bras de Loire alimentant l'Indre pour le régime hydraulique du 13/01/21. Cet apport d'eau s'accompagne d'un apport de tritium rejeté par les CNPE de la Loire en amont et par les masses d'eaux venant de l'Indre.

A cette date, la concentration est inhomogène à l'amont de Chinon. La concentration en tritium en rive droite est supérieure d'un facteur deux à celle en rive gauche. Les rejets des CNPE amont pourraient n'être pas complètement mélangés à ce niveau ; plus vraisemblablement, les prélèvements en rive gauche de la Loire pourraient avoir été réalisés dans des veines sous influence du Cher, dont les eaux sont a priori au niveau du bruit de fond en tritium. En effet, le Cher afflue en rive gauche, à environ 25 km à l'amont, et ses eaux ne seraient pas complètement mélangées à la Loire au niveau du CNPE, conduisant au même phénomène que pour les eaux de la Loire et de la Vienne à Saumur.

## Investigation sur une éventuelle stratification thermique de la Loire

Dans sa note d'information du 19/07/19, l'IRSN indiquait que la zone de mélange des rejets pouvait être déplacée vers l'aval du fleuve du fait d'un phénomène de stratification thermique : au mois de janvier 2019, la température du fleuve est de 5 à 6°C, quand les rejets d'effluents ont une température de l'ordre de 20°C.

L'IRSN a exploité les mesures disponibles pour étudier l'hypothèse d'une éventuelle stratification thermique au niveau du pont Cessart.

Pendant la campagne de mesures, l'eau de la Loire a été prélevée au seau tous les matins vers 9 h 30, dans les 30 premiers centimètres de la Loire en trois points du pont (cinq pendant l'interruption de prélèvement par les hydrocollecteurs). Chaque prélèvement a fait l'objet d'une mesure de la température de l'eau avec une restitution à 0,5°C près en général.

Par ailleurs, la DREAL Pays de la Loire effectue depuis 2016 des mesures en continu, toutes les 10 minutes, de la température de la Loire à Saumur au niveau du pont Cessart, au moyen d'une sonde fixe située au fond du fleuve et en rive droite. La sonde dispose d'une résolution de 0,1°C.

Ceci permet l'accès à deux chroniques de température de l'eau de la Loire, proche de la surface et au fond, permettant d'appréhender une éventuelle stratification thermique au niveau du pont Cessart.

**De novembre 2020 à fin janvier 2021, il n'a pas été relevé d'écart notable de température entre le fond et la surface, pour une large gamme de débits et de hauteurs d'eau, et pour des températures variant de 2,5 à 13°C.**

Des écarts notables ont été relevés entre le fond et la surface depuis la crue de février 2021. Après contact de la DREAL par l'IRSN, une vérification sur site par la DREAL le 07/05/21 a montré que la sonde était ensablée. Les écarts de température entre la surface et le fond, à compter de février 2021, sont donc très probablement dus à un ensablement de la sonde après la crue, qui ne mesurerait plus convenablement la température de l'eau de la Loire.

**En conclusion, il n'a pas été mis en évidence pendant la campagne de mesures de stratification thermique entre l'eau du fond et l'eau proche de la surface de la Loire au niveau du pont Cessart à Saumur.**

*Un membre de la CLI de Civaux demande si pendant la période de crue apparaissent les débits cumulés de la Loire et de la Vienne sur les courbes présentées. L'IRSN répond que le cumul est présenté sur les courbes avec un débit cumulé qui est monté à plus de 3000 m<sup>3</sup>/s (transparent 33 de la présentation intitulée « Résultats des mesures et modélisation 1D »). Par ailleurs, en réponse à une demande du membre de la CLI de Civaux, l'IRSN précise que les limites basses des débits des cours d'eau conduisant à un arrêt des rejets liquides des CNPE figurent dans les décisions prises par l'ASN encadrant les rejets de chacun de ces sites et sont, dans les grandes lignes, les suivantes :*

- CNPE de Belleville : débit de la Loire en-dessous duquel les rejets liquides sont suspendus : 30 m<sup>3</sup>/s ;
- CNPE de Dampierre : débit de la Loire en-dessous duquel les rejets liquides sont suspendus : 30 m<sup>3</sup>/s ;
- CNPE de St Laurent : débit de la Loire en-dessous duquel les rejets liquides sont suspendus : 46 m<sup>3</sup>/s ;
- CNPE de Chinon : débit de la Loire en-dessous duquel les rejets liquides sont suspendus : 54 m<sup>3</sup>/s ;
- CNPE de Civaux : débit de la Vienne en-dessous duquel les rejets liquides sont suspendus : 20 m<sup>3</sup>/s.

Les limites hautes de débit de Loire au-delà desquelles les rejets liquides sont suspendus figurent dans le compte-rendu de la réunion 3 du Comité de suivi.

*Un représentant de l'ACRO indique qu'à 20 kilomètres en aval des rejets de Chinon, ces derniers ne sont toujours pas bien mélangés, notamment au niveau du pont Cessart et que cela doit apparaître dans la conclusion de l'étude.*

*Un membre de la Cli de Chinon demande si des corrélations ont été recherchées entre toutes les séries de chiffres relatives aux concentrations en tritium, températures, conductimétrie, etc. L'IRSN répond que l'étude s'est concentrée sur les résultats des mesures des prélèvements et les modélisations associées. L'IRSN mettra à disposition sur son site internet toutes les mesures physico-chimiques réalisées durant cette étude.*

## Modélisation 2D

L'objectif de la modélisation 2D (CASTEAUR 2D), développée spécifiquement pour cette étude, est d'estimer la répartition transversale des concentrations en tritium dans la Loire entre le CNPE de Chinon et Saumur, en fonction des conditions de débit de la Loire et de la Vienne et des rejets du CNPE de Chinon, des CNPE Loire amont et du CNPE de Civaux.

Le modèle 2D a été calibré à partir d'études de dilution (traçages) réalisées par EDF (campagnes du 25 octobre 2017, du 27 mars 2019 et du 24 juin 2020) présentées à la réunion 3 du Comité de suivi.

### A Saumur

Après calage du modèle réalisé avec les mesures des études de dilution d'EDF, les résultats de la modélisation 2D à Saumur ont été comparés avec les mesures de l'ACRO et de l'IRSN faites entre 2019 et 2021 à différents régimes de débit et de rejets. **On observe un bon accord entre ce modèle (CASTEAUR 2D) et les mesures faites par l'ACRO et l'IRSN à Saumur, à l'exception de la valeur atypique de 310 Bq/L.**

Les concentrations en tritium du côté droit de la Loire sont influencées par les apports des CNPE en amont de Chinon sur la Loire et ceux du CNPE de Chinon. Les concentrations en tritium au centre de la Loire sont influencées par les trois contributions, les CNPE en amont de Chinon, le CNPE de Chinon et les apports du CNPE de Civaux via la Vienne. Les concentrations en tritium du côté gauche de la Loire sont influencées par les apports du CNPE de Civaux via la Vienne.

### SMP Aval du CNPE de Chinon

**La modélisation 2D confirme, comme la modélisation 1D, la représentativité limitée des mesures à la station SMP aval de Chinon, en fonction des conditions de débits de la Loire, vis-à-vis des rejets déclarés du CNPE de Chinon.** Le prélèvement à cinq mètres de la berge gauche détecte la partie gauche des panaches.

**Les pics du panache des rejets de Chinon passent essentiellement dans le bras droit du fleuve, à l'opposé du point de prélèvement.**

**La SMP permet de détecter de manière satisfaisante la concentration de bon mélange<sup>6</sup> (CBM) lorsque les débits de la Loire sont faibles, inférieurs à 100 m<sup>3</sup>/s.**

### Mesure atypique du 21 janvier 2019

L'IRSN a appliqué la modélisation 2D aux rejets des CNPE effectués juste avant le 21 janvier 2019 afin de comparer les résultats de cette modélisation avec la mesure atypique de 310 Bq/L. L'IRSN a fait cette

---

<sup>6</sup> Concentration de bon mélange = concentration attendue après mélange complet.

modélisation en différents points depuis la proximité immédiate de la clarinette de rejet du CNPE de Chinon jusqu'au pont Cessart à Saumur.

Dans les conditions du 21 janvier 2019, la modélisation 2D met en exergue de fortes concentrations en tritium dans l'axe du panache sur plusieurs kilomètres à l'aval du rejet (par exemple de plus de 500 Bq/L à l'aval immédiat du rejet).

**Au niveau du pont Cessart à Saumur, considérant les rejets déclarés par l'exploitant conformément à la réglementation, la modélisation 2D (de même que la modélisation 1D) conduit à une concentration maximale en tritium dans la Loire d'environ 80 Bq/L le 21 janvier 2019 et ne permet pas de retrouver le niveau de la mesure atypique à 310 Bq/L, même si le maximum est bien au centre du Pont.**

L'IRSN a également fait des modélisations 2D, dans les conditions du 21 janvier 2019, des concentrations en tritium dans la Loire en fonction de diverses configurations hypothétiques de fonctionnement de la clarinette de rejets du CNPE de Chinon (rejets 100% via la buse droite, 100% via la buse centrale, 100 % via la buse gauche et enfin rejet homogène sur toute la largeur de la clarinette, c'est-à-dire via les 11 buses espacées de cinq mètres). Ces modélisations conduisent l'IRSN à conclure que, dans les conditions du 21 janvier 2019, si **l'état de la clarinette** impacte les concentrations en tritium dans les eaux de la Loire dans le champ proche du rejet et le positionnement du panache à la SMP, il **n'a que très peu d'effet à l'aval de la confluence avec la Vienne et en particulier à Saumur et n'explique pas la mesure atypique à 310 Bq/L faite à Saumur.**

*Un membre de l'ACRO demande si dans la modélisation 2D, le débit en amont de Chinon a été supposé homogène sur le transect de la Loire en amont de Chinon. L'IRSN répond que les débits sont supposés homogènes en amont du point de rejet.*

*Un membre de l'ACRO suggère :*

- *de faire des modélisations 2D sur d'autres dates où les débits sont bas ;*
- *de faire une modélisation 2D en septembre 2020 avec deux conditions : rejet non maîtrisé et rejet classique ;*

L'IRSN répond qu'elle réalisera ces simulations (ainsi qu'une modélisation 2D du 21 janvier 2019, dans les conditions d'un rejet quatre fois supérieur, afin de simuler l'erreur de rejet de septembre 2020) et que les résultats figureront dans le rapport de l'étude.

*Un membre de la CLI de Civaux demande des explications sur le  $Q_{Chinon}$  (MBq/s) :  $11 \times 0,21$  (transparents 5 de la présentation sur la modélisation 2D). L'IRSN répond que « 11 » correspond au nombre de buses de la clarinette et qu'il est postulé que la même quantité d'effluent est rejetée par chaque buse et que donc le débit global de rejet est divisé par 11.*

*Il demande également l'explication concernant les « Bq/s » alors que tous les autres paramètres sont des Bq/L et donc d'apporter des éclaircissements sur le lien entre l'activité instantanée et l'activité volumique. L'IRSN répond que les « Bq/s » caractérisent le flux des rejets des CNPE. Les rejets s'effectuent avec un débit en  $m^3/s$  et présentent une concentration (activité volumique) en tritium dans la bache (réservoir rejeté) exprimée en  $Bq/m^3$  : le flux de l'activité rejetée est le produit du débit ( $m^3/s$ ) du rejet multiplié par l'activité volumique ( $Bq/m^3$ ) en tritium dans ce rejet ce qui donne un flux de rejet exprimé en  $Bq/s$ . On peut noter que la concentration obtenue dans le fleuve dépend également d'autres paramètres comme l'activité en amont du rejet et le degré de mélange. Cette concentration ne correspond au ratio de ce flux de rejet ( $Bq/s$ ) par le débit du fleuve ( $m^3/s$ ) que dans les hypothèses très simplificatrices d'un mélange homogène sur toute la largeur du fleuve après le point de rejet, de stationnarité du rejet et d'absence d'activité en amont du rejet.*

*Un membre de la CLI de Chinon demande si la modélisation prend en compte un bon fonctionnement de la clarinette. L'IRSN répond qu'il a envisagé son mauvais fonctionnement (voir transparent 16) : en champ proche, il est observé une différence dans les concentrations en tritium suivant l'hypothèse envisagée ; néanmoins, la dispersion latérale se fait progressivement lors de la progression de rejets en aval et au pont Cessart à Saumur la différence n'est plus notable entre l'hypothèse d'une seule buse fonctionnant et celle d'un fonctionnement normal de toutes les buses de la clarinette.*

*Le membre de la CLI de Chinon complète sa question : pourrait-on imaginer une modélisation autre qui permettrait de remonter aux 310 Bq/L, par exemple une modélisation 3D qui prendrait en compte « des bulles de concentration » ?*

Un représentant d'EDF indique que lorsque la clarinette s'encrasse il y a une baisse du débit du rejet et par conséquent, les rejets sont plus longs et les apports en tritium des rejets en Loire moins importants que prévus. Il précise que c'est pour cette raison qu'EDF fait des contrôles réguliers de l'état et du bon fonctionnement de la clarinette. Par ailleurs, une étude EDF sur la stratification thermique au pont Cessart n'a pas mis en évidence de différence de température entre le fond et la surface.

*Le représentant du réseau des préleveurs volontaires indique que l'hypothèse de « filon de rejets » conduisant à plus de pollution se trouve confirmée. Il indique que l'IRSN ne savait pas qu'il y avait une telle hétérogénéité entre rive gauche, droite et centre alors qu'EDF le sait depuis fort longtemps. Il précise que La Loire a un cours dont le fil d'eau a baissé de plus en plus au cours du temps et l'on trouve des bancs de sable non loin de la surface et qui peuvent apparaître. En cas de crues, les cartes sont modifiées et rebelotées. La configuration des bancs de sable change à nouveau. La Loire est un fleuve sauvage. Il explique qu'en période de décrue, le fleuve va creuser un chenal et créer des siphons. Il indique qu'à partir de janvier 2019, nous sommes entrés dans une période anormale pour la saison et un siphon aurait pu créer des conditions particulières de cheminement des rejets et venant directement de Chinon. Les mieux placés pour répondre à ces questions sont les services de la navigation qui en permanence sondent le cours du fleuve afin d'indiquer le chenal aux bateliers. Le représentant du réseau des préleveurs volontaires préconise de contacter les services de la navigation pour en savoir plus sur ces phénomènes de création de chenaux et de siphons et si en janvier 2019, les conditions météo n'auraient pas pu conduire à ces phénomènes. L'IRSN explique qu'il serait nécessaire de retrouver des conditions similaires à celles décrites et réaliser une série de prélèvements et de mesures pour confirmer cette hypothèse. L'IRSN indique que les phénomènes de « chenalisation » de la Loire (que l'on observe à bas débits) ont tendance à accélérer la dispersion latérale. A la suite de cette réunion, l'IRSN a pris contact avec les services de la navigation qui lui ont indiqué ne pas faire de relevés spécifiques qui auraient permis de caractériser plus finement les conditions hydrographiques de la Loire en janvier 2019.*

*Le représentant du réseau des préleveurs volontaires regrette qu'il n'y ait pas eu de prélèvements faits ailleurs qu'au pont Cessart et notamment au niveau des stations de pompage car il indique qu'aujourd'hui tout cela ne fait qu'augmenter les inquiétudes sur les mauvais mélanges des rejets de la centrale.*

*Un représentant de l'ACRO indique que leur organisme avait indiqué dès le départ de l'étude que réaliser des mesures uniquement au niveau du pont Cessart n'était pas suffisant pour contraindre au mieux les modèles. Il fallait regarder ailleurs, ce que vient de montrer d'ailleurs la modélisation 2D.*

*Le représentant de l'ACRO fait le constat que la SMP aval de Chinon ne voit que rarement les rejets et qu'en cas de bas débit, indiquer que la SMP correspond à la moyenne alors qu'on ne le voit que sur un seul cas est une conclusion un peu hâtive, cela peut être une coïncidence. L'IRSN répond qu'elle fera des nouvelles modélisations permettant de comparer les mesures à la SMP aval avec les résultats des simulations à d'autres dates où les débits sont bas pour confirmer son hypothèse. Les résultats de ces travaux seront publiés dans le rapport de l'étude.*

*Le représentant de l'ACRO demande si le rejet utilisé dans la modélisation est homogène durant la durée du rejet. L'IRSN indique que dans les modèles, des débits constants sont utilisés et qu'il a travaillé avec les données disponibles (fournies par l'ASN et EDF). Le représentant de l'ACRO indique que cela n'est pas le cas. Un représentant d'EDF demande sur quel élément tangible l'ACRO s'appuie pour dire que le rejet n'est pas constant au cours du temps et affirme que le débit est constant pendant toute la durée du rejet. Il explique qu'un débit de rejet est déterminé à partir de la concentration en tritium dans le réservoir de rejet, du débit du fleuve et des concentrations en tritium en amont du point de rejet provenant des CNPE amont. Il explique que cette valeur de débit de rejet est atteinte progressivement et qu'ensuite le rejet est constant pendant toute la durée.*

*Un représentant de l'ACRO fait le constat que la mesure atypique à 310 Bq/L correspond à un facteur 4 près aux mesures et prévisions des modèles qui indiquent 80 Bq/L au centre du pont Cessart à Saumur et pourrait s'expliquer par des incidents, comme celui de septembre 2020, d'autant que, dans la majorité des cas, la station SMP aval ne voit pas les rejets et donc ne voit pas les anomalies. Il indique que cette valeur de 310 Bq/L ne lui paraît pas impossible au pont Cessart et que l'on peut trouver des scénarii qui expliqueraient cette valeur.*

Un représentant d'EDF répond qu'à l'issue de la publication de la mesure à 310 Bq/L il y a eu une inspection de l'ASN sur le sujet, inspection menée en 21 juin 2019 qui a conclu qu'il n'y avait pas eu d'anomalie sur ce rejet. Il explique que c'est à partir de la concentration en tritium du réservoir qu'est réglé le débit de vidange du réservoir et que, s'il y avait une erreur (minoration) d'un facteur 4 sur la concentration (comme cela s'est produit en septembre 2020 sur un rejet du CNPE de Chinon), la durée du rejet aurait été quatre fois plus courte que ce qui était prévu, ce qui n'a pas été le cas en janvier 2019 comme l'a constaté l'inspection de juin 2019.

*Un membre de la CLI de Civaux souhaiterait que l'on discute à nouveau des « Bq/s ». Il indique que d'après ses calculs, après bon mélange cela correspondrait à une concentration en tritium de 14,3 Bq/L mais il n'y a pas bon mélange comme cela vient d'être expliqué. Il précise qu'au moment du rejet, à la sortie de la clarinette, l'activité volumique se mesure en KBq/L et qu'il ne faut donc pas s'étonner de retrouver plus loin des valeurs de 310 Bq/L.* Un représentant d'EDF explique que l'eau prélevée dans la Loire est à 80% rejetée dans la Loire (canal de rejet). Il précise que le contenu du réservoir est d'abord rejeté dans le canal de rejet dont l'eau ne contient pas de radionucléides (l'eau qui passe par les aéroréfrigérants) et dont le débit est de 4 m<sup>3</sup>/s alors que le débit de rejet du réservoir (contenant des radionucléides) est beaucoup plus faible et varie entre 5 et 20 m<sup>3</sup>/h dans le canal de rejet.

*Le membre de la CLI de Civaux souhaite connaître la concentration en sortie de la clarinette. L'IRSN lui répond qu'il est de l'ordre de 500 Bq/L, concentration qui avait été indiquée lors d'une réunion précédente.*

*Un membre de l'ACRO intervient et souhaiterait que la conclusion « la modélisation 2D ne permet pas de retrouver la valeur de 310 Bq/L », soit précédée de la formulation « Considérant les données de rejet de l'exploitant, ... ». L'IRSN n'y voit pas d'inconvénient ayant toujours utilisé dans ses modélisations les rejets déclarés par l'exploitant en application de la réglementation.*

## **4. PRESENTATION DES CAMPAGNES PAR SUIVI THERMIQUE DES REJETS DE CHINON REALISEES PAR EDF**

EDF avait présenté devant le Comité de suivi, lors de sa troisième réunion du 22 mars 2021, les résultats des campagnes de dilution, par suivi du tritium rejeté, en aval du CNPE de Chinon.

EDF a présenté, à l'occasion de cette quatrième réunion du Comité de suivi, les résultats de campagnes par suivi thermique réalisées en aval des rejets de Chinon en mars 2021. Ces campagnes sont complémentaires aux précédentes et concernent le suivi des rejets thermiques issus du débit de purge des tours aéroréfrigérantes.



Ces campagnes par suivi thermique ont consisté à des mesures :

- de thermographies aériennes, réalisées le 31 mars 2021 de 13h à 14h ;
- de profils de températures sur le transect de la Loire, réalisés les 3 et 9 mars 2021.

Le détail des deux campagnes figure sur le support de la présentation disponible sur la page internet dédiée à l'étude :

<https://www.irsn.fr/FR/connaissances/Environnement/expertises-locales/Etude-Tritium-Loire/Pages/Etude-tritium-Loire-Pont-Cessart-Saumur.aspx>

## Bilan des suivis thermiques réalisés en mars 2021

### Thermographies

L'influence de l'Indre et de la Vienne est clairement visible et localisée en rive gauche de la Loire avec des températures plus fraîches de 0,7 à 1°C.

A l'aval immédiat des buses de rejets, le panache d'eau échauffée dans la Loire est visible avec les 11 buses bien identifiées en surface.

L'élévation de température mesurée est d'environ +1°C à +1,8°C en surface à l'aval immédiat des buses. La largeur du panache en surface est d'environ 50 mètres à 115 mètres, en arrivant sur la Grande île de Chouzé.

L'échauffement mesuré en surface issu des rejets se stabilise à environ +0,4°C au niveau de la Grande île de Chouzé.

Le panache contourne l'île par le bras droit et est encore visible jusqu'à environ 5,6 km en aval des rejets.

Au-delà de 6 km, la masse d'eau échauffée n'est plus visible et la température de l'eau est considérée homogène.

### Transects de température de l'eau

L'étude confirme la longueur de rejet sur le fond de la Loire, en aval immédiat des buses.

L'étude a montré l'homogénéisation très rapide sur toute la hauteur d'eau, dès 50 mètres environ, conduisant à conclure à l'absence de stratification verticale.

*Un membre de la CLI de Chinon indique que l'on voit sur les thermographies des tâches sur la rive droite et que l'on risque d'avoir de temps en temps des « bulles plus chaudes » qui ne sont pas dans la modélisation en 2D. L'IRSN répond que la Loire est un fleuve compliqué à modéliser mais que néanmoins il ne lui semble pas possible que des phénomènes de « reconcentration » puissent avoir lieu après dilution ; on observe que des phénomènes de dilution / dispersion même si celles-ci ne sont pas complètement homogènes proche la zone de rejets.*

*La représentante du Réseau Loire Alerte suggère de contacter l'établissement Public Loire pour savoir s'ils réalisent des modélisations du transfert de polluants (radioactifs ou non) le long de la Loire. A la suite de la réunion, l'IRSN a contacté l'Etablissement Public Loire qui lui a répondu qu'ils ne faisaient pas ce type de modélisation et que les seuls suivis de la qualité de l'eau réalisés par l'Etablissement concernaient les retenues de Villerest (42) et Naussac (48) et le sous-bassin du Loiret.*

## 5. ENSEIGNEMENTS, CONCLUSIONS DE L'ETUDE ET RECOMMANDATIONS

L'IRSN a présenté les enseignements qu'il tire de cette étude, ses conclusions ainsi que des recommandations.

### Conclusions

Au total, au cours de cette étude, qui s'est déroulée sur **5 mois** du 9 novembre 2020 au 8 avril 2021, **1106 prélèvements dans les eaux de la Loire au niveau du pont Cessart à Saumur ont été réalisés** ainsi qu'environ 200 prélèvements complémentaires qui ont tous fait l'objet d'une mesure de leur concentration en tritium dans les laboratoires de l'IRSN.

Les mesures réalisées au cours de cette étude **n'ont pas mis en évidence de concentration en tritium atypique au Pont Cessart à Saumur, les mesures se situant entre 2,5 Bq/L et environ 60 Bq/L**, y compris dans des conditions similaires (fin novembre 2020 - début décembre 2020) à celles de janvier 2019.

Cette étude a permis d'améliorer la **modélisation 1D et de développer la modélisation 2D** de la dispersion des rejets entre Chinon et Saumur qui **rendent bien compte des mesures de concentration en tritium dans la Loire**.

Il a été constaté que **le mélange des rejets** déclarés par l'exploitant du CNPE de Chinon :

- **n'est pas complet au niveau de la SMP aval** : lors du passage des rejets de Chinon, les mesures peuvent être proches, inférieures ou supérieures à la prévision de la modélisation supposant leur mélange homogène ;
- **n'est également pas complet jusqu'au pont Cessart à Saumur**.

Il a été constaté que **les prélèvements à la SMP aval peuvent être représentatifs ou non des rejets du CNPE de Chinon, compte tenu de l'étalement transversal du panache de rejet en fonction du régime hydraulique** (correct pour les faibles débits et en limite de veine de rejets pour des débits plus élevés).

Cette étude a permis de mieux comprendre les phénomènes de dispersion (1D et 2D – nouveau modèle) des rejets entre Chinon et le pont Cessart (transect) et l'importance des facteurs suivants :

- contribution des différents rejets : les CNPE en amont de Chinon sur la Loire, Chinon et Civaux ;
- débits de la Loire et Vienne et ses conséquences sur le mélange Loire-Vienne.

**Le mélange des rejets de Chinon se fait plus rapidement, sur une distance plus courte, pour les faibles débits de la Loire.**

Cette étude a permis de mieux connaître la représentativité des prélèvements à la SMP aval au regard des rejets de Chinon en fonction des débits de la Loire (configuration du fleuve).

Cette étude, réalisée à partir des rejets déclarés au titre de la réglementation, a montré que **si le mélange est imparfait au pont Cessart, il ne permet cependant pas d'expliquer la mesure à 310 Bq/L publiée par l'ACRO faite sur un prélèvement à Saumur en janvier 2019. Les mesures et les modélisations n'ont pas permis de reproduire une telle activité à Saumur malgré des conditions similaires.**

Au cours de cette campagne, **il n'a pas été mis en évidence de stratification thermique entre l'eau du fond et l'eau proche de la surface au niveau du pont Cessart à Saumur.**

Cette étude a permis **d'échanger sur la clarinette de rejet** : notamment sur son fonctionnement, le suivi qui en est fait ainsi que son action sur la dispersion des rejets. Selon différentes hypothèses sur les caractéristiques de

fonctionnement de la clarinette, il a été fait le constat que si ces dernières peuvent avoir des conséquences sur la dilution des concentrations dans le champ proche du rejet, **ses conséquences sont négligeables à l'aval de la confluence avec la Vienne, notamment au pont Cessart à Saumur et ne permettent pas d'expliquer la mesure atypique de 310 Bq/L.**

**Le Comité de suivi a fait l'objet d'une coopération pleine et entière de tous les participants à cette étude, exploitant, services de l'état et parties prenantes, ce qui a permis un travail collaboratif en toute transparence et dans un climat serein et constructif.**

**L'IRSN tient à remercier tous les membres du Comité de suivi de cette étude.**

## **Recommandations de l'IRSN**

### **Modélisation**

L'IRSN recommande **l'utilisation de la modélisation de la dispersion des rejets dans la surveillance de l'environnement des CNPE**, en complément des prélèvements et mesures des exploitants, de l'IRSN et de la société civile, qui doivent satisfaire au plus haut niveau de qualité (normes) et de traçabilité.

Il s'agit en particulier de :

- 1. Développer la modélisation des rejets pour confirmer la représentativité des mesures de surveillance :**
  - au moyen des déclarations détaillées des rejets de l'exploitant ;
  - le cas échéant, des informations préalables des périodes de rejets, même avec des incertitudes.
- 2. Poursuivre les travaux d'amélioration des modèles, au travers notamment de la comparaison des modélisations 1D et 2D entre l'IRSN et EDF.**

### **Prélèvements et mesures**

- 3. Pour les activités de surveillance de l'environnement par prélèvement, l'IRSN préconise de mettre en œuvre des dispositifs permettant de garantir la traçabilité de tous les prélèvements et le respect des normes.**
- 4. Concernant la mesure de ces prélèvements, l'IRSN rappelle la nécessité et préconise de continuer de recourir à des laboratoires disposant d'un agrément RNM.**

### **Station multiparamètres (SMP) aval du CNPE de Chinon**

- 5. L'IRSN recommande de corriger certaines dates déclarées au RNM des prélèvements pour les aliquotes journaliers des CNPE (dates de début et de fin de prélèvements) et d'expliquer les dates de prélèvements à mi-rejet déclarées au RNM (rejets fractionnés).**
- 6. L'IRSN recommande d'étudier comment la détection des rejets du CNPE de Chinon par la SMP aval de Chinon pourrait être rendue moins dépendante des différents régimes hydrauliques de la Loire (en envisageant par exemple la modification du point de prélèvement) et notamment de garantir la détection d'éventuels rejets non maîtrisés du CNPE.**

### **Clarinette de rejets**

- 7. L'IRSN recommande de poursuivre les vérifications régulières de l'état de fonctionnement de la clarinette.**

Les membres du Comité de suivi prennent la parole pour faire part de leurs points de vue sur cette étude.

*L'ASN remercie l'IRSN et les différentes parties prenantes pour la qualité de ce travail. L'ASN souligne le rôle des stations SMP amont et aval pour caractériser les rejets dans l'environnement mais également pour les calculs d'impact ainsi que pour démontrer la maîtrise de ces rejets. L'ASN indique qu'un travail devra être engagé dans la continuité de cette étude, pour voir comment pourrait être améliorée la surveillance à la SMP aval sur le long terme dans le but d'avoir une surveillance de l'environnement plus représentative des rejets.*

*Un membre de la CLI de Chinon indique que l'ASN a fait une inspection le 1<sup>er</sup> avril 2021, à la suite de l'incident de septembre 2020 (erreur de rejet de Chinon) et demande si un croisement a été fait entre ce rapport d'inspection et la valeur atypique de janvier 2019. Il souligne qu'une erreur d'un facteur 4 dans la caractérisation de concentration en tritium de la bêche permettrait de mettre en cohérence les 310 Bq/L de janvier 2019 et les 80 Bq/L des modèles de cette étude.*

L'ASN indique qu'elle s'était posée cette question (erreur de caractérisation de la bêche) mais que des contrôles de cohérence sur les activités des bêches du mois de janvier 2019 auraient permis de détecter une telle erreur si elle s'était produite. L'ASN indique qu'une étude avec cette hypothèse a été réalisée par EDF et que les résultats (calcul des concentrations attendues dans la Loire) ont montré que l'on était loin du facteur 4.

*Le membre de la CLI de Chinon indique qu'au terme de cette étude il n'y a toujours pas d'explication pour cette valeur et qu'il faut peut-être envisager de chercher d'autres pistes.*

L'IRSN indique que l'objectif de cette étude était de savoir si l'on retrouvait la valeur atypique de 310 Bq/L ce qui n'a pas été le cas. L'IRSN indique qu'il fera une modélisation 2D du 21 janvier 2019, dans les conditions d'un rejet quatre fois supérieur, afin de simuler l'erreur de rejet de septembre 2020, en évaluant la pertinence technique de telles hypothèses.

*L'ACRO remercie l'IRSN et le Comité de suivi pour le travail réalisé. L'ACRO fait le constat que la modélisation 1D marche bien a posteriori mais n'est pas prédictive, elle est uniquement explicative. L'ACRO constate que la SMP aval ne mesure pas correctement les rejets du CNPE de Chinon et espère que la société civile sera associée à la suite de ces travaux et à toutes les affaires de SMP qui suivront. L'ACRO souhaite que l'incident de septembre 2020 soit injecté dans les modèles 2D afin de voir les résultats obtenus.*

*EDF remercie l'IRSN pour cette étude ainsi que l'ensemble des contributeurs. Pour EDF, cette étude a été très riche d'enseignements et elle va regarder comment s'en saisir au mieux. EDF est attachée à avoir les prélèvements les plus représentatifs au niveau de la SMP.*

*Un membre de la CLI de Civaux souhaiterait connaître les valeurs limite attendues, est-ce que 310 c'est beaucoup, c'est trop ? Existe-t-il une valeur « crête » ? On connaît les moyennes et une moyenne ne peut pas être une limite. Où est la limite dans les eaux de consommation ? Quelles sont les limites dans le « milieu » et les eaux de consommation ? Quelles sont les valeurs visées par EDF ?*

L'ASN/DEU répond qu'elle s'intéresse à l'eau en sortie des CNPE dont la SMP et que l'eau potable relève de la compétence de la DGS.

L'IRSN rappelle les critères radiologiques inscrits dans la réglementation relative à l'eau de boisson (les valeurs guides : 100 Bq/L en tritium, 0,1 Bq/L alpha global, 1 Bq/L bêta global déclenchant des analyses complémentaires en cas de dépassement – activités de chaque radionucléide- pour calculer ensuite la dose indicative sur la base d'une consommation annuelle de 2 litres d'eau par jour).

EDF Chinon rappelle les valeurs limites réglementaires à ne pas dépasser à la station aval :

- 100 Bq/L en activité moyenne journalière en tritium en l'absence de rejet ;

- 140 Bq/L en activité moyenne journalière en tritium en présence de rejet ;
- 280 Bq/L en activité horaire à mi-rejet.

Un représentant d'EDF Civaux indique qu'ils ont les mêmes valeurs limites.

*Un membre de la CLI de Civaux souhaiterait connaître l'origine de la valeur de « 80xD » ?*

Hors réunion, l'ASN/DEU répond que le « débit d'activité » imposé dans les prescriptions de l'ASN n'a pas de signification physique et ne peut être mesuré physiquement. Cette valeur limite en débit d'activité sert à déterminer le débit de rejet de l'effluent à rejeter, en le calculant à partir de l'activité réelle (mesurée) dans le réservoir à rejeter, en tenant compte du débit du fleuve au moment du rejet et de façon à respecter le facteur de dilution de 500 (dilution des effluents radioactifs rejetés par les eaux de refroidissement non radioactives, afin de limiter l'impact sur l'environnement) imposé par les prescriptions de l'ASN relatives aux modalités de rejets dans l'environnement. L'objectif est de limiter l'effet du rejet sur le milieu récepteur.

Les limites d'activité volumique en aval de la centrale (pour les sites en bord de rivière, 140 Bq/L en moyenne journalière en période de rejet, 100 Bq/L en moyenne journalière en l'absence de rejet et 280 Bq/L en moyenne horaire en période de rejets) visent à limiter l'impact des rejets sur le milieu. Ces valeurs sont génériques pour l'ensemble du parc français. Elles sont reprises dans la décision réglementaire n° 2017-DC-0588 de l'Autorité de sûreté nucléaire du 6 avril 2017 relative aux modalités de prélèvement et de consommation d'eau, de rejet d'effluents et de surveillance de l'environnement des réacteurs électronucléaires à eau sous pression.

*Le représentant des préleveurs citoyens regrette qu'il n'y ait pas eu d'étude et de lien avec les concentrations en tritium dans les eaux de boisson.*

*Le représentant des préleveurs citoyens regrette le manque de transparence d'EDF sur ses dates de rejets. Il souhaiterait que les citoyens les obtiennent 1 à 2 jours avant et qu'elles soient communiquées aux préleveurs d'eau potable afin qu'ils puissent adapter leurs prélèvements en conséquence. Il regrette qu'il n'y ait pas dans les conclusions de cette étude une recommandation en lien avec les exploitants d'eau potable.*

Le représentant de l'ARS Pays de la Loire indique que le contrôle sanitaire des eaux se fait avec l'accord des stations de traitement des eaux en aval des CNPE. Il indique que lorsque le contrôle ne permet pas de faire un suivi par des mesures fréquentes (en raison du coût important pour le consommateur), le contrôle est réalisé de manière statistique.

Il indique que le problème du tritium dans la Loire est bien pris en compte par l'ARS et le Réseau Loire Alerte. L'ARS indique être disposée à mieux caler le suivi sur les rejets des centrales et à faire évoluer les contrôles dans ce domaine. Concernant l'événement de septembre 2020 (erreur de rejet du CNPE de Chinon), il a regretté que la communication des rejets vers les organismes en charge du contrôle des eaux potable ne soit pas en phase et que ces derniers ne soient pas alertés en cas d'incident de rejets : une amélioration des échanges est à mettre en œuvre.

## 6. POINTS DIVERS

L'IRSN indique que cette étude fera l'objet d'un rapport qui sera partagé avec les membres du Comité de suivi à l'automne 2021, et sera ensuite rendu public au deuxième semestre 2021. Il sera notamment disponible sur le site internet de l'IRSN.

Ce rapport présentera également les modélisations supplémentaires demandées lors de cette réunion du Comité de suivi (cf. §3)

A la demande d'un représentant de la CLI de Chinon, il est confirmé par l'IRSN que cette présentation sera faite à l'occasion d'une prochaine réunion de cette CLI (2<sup>ème</sup> semestre 2021).

L'ensemble des supports de la quatrième réunion du Comité de suivi est accessible dans la rubrique dédiée du site internet de l'IRSN :

<https://www.irsn.fr/FR/connaissances/Environnement/expertises-locales/Etude-Tritium-Loire/Pages/Etude-tritium-Loire-Pont-Cessart-Saumur.aspx>

--O--

## ANNEXE 1 : LISTE DES PARTICIPANTS

<p style="text-align: center;"><b>ACRO</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• BARBEY Pierre</li><li>• BOILLEY David</li><li>• JOSSET Mylène</li><li>• LE VOT Aurore</li></ul>	
<p style="text-align: center;"><b>ANCCLI</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• PINEAU Coralie</li></ul>	
<p style="text-align: center;"><b>ARS</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• POLATO Thierry</li></ul>	
<p style="text-align: center;"><b>ASN</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• RIVIERE Olivier (DEU)</li><li>• REYNAL Nathalie (DEU)</li><li>• BAGLAN Nicolas (DEU)</li><li>• FOURNIER Marc (DEU)</li><li>• PLANCQUE Gabriel (DEU)</li><li>• RON Christian (Division d'Orléans)</li><li>• TERLISKA Yoann (Division de Nantes)</li></ul>	
<p style="text-align: center;"><b>CLI Chinon</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• BOULAY Leny</li><li>• BOUTIN Dominique</li><li>• FISCHER Jean Pierre</li><li>• HOYAU Pascal</li><li>• REMMERIE Bernard</li><li>• TERY VERBE Alix</li></ul>	
<p style="text-align: center;"><b>CLI Civaux</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• TERRACHER Jacques</li></ul>	
	<p style="text-align: center;"><b>CLI Dampierre</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• COPIN André</li><li>• FUME Catherine</li><li>• MAUD Michel</li></ul>
	<p style="text-align: center;"><b>EDF</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• BESNARD Amélie</li><li>• BOULETREAULT Didier</li><li>• BRETECHE Nathalie</li><li>• BRISPIERRE Jérôme</li><li>• DELASSUS Gontrand</li><li>• LELOUP Laurent</li><li>• HEMIDY Pierre-Yves</li><li>• HOERTH Jean Marc</li><li>• PIERRE Marien</li><li>• TINDILLERE Michel</li><li>• THIELIN POIRAUD Nadine</li></ul>
	<p style="text-align: center;"><b>IRSN</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• GARIEL Jean-Christophe</li><li>• BESNUS François</li><li>• GLEIZES Marc</li><li>• BAUDRY Michel</li><li>• BEGUIN LEPRIEUR Magali</li><li>• BOYER Patrick</li><li>• COGEZ Eric</li><li>• DESCHAMPS Céline</li><li>• LEBEAU LIVE Audrey</li><li>• LORTHIOIR Stephane</li><li>• MONTI Pascale</li><li>• MORIN Maxime</li></ul>

<ul style="list-style-type: none"><li>• MOURLON Christophe</li><li>• PERTUISOT Marie-Hélène</li><li>• PIAR Libuse</li><li>• YAVASSAS Christina</li><li>• SIMON CORNU Marie</li><li>• AGARANDE Michelle</li><li>• GALLIEZ Kevin</li></ul> <p style="text-align: center;"><b>MAIRIE DE SAUMUR</b> (Communauté d'agglomération Saumur Val-de-Loire)</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• NERON Noël</li></ul> <p style="text-align: center;"><b>RESEAU LOIRE ALERTE</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• DUCAM Lucile</li></ul> <p style="text-align: center;"><b>RESEAU DES PRELEVEURS VOLONTAIRES</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• BUSSON Jean-Yves</li></ul> <p style="text-align: center;"><b>SOUS-PREFET</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• GESRET Samuel (partiellement)</li></ul>	
---	--