

Note d'information

Incendies en Ukraine dans la zone d'exclusion autour de la centrale Tchernobyl : Point de situation

Depuis la parution de notre note d'information du 7 avril 2020, les incendies en Ukraine se sont étendus jusqu'à atteindre l'environnement proche de la centrale de Tchernobyl. Suite aux nombreuses questions reçues par l'Institut sur les conséquences radiologiques de ces incendies qui, selon les autorités ukrainiennes seraient désormais sous contrôle, la présente note fournit une évaluation des impacts radiologiques possibles pour les intervenants ainsi que pour les habitants de Kiev. Elle fait aussi le point sur les niveaux d'activités dans l'air susceptibles d'être détectés en France en raison du transport de masses d'air contaminées par ces incendies.

1/ Etat actuel de la situation

Des incendies se sont déclarés en Ukraine il y a une dizaine de jours dans un territoire fortement contaminé par l'accident nucléaire de 1986, incendies qui ont atteint la zone d'exclusion et l'environnement proche (environ 1 km) de la centrale nucléaire de Tchernobyl à partir du 8 avril 2020 (cf. Figure 1).

Près de 400 pompiers et 90 équipements spécialisés, y compris des avions et des hélicoptères bombardiers d'eau, sont mobilisés depuis plus d'une semaine pour tenter de maîtriser ces feux. Selon certaines estimations, la superficie brûlée aurait atteint 20 000 ha.

Les autorités ukrainiennes ont indiqué en début de semaine que « les efforts des pompiers et la pluie ont permis de réduire le feu de forêt ravageant la zone d'exclusion de Tchernobyl ». Elles ont assuré mardi 14 avril 2020 au matin que les risques de propagation des incendies étaient désormais liés à des foyers isolés et à des feux couvant.

En fin de journée du 14 avril 2020, les autorités ukrainiennes ont indiqué que les feux étaient sous contrôle. Les images satellites du 15 avril 2020 me mettent plus de foyers d'incendie en évidence (cf. Figure 1).

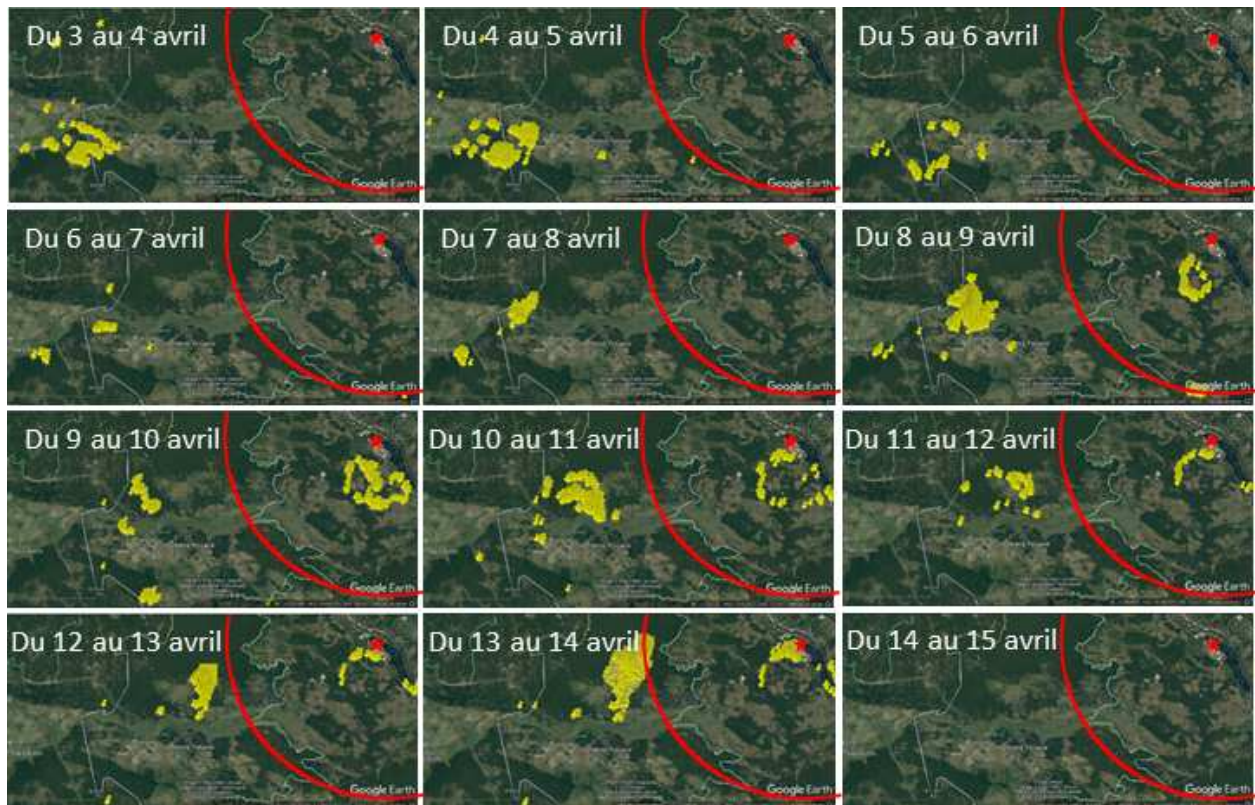


Figure 1 : carte des différents foyers d'incendies entre le 3 et le 15 avril 2020 (source : NASA/FIRMS) (la centrale de Tchernobyl) est repérée par une étoile rouge et l'arc de cercle rouge délimite la zone d'exclusion d'un rayon de 30 km autour de la centrale)

2/ Mesures disponibles

Des mesures du débit de dose gamma ambiant à proximité des zones affectées par les feux sont disponibles sur le site <http://www.srp.ecocentre.kiev.ua/MEDO-PS/index.php?lang=ENG>. Elles ne mettent pas en évidence de valeurs anormales. Il faut rappeler que ces dispositifs de mesure ne sont en capacité de détecter que des accidents radiologiques importants¹ tout comme la balise IRSN installée à l'Ambassade de France à Kiev ou les équipements du réseau Téléray de l'IRSN déployés en France.

La radioactivité remobilisée par ces incendies n'a donc pas été suffisamment élevée pour être détectée par ces dispositifs.

En revanche, des mesures beaucoup plus sensibles ont été effectuées par différents organismes scientifiques ukrainiens qui ont publié les activités volumiques du césium 137 dans l'air mesurées à partir de prélèvements d'aérosols² sur filtres (cf. Tableau 1).

¹ Rayonnement gamma résultant d'une radioactivité dans l'air supérieure au Bq/m³

² Particules ou poussières en suspension dans l'air

Station du Central Geophysical Observatory, Kiev

Période de prélèvement	05 au 06/04/2020	06 au 07/04/2020	07 au 08/04/2020	08 au 09/04/2020	09 au 10/04/2020	10 au 11/04/2020	11 au 12/04/2020	12 au 13/04/2020
Activité volumique du Cs-137 dans l'air (en $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$)	83	< 110	<140	290	<140	700	170	<180

Station du Ukrainian Hydrometeorological Institute, Kiev

Période de prélèvement	27/03 au 05/04/2020	27/03 au 06/04/2020	06 au 07/04/2020	06 au 08/04/2020*	08 au 09/04/2020	09 au 10/04/2020
Activité volumique du Cs-137 dans l'air (en $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$)	50	56	57	65	220	470

Mesures dans la zone d'exclusion³

Localisation	Date	Activité volumique du Cs-137 dans l'air (en $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$)
ASKRS Chernobyl	10/04/2020	240
ASKRS Kids	08/04/2020	54
ASKRS Kopachi	11/04/2020	1000
ASKRS Kopachi	08/04/2020	72
ASKRS GRP-750	08/04/2020	630
Chernobyl, vul. Kirov, 42	11/04/2020	2600
Chernobyl, Vul. Ecole, 6	12/04/2020	290
Péninsule de Korohods'kyi 12 kv	12/04/2020	42000
Korogodske L-in 41 m2	12/04/2020	1600
Centrale nucléaire de Tchernobyl Ukrenergomontazh - GRP-750	13/04/2020	180000

Tableau 1 : Mesures de l'activité volumique en césium 137 dans l'air à Kiev et dans la zone d'exclusion de Tchernobyl rapportées par deux organismes scientifiques ukrainiens

A Kiev, les activités volumiques les plus élevées en césium 137 dans l'air ont été enregistrées pour la période du 9 au 11 avril 2020 avec une mesure à 470 micro becquerel/mètre cube ($\mu\text{Bq}/\text{m}^3$) (prélèvement du 9 au 10 avril) et une autre à 700 $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$ (prélèvement du 10 au 11 avril). Une valeur de 1 200 $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$ dans la nuit du 4 au 5 avril 2020 a aussi été rapportée par le Centre Scientifique et technique d'Etat pour la Sureté Nucléaire et Radiologique ukrainien mais n'a pas été confirmée.

Ces valeurs sont significativement plus élevées que les valeurs habituellement mesurées en césium 137 dans l'air à Kiev⁴ et attestent du passage de masses d'air marquées par la radioactivité. Elles restent cependant modérées et sans conséquence sanitaire (voir chapitre 4).

Dans la zone d'exclusion de Tchernobyl une contamination de l'air beaucoup plus importante est observée imputable à la proximité des dispositifs de mesures avec la zone incendiée. Les conséquences possibles de cette contamination sont évaluées au chapitre 4.

³ Cf. Agence gouvernementale ukrainienne pour la gestion des zones d'exclusion : <http://dazv.gov.ua/novini-ta-media/vsi-novyny/radiatsijna-situatsiya-v-zoni-vidchuzhennya-v-raioni-pozhezh-stanom-na-12-3.html>

⁴ Environ 6 $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$ en césium 137

3/ Modélisation

L'IRSN a fait une estimation par modélisation de la radioactivité remobilisée par les incendies. Celle-ci serait de l'ordre de 200 GBq⁵ émis entre le 3 avril 2020 à 12h00 et le 13 avril 2020 à 12h00.

Les simulations réalisées montrent un bon accord entre les mesures fournies par les ukrainiens et les résultats de la modélisation.

Sur cette base, les simulations de l'IRSN indiquent que les masses d'air provenant de la zone des incendies qui se sont produits les 5 et 6 avril ont pu atteindre la France dans la soirée du 7 avril 2020. Au 14 avril, ces masses d'air recouvraient encore la moitié du territoire (cf. Figure 2). **Les niveaux de radioactivité attendus en France sont extrêmement faibles, en dessous de 1 µBq/m³ en césium 137.**

Les rejets survenus entre le 9 et le 11 avril 2020 sont les plus significatifs d'après la modélisation. Les conditions météorologiques qui ont prévalu jusqu'au 14 avril ont favorisé le transport des masses d'air provenant de la zone de ces rejets vers la Biélorussie, le sud de l'Ukraine, l'est de la Roumanie et de la Bulgarie. Elles ne sont pas parvenues jusqu'en France à ce jour.

Les prélèvements des aérosols sur filtre par des dispositifs à grand volume du réseau OPERA-AIR de l'IRSN ainsi que les mesures associées sont en cours. Cette recherche de traces nécessitant la mise en œuvre de moyens très précis, les résultats ne seront disponibles qu'en fin de semaine prochaine.

⁵ 1GBq = 10⁹ Bq = 1 000 000 000 becquerels

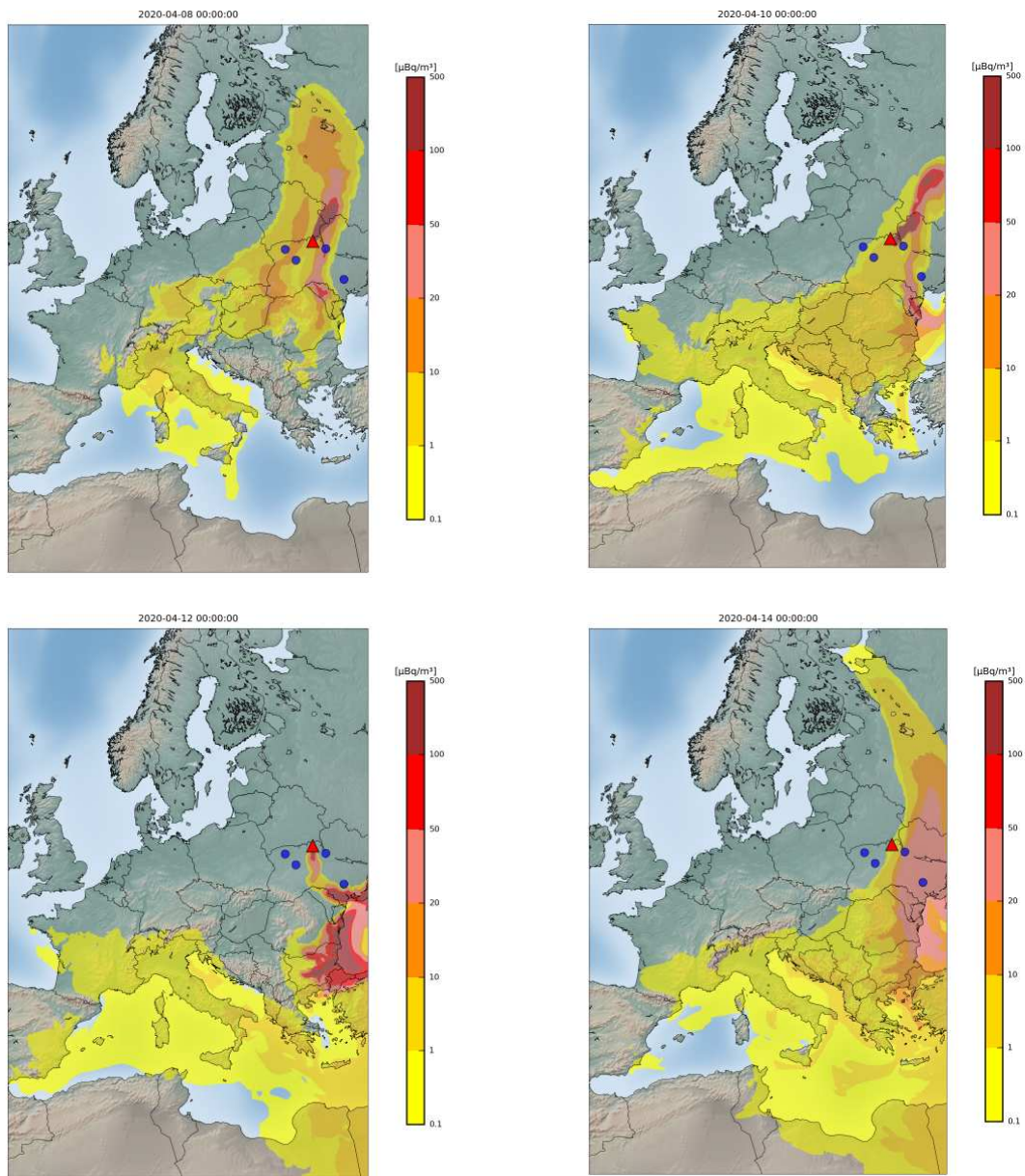


Figure 2 : Modélisation de la dispersion du panache en Europe
(le triangle rouge représente le lieu des incendies et les points bleus les stations de mesures en Ukraine)

4/ Impact dosimétrique

L'IRSN a réalisé une estimation de l'impact dosimétrique de ces incendies suivant différents scénarios :

- Pour un pompier étant intervenu pendant 100 heures dans la zone d'exclusion dans un environnement présentant une activité volumique de $1 \text{ Bq}/\text{m}^3$ (ou encore $1\,000\,000 \mu\text{Bq}/\text{m}^3$) de césium 137 et de $1 \text{ Bq}/\text{m}^3$ de strontium 90 (hypothèse majorante par rapport aux mesures effectuées dans la zone), la dose

calculée correspondant à l'inhalation de fumées radioactives due aux incendies est d'environ 13 micro sievert (μSv)⁶.

Il est à noter que cette dose est très inférieure à celle qui résulte de l'exposition externe des pompiers par le rayonnement émis par le sol contaminé et qui, dans la zone d'exclusion, est très souvent supérieur à $1 \mu\text{Sv/h}$. Ceci est cohérent avec des estimations effectuées dans le passé par des scientifiques ukrainiens⁷ qui indiquent que les doses reçues par les pompiers du fait de l'inhalation de fumées suite à des incendies sont de l'ordre du 1% de la dose reçue par l'exposition aux rayonnements du sol.

- pour un habitant de Kiev exposé pendant quelques jours à des niveaux de radioactivité comparables à ceux mesurés par les organismes ukrainiens dans la ville, la dose reçue par un adulte par inhalation est inférieure à 1 nano sievert ($1 \text{ nSv} = 0,001 \mu\text{Sv}$) ce qui est extrêmement faible⁸.

- l'IRSN a complété son évaluation en considérant l'exposition due à l'ingestion de denrées contaminées en Ukraine, à proximité des zones sinistrées, par le dépôt de cendres radioactives transportées dans le panache des incendies. L'évaluation a été faite en supposant la consommation de 500 grammes de légumes feuilles (cas le plus pénalisant) par jour pendant deux mois⁹. La dose efficace engagée pour un adulte atteindrait au bout de deux mois de consommation $30 \mu\text{Sv}$ pour le strontium 90 et $15 \mu\text{Sv}$ pour le césium 137. Cette exposition demeure faible.

Comme mentionné dans la note IRSN du 7 avril 2020, l'impact résultant de l'inhalation de la radioactivité transportée par les masses dans l'air arrivant en France devrait, quant à lui, être insignifiant.

⁶ $11 \mu\text{Sv}$ pour le strontium 90 et $1,4 \mu\text{Sv}$ pour le césium 137 / $1 \mu\text{Sv} = 0,001 \text{ mSv}$

⁷ V. A. Kashparov, S. M. Lundin, A. M. Kadygrib, V. P. Protsak, S. E. Levtchuk, V. I. Yoschenko, V. A. Kashpur, N. M. Talerko. Forest fires in the territory contaminated as a result of the Chernobyl accident: radioactive aerosol resuspension and exposure of fire-fighters. *Journal of Environmental Radioactivity*, 51, (2000), 281-298

Thus, according to the experimental data, inhalation doses provide less than 1% of the total doses and can be ignored when the norms for a working mode are set, proceeding from the exposure dose values.

⁸ La limite annuelle d'exposition du public est de $1\,000 \mu\text{Sv}$ en dose efficace ajoutée.

⁹ Doses par ingestion de denrées pour des activités de 1 Bq/m^3 de césium 137 et de 1 Bq/m^3 de strontium 90 durant 24h.

En cette saison, seuls des légumes, du lait et de la viande peuvent être produits. Pour cette estimation, l'IRSN a retenu le cas pénalisant des légumes à feuilles avec une consommation de 500 grammes/jour.

En considérant un dépôt sec avec une vitesse de dépôt de $5 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}$, l'activité déposée est alors de 430 Bq/m^2 .

5/ Risque pour les installations

Le dernier réacteur de la centrale de Tchernobyl a été mis à l'arrêt définitif en 2000 (il y a 20 ans) mais il reste des matériaux radioactifs présents sur le site. Il s'agit tout d'abord des structures et des débris de l'unité 4 qui a explosé en 1986, dont l'enlèvement pose des difficultés techniques importantes, et de déchets issus de l'assainissement et du démantèlement des réacteurs et du site industriel sur lequel ils sont implantés. Le combustible usé des trois autres réacteurs (1 à 3) se trouve en entreposage sur le site, dans une installation dédiée (ISF2). Il s'agit d'un entreposage à sec.

Des efforts très importants ont été entrepris par les ukrainiens et la communauté internationale pour que ces matériaux radioactifs soient entreposés en sécurité dans des installations neuves conçues et construites selon les normes de sûreté en vigueur. C'est le cas des installations d'entreposage des déchets sur site et du nouveau sarcophage qui protège désormais l'unité accidentée. Les risques d'accidents ont été pris en compte dans les études de sûreté qui ont été produites en support à leur conception. Dotées notamment d'un génie civil robuste, le risque que ces installations puissent rejeter la radioactivité qu'elles contiennent du fait des incendies est peu probable.

Il existe également dans la zone d'exclusion des installations de stockage et des dépôts de déchets, qui se situent dans des secteurs qui ont été *a priori* affectés par les incendies. Le tableau 2 résume les principales caractéristiques de ces dépôts et la carte de la Figure 3 précise leur localisation.

Intallations	Caractéristiques	Types de déchets	Inventaires
Stockage de Buriakovka	Stockage en tranchées encore en exploitation	Déchets de faible et moyenne activité	2,6 10 ¹⁵ Bq (Cs, Sr, Eu, Pu, Am)
Entreposage de Poldesny	Entreposage dans des casemates en béton	Déchets d'assainissement suite à l'accident (déchets de haute activité et à vie longue)	2,6 10 ¹⁵ Bq (¹³⁷ Cs, ⁹⁰ Sr, ¹³⁴ Cs, ¹⁵⁴ Eu, ¹⁵⁵ Eu, ²³⁸ Pu, ^{239,240} Pu, ²⁴¹ Pu, ²⁴¹ Am)
Entreposage des déchets dits de la phase III du site nucléaire de Tchernobyl (« ChNPP stage III »)	Entreposages dans des bâtiments en béton	Déchets d'assainissement produits pendant la phase d'urgence (de faible et moyenne activité et à vie longue)	3,4 10 ¹⁴ Bq (¹³⁷ Cs, ⁹⁰ Sr, ¹⁵⁵ Eu, ²³⁸ Pu, ^{239,240} Pu, ²⁴¹ Pu, ²⁴¹ Am)
Dépôts de déchets (« RICS »)	Tranchées en pleine terre et puits)	Déchets de faible et moyenne activité	2 10 ¹⁵ Bq au total (répartis sur 9 sites)
Stockage de déchets radioactifs de Vektor	Stockage dans des bâtiments en béton	Déchets solides de faible activité issus de la centrale de Tchernobyl et d'autres sites	1,7 10 ¹¹ Bq (⁹⁰ Sr, ¹³⁷ Cs, ¹³⁴ Cs, ¹³⁵ Cs, ²³⁵ U, ²³⁶ U, ²³⁸ U, ²³⁷ Np, ²⁴¹ Pu, ²⁴¹ Am, ²⁴² Am)
Entreposage de sources scellées usagées de Vektor	Entreposage à long terme de sources		1,6 10 ¹³ Bq 1634 sources de Cs, Co, Am, Ra

Tableau 2 : Principales installations de stockage et d'entreposage de déchets dans la zone d'exclusion

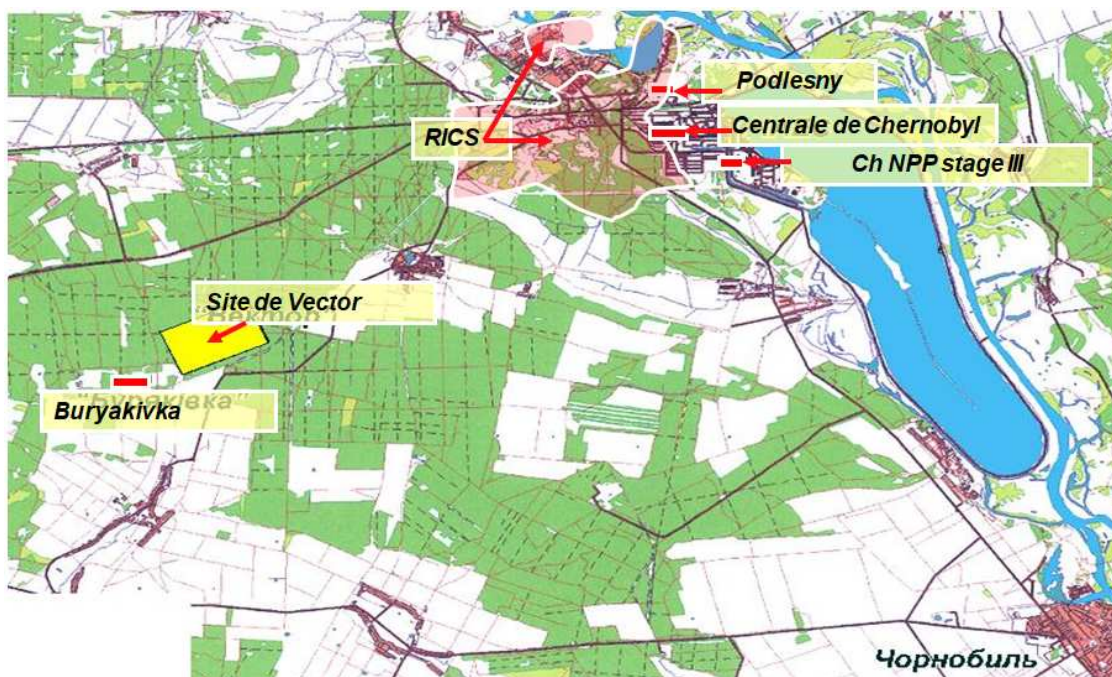


Figure 3 : carte des installations de stockage et d'entreposage de déchets dans la zone d'exclusion

Ces installations sont pour la plupart anciennes et certaines d'entre elles ont été créées dans l'urgence afin de répondre aux besoins de réduire les conséquences de l'accident dans la zone d'exclusion. De conception généralement sommaire, elles présentent toutefois des caractéristiques qui offrent une bonne résistance à la remobilisation de l'activité des déchets par les incendies. Ainsi le site de Buriakovka est constitué de tranchées recouvertes d'une couche compacte d'argile. Il est par ailleurs défriché (cf. Figure 4). Les installations d'entreposage de Podlesny (cf. Figure 5) et de la phase III du site nucléaire de Tchernobyl sont constituées de béton et sont également situées dans des zones défrichées. L'installation de stockage et d'entreposage de Vektor mise plus récemment en exploitation est destinée à stocker des déchets pour l'essentiel encore à accueillir.



Figure 4 : Vue du site de stockage de Buriakovka



Figure 5 : Vue du site d'entreposage de Podlesny

Les sites les plus sommaires sont les dépôts de déchets en tranchées répartis dans la zone d'exclusion (RICS : Raw Interim Confinement Sites) et dont l'essentiel de l'inventaire radioactif est principalement regroupé dans 9 zones localisées à proximité de la centrale. Il s'agit de tranchées contenant des déchets produits dans la zone d'exclusion, notamment des pièces métalliques, des gravats et des bois

contaminés. Même s'ils ne possèdent pas à proprement parler de barrières contre la dissémination à long terme de l'activité dans l'environnement, ces sites demeurent peu vulnérables eu égard au risque d'incendie car les déchets sont enterrés et recouverts d'une couche de terre ou de sable.

En conclusion, même s'il existe une activité très importante dans la zone d'exclusion liée aux dépôts de déchets, celle-ci apparaît peu mobilisable par le feu. De fait, il n'y a pas de mesure dans la zone d'exclusion publiée à ce jour qui laisse penser qu'un site de stockage ou d'entreposage ait été atteint et puisse avoir rejeté une partie significative de la radioactivité qu'il contient.

L'IRSN continuera, dans les jours à venir, à suivre la situation radiologique en Ukraine et publiera les résultats des mesures de radioactivité dans l'air qu'il réalisera sur les filtres aérosols de son réseau OPERA-AIR.