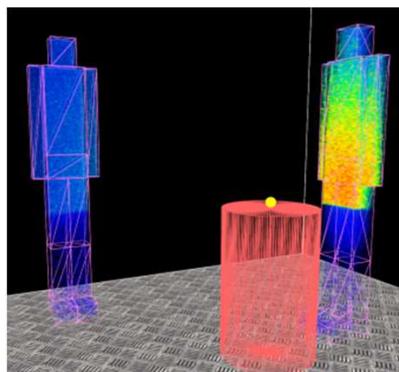


RECONSTITUTION EXPÉRIMENTALE D'UNE EXPOSITION EXTERNE ACCIDENTELLE LIÉE À UNE SOURCE DE GAMMAGRAPHIE



Service de protection radiologique des
armées

IRSN
INSTITUT
DE RADIOPROTECTION
ET DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE

G. GARNIER - F. ENTINE - C. HUET - A. GOBERT - S. PAPIN - C. BASSINET
I. PENNACINO - É. GRÉGOIRE - M. VALENTE - A. CAZOULAT - JC. AMABILE

CONTEXTE

CONTEXTE

OBJECTIF

PROTOCOLE
EXPÉRIMENTAL

MATÉRIEL

SEED

MISE EN PLACE

RECONSTITUTION
NUMÉRIQUE

RÉSULTATS

CONCLUSION



Nucléaire civil



Nucléaire de défense



Applications industrielles



Applications médicales



Malveillance



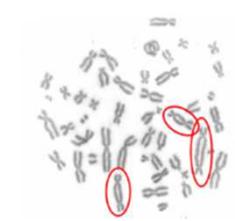
CLINIQUE



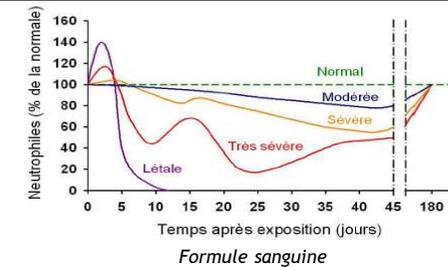
Dose (en Gy)	1	5	10	20	50
Symptômes hématologiques	[Progressive bar]				
Symptômes digestifs	[Progressive bar]				
Symptômes neurologiques	[Progressive bar]				
Dose à la peau (en Gy)	5	10	20	25	
Symptômes cutanés	érythème	épidermite sèche	épidermite exsudative	nécrose	



BIOLOGIQUE



Chromosomes dicentriques



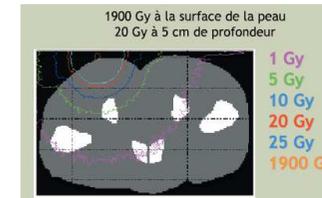
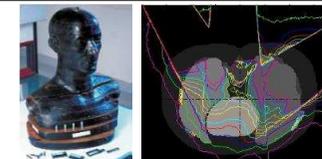
PHYSIQUE



Dosimétrie à lecture
différée et opérationnelle



Analyse d'échantillons
(RPE / TL / OSL)



Reconstitution dosimétrique

OBJECTIF DE L'EXPÉRIMENTATION

CONTEXTE

OBJECTIF

PROTOCOLE
EXPÉRIMENTAL

MATÉRIEL

SEED

MISE EN PLACE

RECONSTITUTION
NUMÉRIQUE

RÉSULTATS

CONCLUSION

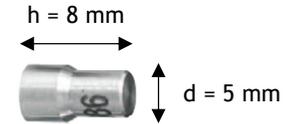
- Simulation expérimentale d'un accident d'irradiation
- Validation physique d'un outil dosimétrique (SEED)

- Techniques de dosimétrie physique et biologique
 - Dosimétrie par luminescence stimulée
 - Cytogénétique
 - Algorithme de calcul Monte-Carlo

- ➡ Comparer plusieurs techniques dosimétriques
- ➡ Évaluer la cohérence des résultats



PROTOCOLE EXPÉRIMENTAL



Source d'iridium 192
Partie active: h = 3 mm / d = 2 mm



Activité de 2,43 TBq

CONTEXTE

OBJECTIF

PROTOCOLE EXPÉRIMENTAL

MATÉRIEL

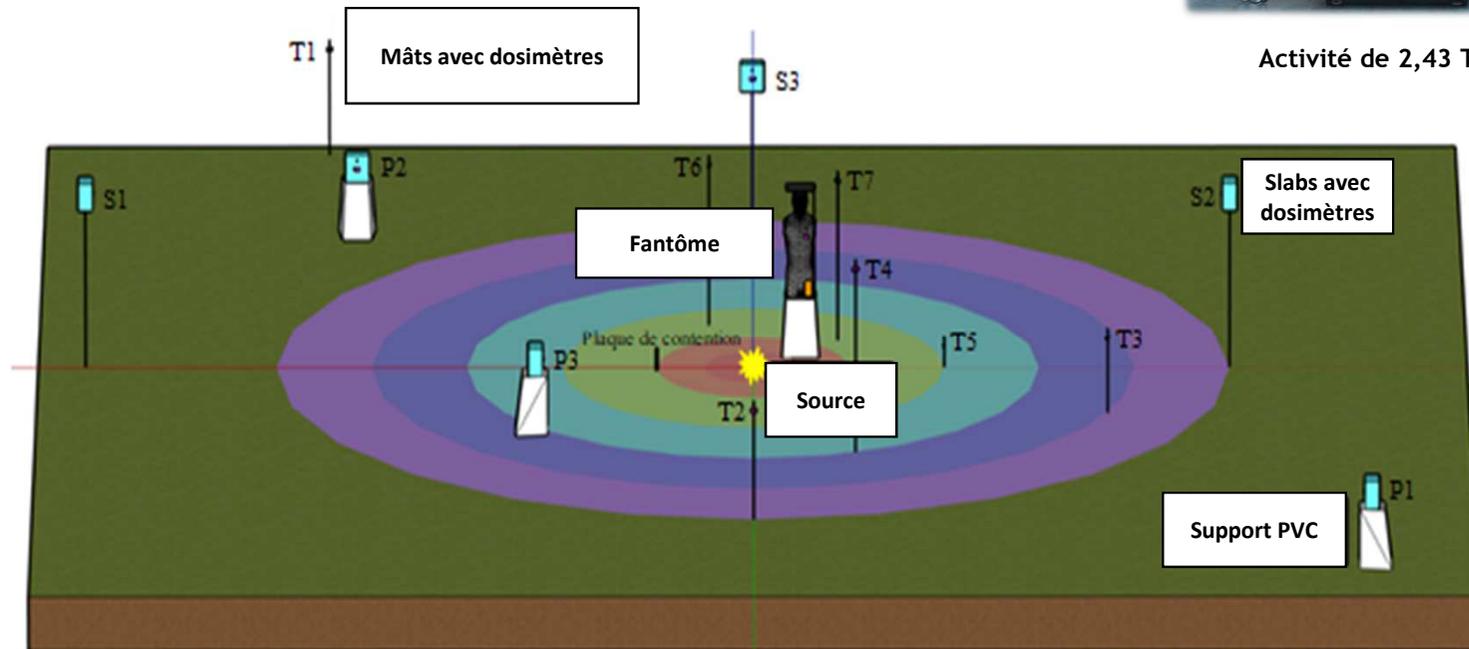
SEED

MISE EN PLACE

RECONSTITUTION
NUMÉRIQUE

RÉSULTATS

CONCLUSION



Distance [m]	0.5	1	2	3	4	5
Débit de dose [mGy/h]	1312.2	328.1	82.0	36.5	20.5	13.1

Débits de dose calculés à partir de la constante spécifique d'ionisation

MATÉRIEL EXPÉRIMENTAL

CONTEXTE

OBJECTIF

PROTOCOLE
EXPÉRIMENTAL

MATÉRIEL

SEED

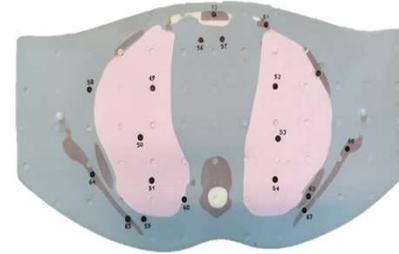
MISE EN PLACE

RECONSTITUTION
NUMÉRIQUE

RÉSULTATS

CONCLUSION

- **Fantôme ATOM CIRS**
 - Homme adulte (1m73 pour 73 kg)
 - Matériaux équivalents tissu
 - 271 dosimètres (LiF)
- **Dosimétrie par thermoluminescence (TLD)**
 - Poudre de fluorure de lithium (LiF)
 - Sensible aux faibles doses (mGy) jusqu'au delà du gray
 - 298 tubes de 2,5 cm (\approx 1000 mesures)
- **Dosimétrie par luminescence stimulée optiquement (OSL)**
 - 18 dosimètres utilisés
 - Gamme de dose de 0,05 mSv à 10 Sv



MATÉRIEL EXPÉRIMENTAL

CONTEXTE

OBJECTIF

PROTOCOLE
EXPÉRIMENTAL

MATÉRIEL

SEED

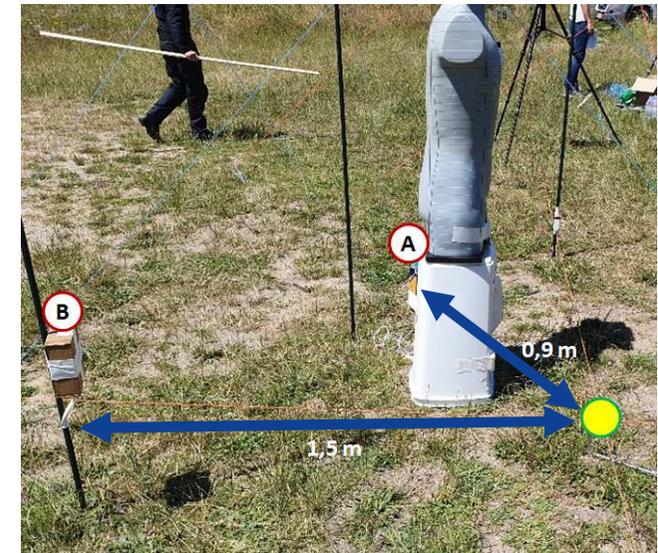
MISE EN PLACE

RECONSTITUTION
NUMÉRIQUE

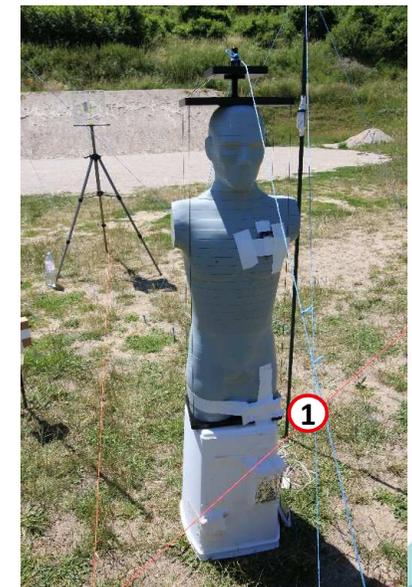
RÉSULTATS

CONCLUSION

- **Échantillons de sang pour analyse cytogénétique**
 - Aberrations chromosomiques
 - Deux échantillons (A et B)
 - Suivi en température



- **Résistances de téléphone portable pour analyse OSL**
 - Téléphone portable au niveau de la poche gauche (1)
 - Signal OSL des résistances du circuit imprimé



OUTIL DOSIMÉTRIQUE SEED

CONTEXTE

OBJECTIF

PROTOCOLE
EXPÉRIMENTAL

MATÉRIEL

SEED

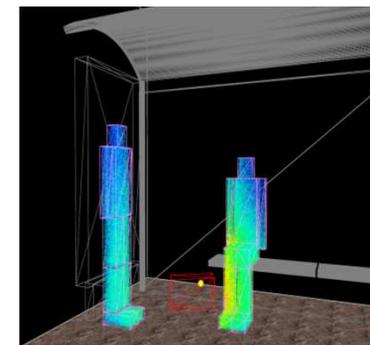
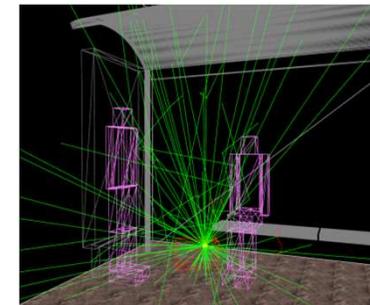
MISE EN PLACE

RECONSTITUTION
NUMÉRIQUE

RÉSULTATS

CONCLUSION

- SEED : Simulation externe et dosimétrie
- Collaboration SPRA / IRSN
- Code de calcul Monte-Carlo Geant4 / Gate
- Immersion 3D dans la scène de l'accident
- Calculateur mobile Monte-Carlo (72 cœurs)
- **Outil de triage dosimétrique (< 24 heures)**



MESURES DE RADIOPROTECTION

CONTEXTE

OBJECTIF

PROTOCOLE
EXPÉRIMENTAL

MATÉRIEL

SEED

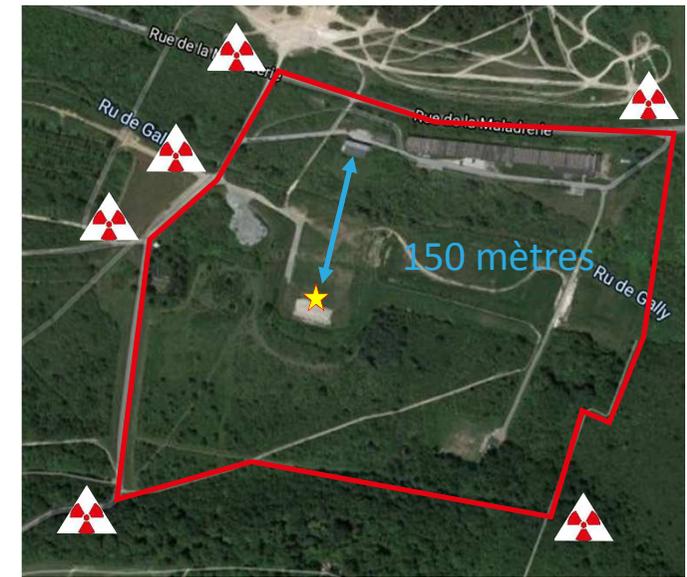
MISE EN PLACE

RECONSTITUTION
NUMÉRIQUE

RÉSULTATS

CONCLUSION

- Radioprotection du site et des intervenants
- Sensibilisation de l'ensemble du personnel
- Zone d'opération
 - $< 25 \mu\text{Sv/h}$ en périphérie de zone (= 114 mètres « terrain nu »)
 - Balisage et interdiction d'accès en zone
- Prévisionnel dosimétrique ($< 90 \mu\text{Sv} / 6$ heures)
- Dosimétrie à lecture différée et opérationnelle



MISE EN PLACE DU MATÉRIEL

CONTEXTE

OBJECTIF

PROTOCOLE
EXPÉRIMENTAL

MATÉRIEL

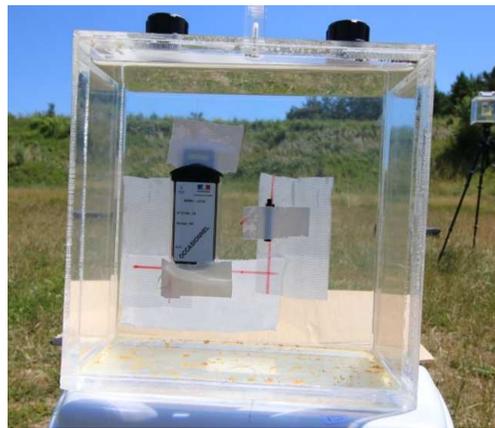
SEED

MISE EN PLACE

RECONSTITUTION
NUMÉRIQUE

RÉSULTATS

CONCLUSION



RECONSTITUTION DE LA SCÈNE

- Source d'iridium dans son porte source
- Implémentation du fantôme CIRS sous SEED
- 10^{11} particules simulées sur 65 cœurs (durée du calcul = 3 jours)

CONTEXTE

OBJECTIF

PROTOCOLE
EXPÉRIMENTAL

MATÉRIEL

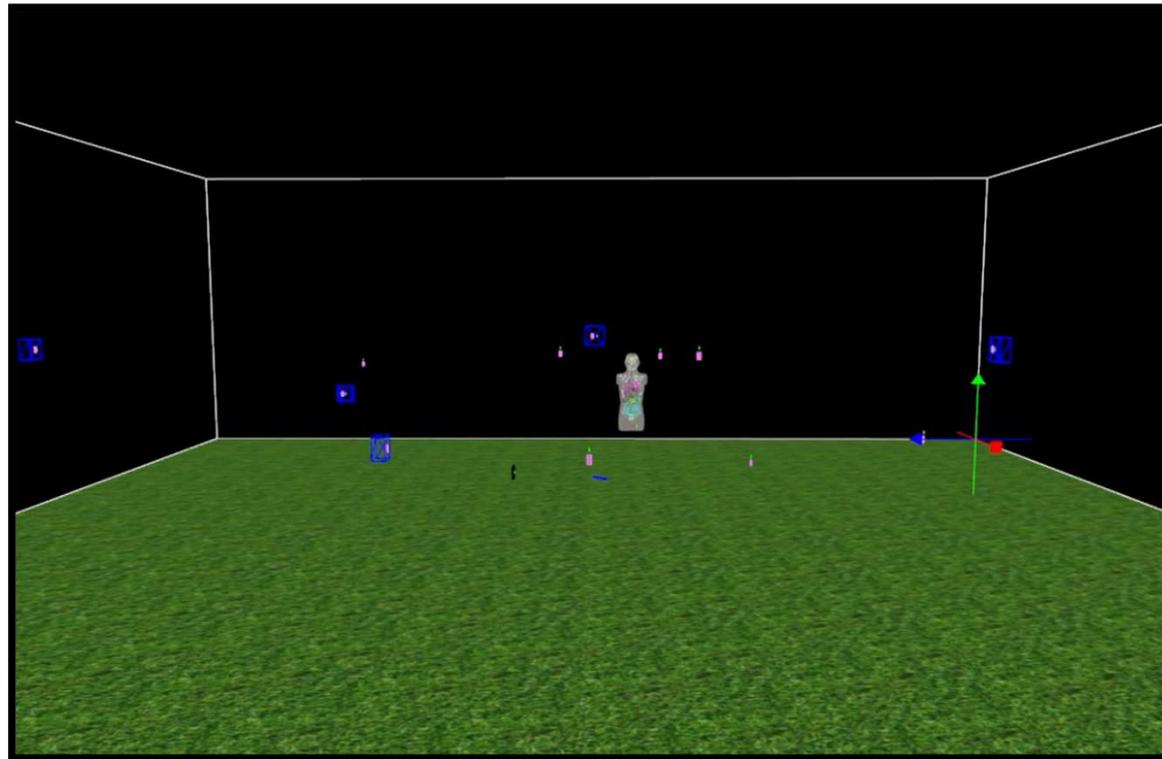
SEED

MISE EN PLACE

**RECONSTITUTION
NUMÉRIQUE**

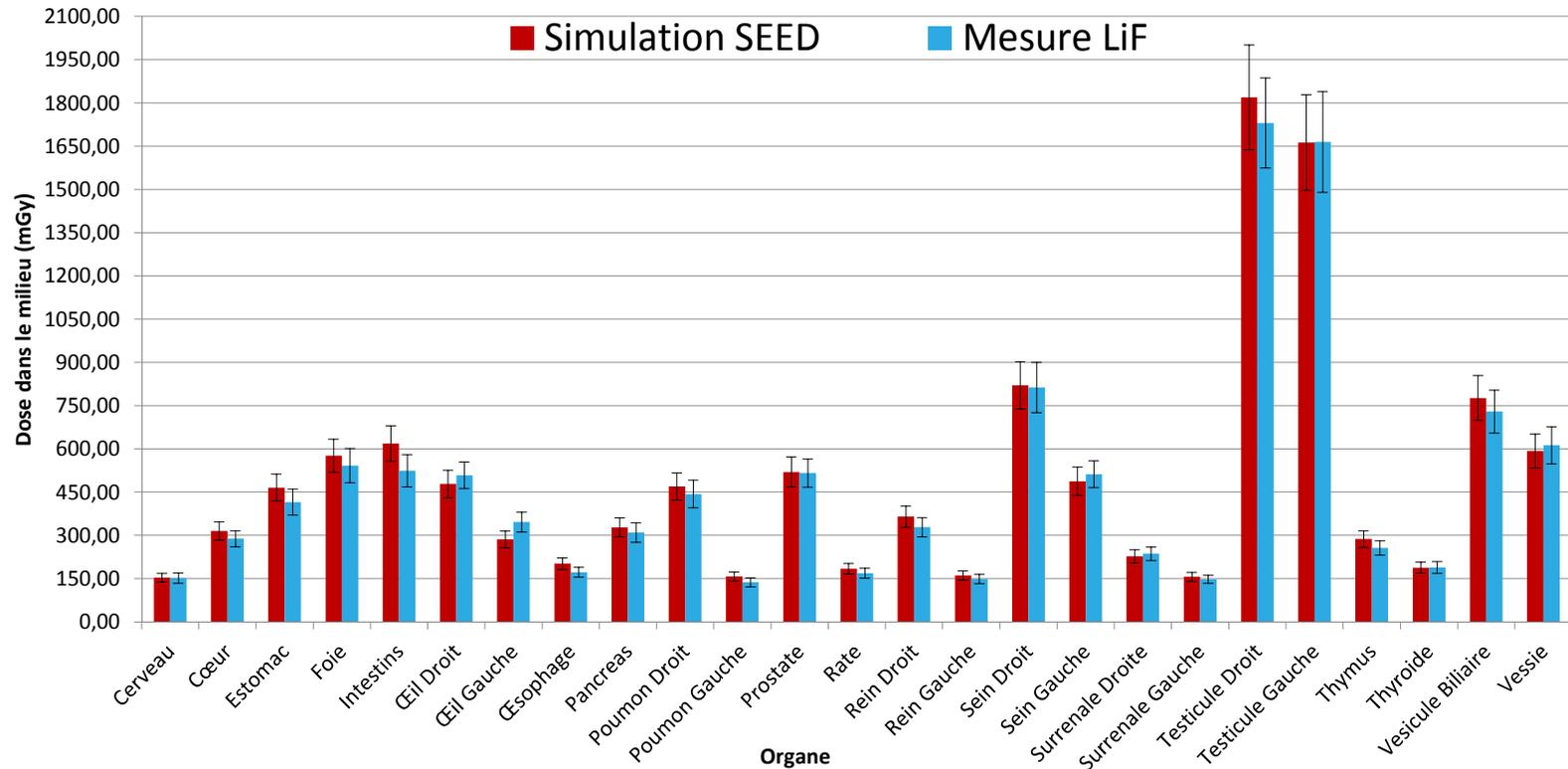
RÉSULTATS

CONCLUSION



RÉSULTATS - DOSE AUX ORGANES

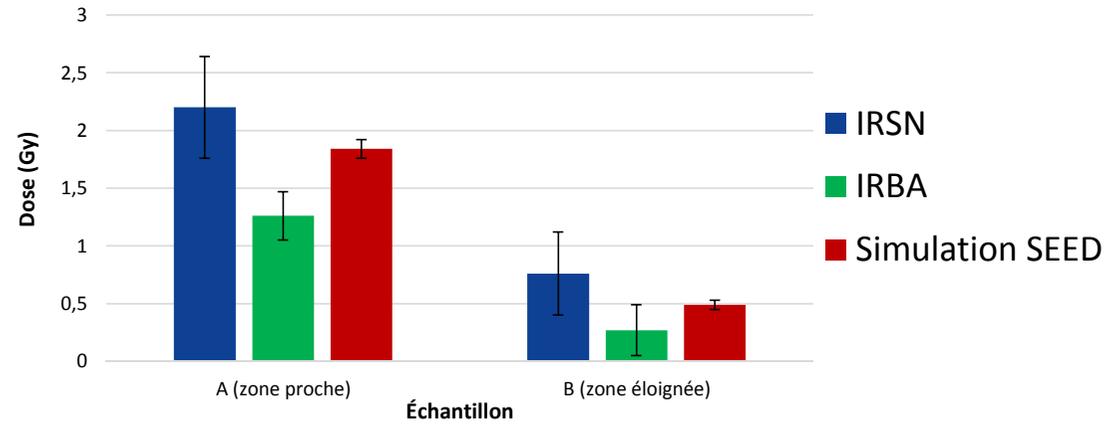
- CONTEXTE
- OBJECTIF
- PROTOCOLE
EXPÉRIMENTAL
- MATÉRIEL
- SEED
- MISE EN PLACE
- RECONSTITUTION
NUMÉRIQUE
- RÉSULTATS**
- CONCLUSION



- Simulation / Mesures TLD : écart moyen = 7,41 %
➔ **Accord entre les deux méthodes dosimétriques**

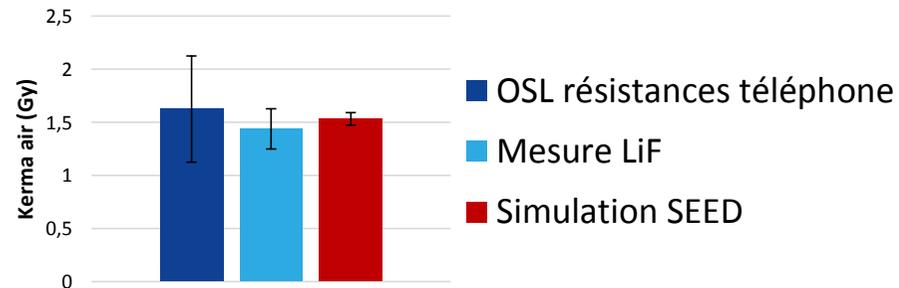
RÉSULTATS - DOSE AUX ÉCHANTILLONS

• Cytogénétique



- Analyse IRSN / Simulation SEED : écart relatif = 16,4 %
- Analyse IRBA / Simulation SEED : écart relatif = 31,5 %

• Analyse OSL des résistances du téléphone portable



- Mesure OSL / Simulation SEED : écart relatif = 5,8 %

CONTEXTE
OBJECTIF
PROTOCOLE
EXPÉRIMENTAL
MATÉRIEL

SEED
MISE EN PLACE
RECONSTITUTION
NUMÉRIQUE

RÉSULTATS

CONCLUSION

RÉSULTATS - DOSE À DISTANCE DE LA SOURCE

CONTEXTE

OBJECTIF

PROTOCOLE
EXPÉRIMENTAL

MATÉRIEL

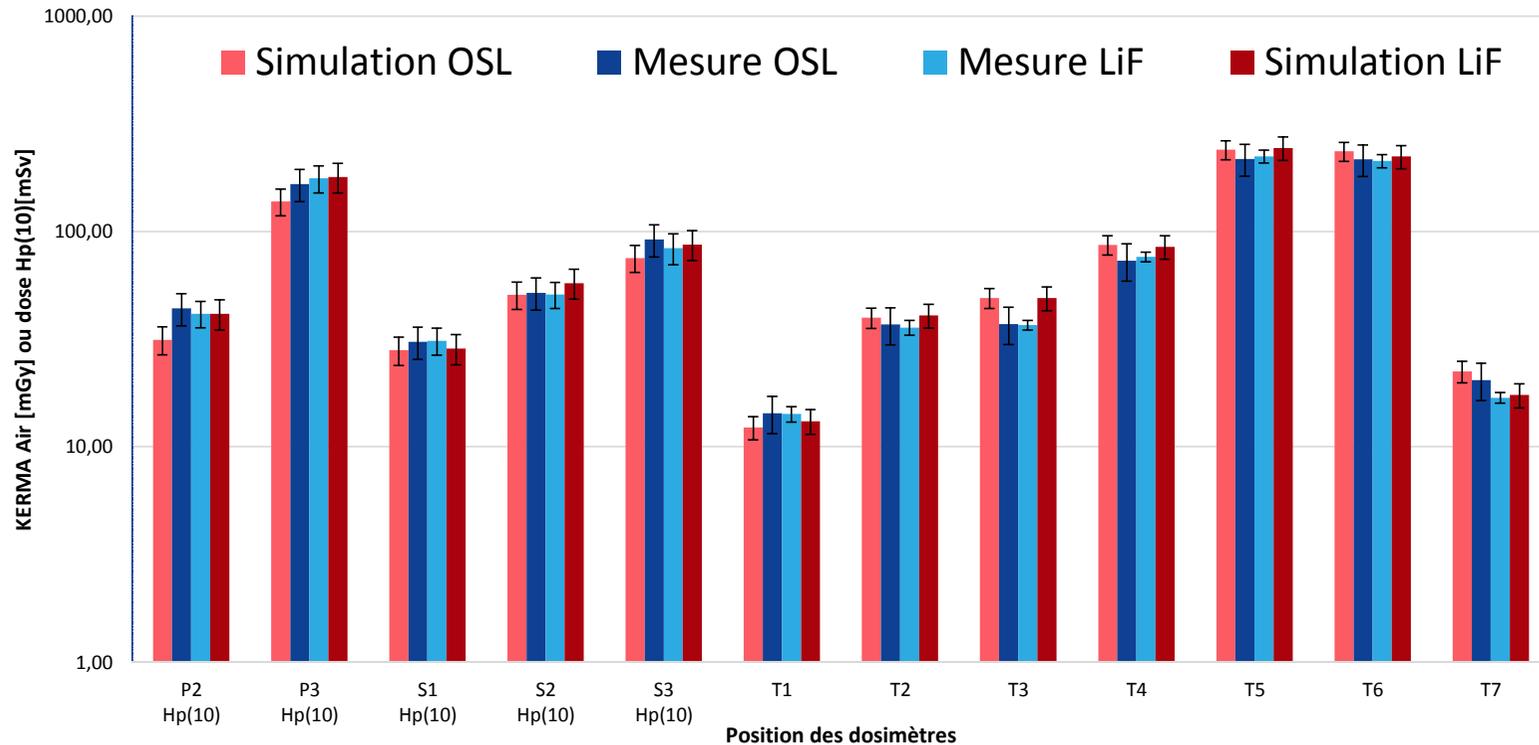
SEED

MISE EN PLACE

RECONSTITUTION
NUMÉRIQUE

RÉSULTATS

CONCLUSION



- Mesures OSL / Mesures LiF : écarts relatifs < 10 %
- Simulation SEED / Mesures OSL : écart relatif moyen = 14 %
- Simulation SEED / Mesures LiF : écart relatif moyen = 9 %

CONCLUSION ET PERSPECTIVE

CONTEXTE

OBJECTIF

PROTOCOLE
EXPÉRIMENTAL

MATÉRIEL

SEED

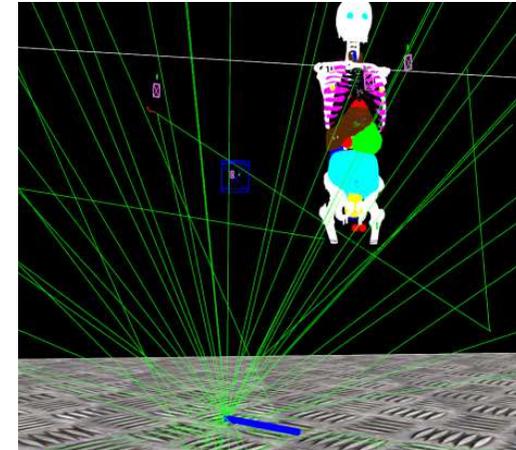
MISE EN PLACE

RECONSTITUTION
NUMÉRIQUE

RÉSULTATS

CONCLUSION

- Préparation en amont
(prévention / radioprotection / logistique et humaine)
- **Concordance des résultats**
- **Complémentarité des techniques dosimétriques**
- **Accident d'irradiation** → trépied dosimétrique
- Perspective : exercice de terrain en conditions réelles



REMERCIEMENTS



SPRA

- Fabrice ENTINE
- Sylvain PAPIN
- Isabelle PENNACINO
- Alain CAZOULAT
- Laurent FIOU
- Jean-Christophe AMABILE

Gendarmerie nationale

- C2NRBC
- COMSOPGN

IRSN

LDRI

- Christelle HUET
- Céline BASSINET
- Antoine GOBERT
- Margot CONRAUX

LRAcc

- Éric GRÉGOIRE
- Gaëtan GRUEL

SymAlgo-Technologies

- Sylvain MEYLAN

IRBA

- Marco VALENTE

IS GROUPE

- Guillaume RENELIER
- Antoine LEGROS
- Christophe BERGERON
- Philippe LEBON