

## Contexte général

- L'accident de Tchernobyl (1986) a provoqué une contamination radioactive durable ( $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{90}\text{Sr}$ , les isotopes du Pu,  $^{241}\text{Am}$ ) sur plusieurs milliers de  $\text{km}^2$ , notamment dans la **zone d'exclusion de 30 km** autour de la centrale  $\approx 2\,800\,\text{km}^2$ .
- La zone d'exclusion a ensuite été élargie pour inclure des zones supplémentaires contaminées par les retombées radioactives, atteignant ainsi environ **4 800  $\text{km}^2$**  [1]
- Le changement climatique et la guerre en Ukraine ont **augmenté de 30 %** les incendies ces dernières années en Europe de l'Est, **remobilisant les radionucléides** déposés dans la végétation et les sols.
- **En avril 2020** : des incendies exceptionnels jamais enregistrés à proximité de Tchernobyl ont brûlé **870  $\text{km}^2$**  en seulement 19 jours. [1]

### Problématique :

- Que se passerait-il si un **incendie majeur ou une série d'incendies** touchaient une grande partie de la zone d'exclusion et quelles seraient **les conséquences radiologiques pour la France** située à 2000 km à l'Ouest ?

### Objectif de l'étude :

- Évaluer les conséquences en France selon le **scénario le plus pessimiste**, basé sur les **incendies d'avril 2020 dans la zone d'exclusion** avec une **météorologie défavorable**. [1]

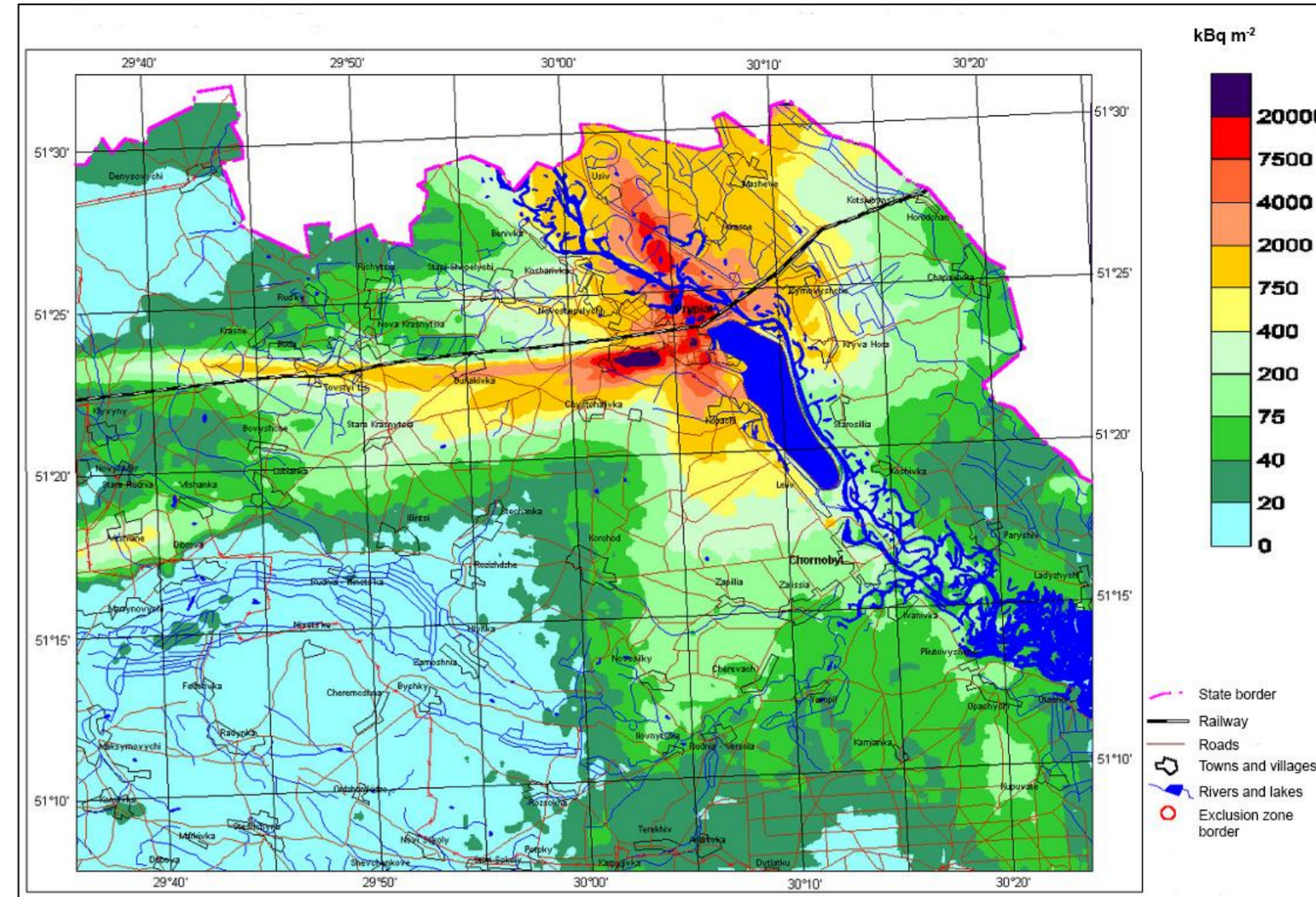


Figure 1 – Modélisation spatiale de la contamination au strontium-90 dans la zone des 30 km de Tchernobyl (estimé en 1997) [2]

## I - Estimation du terme source le plus pénalisant

- L'étude vise à estimer les **concentrations maximales de radionucléides** ( $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{90}\text{Sr}$ , isotopes du plutonium,  $^{241}\text{Am}$ ) pouvant atteindre la France lors d'**incendies majeurs dans la zone d'exclusion de Tchernobyl**.
- L'estimation repose sur les **observations réelles d'avril 2020**, durant lesquelles **870  $\text{km}^2$**  ont brûlé dans la zone d'exclusion, **seules les activités volumiques de  $^{137}\text{Cs}$**  dans l'air pouvaient être distinguées du bruit de fond en France (réseau OPERA, IRSN).

### Hypothèse retenue:

- En considérant que le phénomène durerait 15 jours et que **l'ensemble des 3 900  $\text{km}^2$**  restants brûlaient à leur tour, cela représenterait environ **4,5 fois plus d'émissions** qu'en 2020. [2]

Activités en GBq	Terme source d'avril 2020 <sup>a</sup>	Terme source « Pire scénario »
$^{137}\text{Cs}$	1200	5368
$^{90}\text{Sr}$	613	2742
$^{238}\text{Pu}$	1,9	8
$^{239}\text{Pu}$	1,9	8
$^{240}\text{Pu}$	2,9	13
$^{241}\text{Pu}$	90,1	403
$^{241}\text{Am}$	29,6	132

Tableau 1 – Estimation des termes sources dans l'atmosphère par les incendies d'avril 2020 autour de Tchernobyl et extrapolation au pire scénario envisageable [1]

## II - Sélection de la séquence météorologique pénalisante pour la période 2012-2021

- Les **conséquences radiologiques en France** liées à des incendies dans la région de Tchernobyl dépendent fortement des **conditions météorologiques** lors du transport des masses d'air.
- Une **modélisation statistique** a été réalisée à partir de **10 ans de données météorologiques (2012-2021)** issues du modèle ARPEGE (Météo-France).
- Des **simulations de la dispersion atmosphérique du  $^{137}\text{Cs}$**  ont été effectuées tous les cinq jours. Le scénario considéré repose sur l'hypothèse d'un rejet unitaire continu de  $^{137}\text{Cs}$ , correspondant à un débit d'émission de **1  $\text{Bq}\cdot\text{s}^{-1}$** , **sur une période de 10 jours**. Les simulations couvrant l'Europe de l'Ouest jusqu'à l'ouest de la Fédération de Russie avec une résolution horizontale d'environ 50 km. [4]

### Résultats : une grande variabilité selon les situations météo

- Seules **15 % des simulations** aboutissent à une arrivée du panache radioactif en France.
- Les **conditions les plus défavorables** (impact maximal) correspondent à la période du **30 janvier au 14 février 2012**.
- Les **dépôts au sol** suivent la même tendance que les **concentrations dans l'air** : plus le panache atteint la France, plus les dépôts y sont élevés. [1]

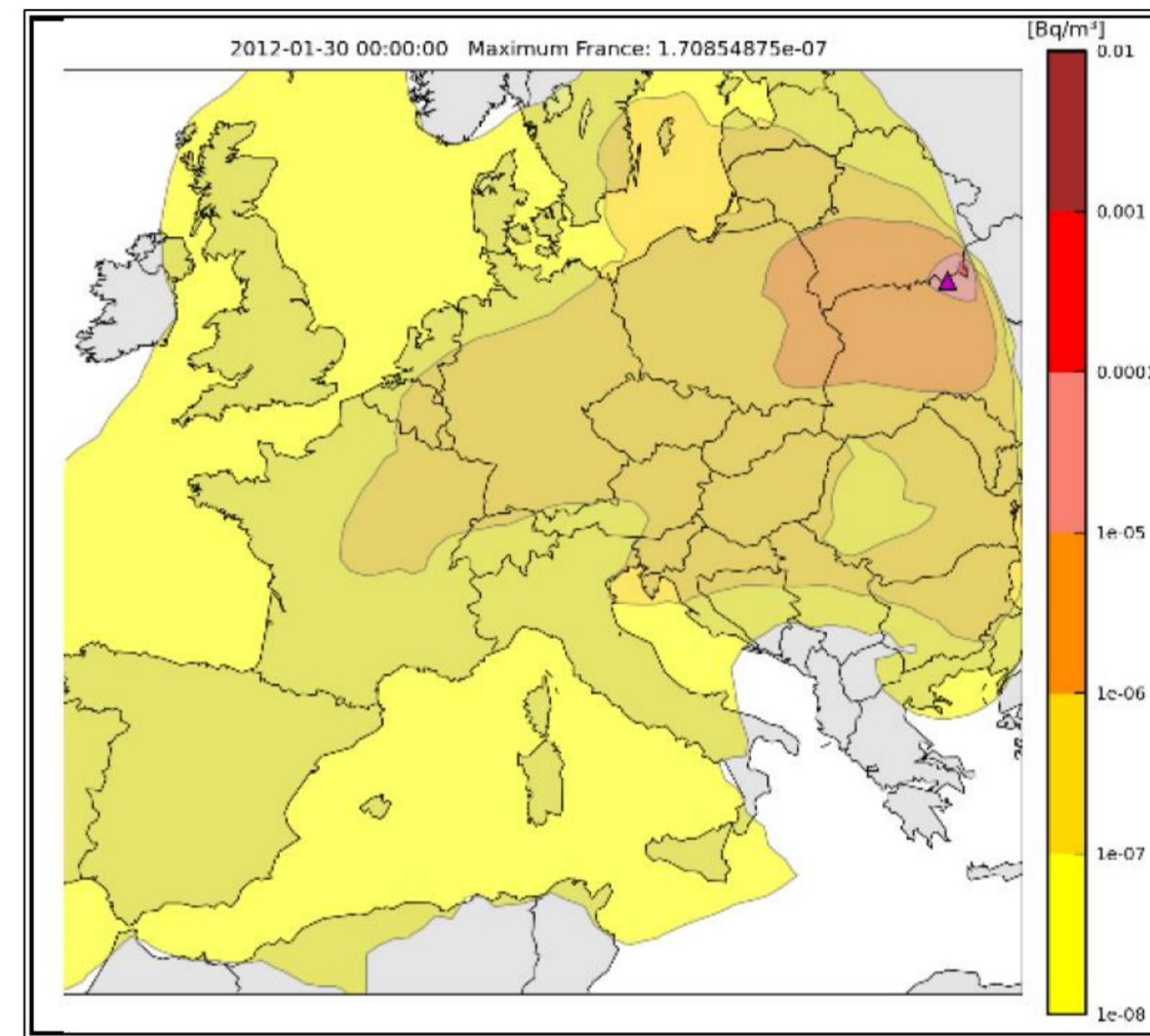


Figure 2 – Cartographies de concentrations intégrées ( $\text{Bq}/\text{m}^3$ ) de  $^{137}\text{Cs}$  obtenus 15 jours après le début des rejets pour la période du 30 janvier. [1]

## III - Estimation des conséquences en France à partir du terme source et de la séquence météorologiques sélectionnés

### 1. Les concentrations volumiques dans l'air

- Simulation réalisée pour un **panache de  $^{137}\text{Cs}$**  en considérant la séquence météorologique du **29/01/2012 au 14/02/2012**.
- Il faut **environ 2 jours après les premiers rejets** pour que le panache parvienne à atteindre la France et pendant 15 jours le territoire va être **touché à plusieurs reprises**.
- Les données révèlent que les niveaux de concentrations horaires de  $^{137}\text{Cs}$  simulés en France sont systématiquement **inférieurs à 1  $\text{mBq}/\text{m}^3$**  mais restent largement au-dessus des valeurs normalement hors événements ( $< 0,2\,\mu\text{Bq}/\text{m}^3$ ).
- De plus, des précipitations ont touché l'extrême **sud-est de la France et la de Corse** lors du passage du panache, ce qui tend à **augmenter les activités déposées**. [2]

### 2. Les dépôts radioactifs

- Simulation des **dépôts de  $^{137}\text{Cs}$  après 15 jours** d'incendies dans la zone d'exclusion de Tchernobyl.
- Certaines zones d'**Europe de l'Est** peuvent atteindre **10 000  $\text{mBq}/\text{m}^2$** .
- **En France**, les niveaux simulés sont plus faibles, variant **entre 10 et 1 000  $\text{mBq}/\text{m}^2$** . [3]

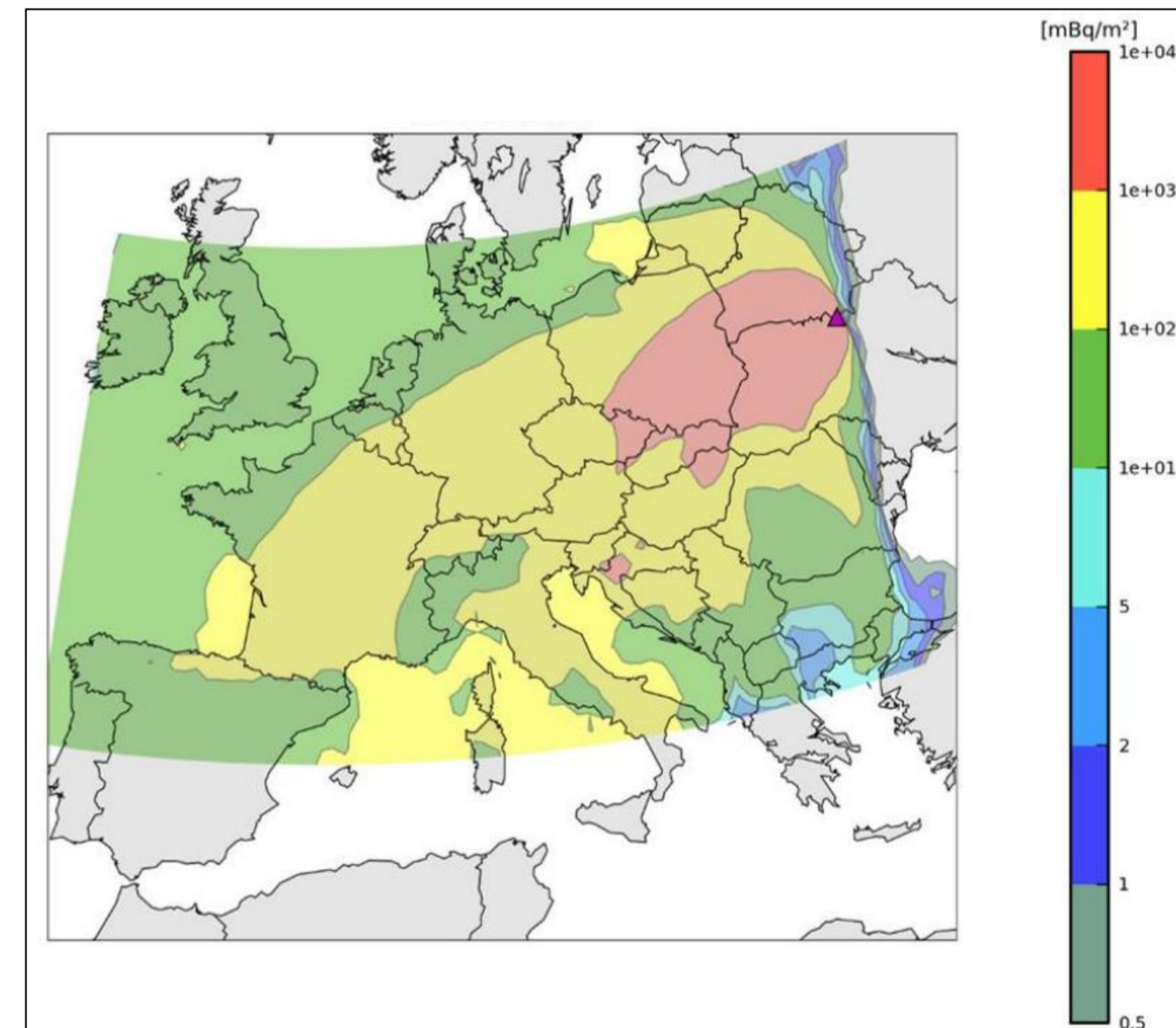


Figure 3 – Cartographie des dépôts de  $^{137}\text{Cs}$  simulés à partir du modèle LdX dans le cadre du scénario pénalisant ( $\text{mBq}/\text{m}^2$ ) [2]

### 3. La contamination des denrées alimentaires les plus sensibles

- Les **légumes-feuilles** faisant partie des denrées alimentaires les plus sensibles ont été présentés dans l'étude.
- **En Europe**, les niveaux simulés de la contamination des légumes-feuilles sont principalement **inférieurs à 1 000  $\text{mBq}/\text{kg}$**  à la fin des rejets.
- **En France**, les niveaux sont plus faibles, variant **entre 20 et 100  $\text{mBq}/\text{kg}$**  avec un maximum de **100  $\text{mBq}/\text{kg}$  dans l'est de la France**. [3]

### 4. La dose efficace totale (modèle paZ)

- Le modèle paZ (IRSN) a été utilisé de nouveau pour **quantifier l'exposition de la population en Europe**.
- La **dose efficace** estimée pour un adulte (toutes les voies d'exposition aux radionucléides sont considérées dans le terme source, tableau 1) représente en **Europe** une dose **inférieure à 100 nSv**.
- **En France**, elle est encore plus faible, variant **entre 1 et 10 nSv** dans l'est du pays. [3]

### Répartition des voies d'exposition :

- L'**ingestion** de denrées représente **50 %** de la dose totale (dont  $\frac{2}{3}$  dus au  $^{137}\text{Cs}$  et le reste principalement dû au  $^{90}\text{Sr}$ ).
- L'**inhalation** représente le tiers de la dose totale principalement dû aux isotopes du plutonium.
- L'**exposition externe** est associée aux dépôts de césium 137 et de baryum 137m. [1]

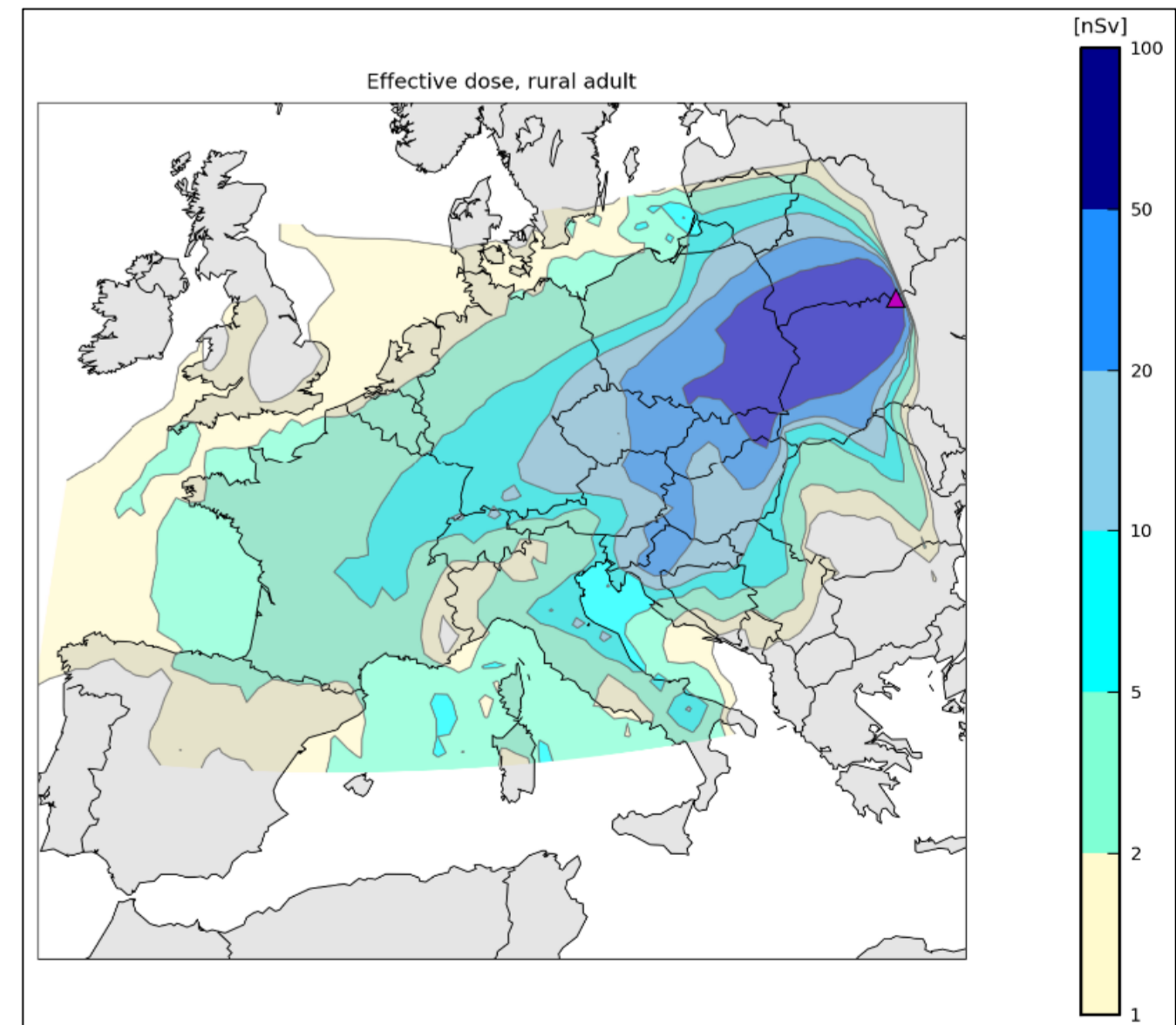


Figure 4 - Cartographie de la dose efficace totale pour un adulte (toutes voies d'expositions confondues, en nSv) dans le cadre du scénario pénalisant. [1]

## Conclusion

Même dans le **pire scénario** envisageable (incendie total + météo défavorable), les **conséquences radiologiques en France resteraient insignifiantes** pour la population (dose inférieure à 100 nSv). [2]

### En revanche

- Ces incendies **remobilisent néanmoins la radioactivité au niveau local** (Ukraine et Biélorussie) et soulignent la nécessité d'une **surveillance permanente** de la zone d'exclusion et d'un **suivi européen des retombées atmosphériques**.
- **Ce scénario est transposable** à d'autres événements comparables, y compris à des situations futures impliquant la remobilisation de sols contaminés. [3]

## Bibliographie

- [1] - ASNR- Estimation des conséquences radiologiques en France métropolitaine pouvant résulter d'incendies sur des zones contaminées par l'accident de Tchernobyl, juillet 2024
- [2] - ASNR- Les territoires-contaminés-autour-Tchernobyl
- [3] - Resuspension and atmospheric transport of radionuclides due to wildfires near the Chernobyl Nuclear Power Plant in 2015: An impact assessment
- [4] - ASNR - Détection de traces de  $^{137}\text{Cs}$  dans l'air en Europe consécutives à des incendies dans la zone d'exclusion de Tchernobyl, août 2024