



## **Soutenance de thèse CNRM/IRSN :**

Vers l'utilisation d'ensembles météorologiques pour la dispersion à courte distance de radionucléides en cas de rejets accidentels dans l'atmosphère : propagation des incertitudes et comparaison à des mesures radiologiques dans l'environnement.

Par : Youness El-Quartassy (GMAP/PREV)

**Le 08 décembre 2023 à 13:30**

En **salle André Prud'homme** (Centre International de Conférences),  
Météopôle, 42 av. G.Coriolis, 31057 Toulouse

**Lien BlueJeans :** <https://bluejeans.com/564683871/9168>

### **Membres du jury**

- M. **Eric Blayo**, *Université Grenoble-Alpes*, Rapporteur  
M. **Yelva Roustan**, *École des Ponts ParisTech*, Rapporteur  
Mme **Valérie Thouret**, *Université de Toulouse*, Examinatrice  
M. **Lionel Soulhac**, *Université Lyon I*, Examineur  
Mme **Mélanie Rochoux**, *CERFACS*, Examinatrice  
M. **Yann Richet**, *IRSN*, Examineur  
M. **Matthieu Plu**, *Météo-France*, Directeur de thèse  
Mme **Irène Korsakissok**, *IRSN*, Co-directrice de thèse  
M. **Laurent Descamps**, *Météo-France*, Co-encadrant

## **Résumé**

Les modèles de dispersion atmosphérique sont utiles lors d'un accident nucléaire pour aider à la gestion de crise, pour prévoir la dose susceptible d'être reçue par les populations lors du passage du panache des radionucléides rejetés dans l'atmosphère et recommander des actions de protection des populations aux autorités. Cependant, il est indispensable de prendre en compte les incertitudes inhérentes à ces simulations. L'une des sources d'incertitudes les plus influentes est la météorologie utilisée pour alimenter les modèles de dispersion.

Dans la première partie de cette thèse, nous avons utilisé l'ensemble météorologique à fine échelle de Météo-France PEARO, conjointement avec le modèle de dispersion pX, développé à l'IRSN, pour intégrer l'incertitude météorologique aux simulations de la dispersion. La qualité des simulations PEARO-pX ainsi construites a été évaluée à l'aide des mesures radiologiques, réalisées par l'IRSN/LRC, de l'activité volumique du <sup>85</sup>Kr, radionucléide rejeté par l'usine Orano La Hague lors du procédé de retraitement du combustible nucléaire usé. Les résultats de cette étude mettent en évidence l'apport de l'utilisation des ensembles à haute résolution par rapport à une seule prévision déterministe.

Dans la deuxième partie de thèse, les travaux réalisés portent sur les contraintes liées au temps de calcul, et qui limitent l'utilisation de tous les membres d'un ensemble météorologique en situation d'urgence nucléaire. Pour répondre à cette problématique, l'une des pistes est la réduction du nombre de simulations composant l'ensemble météorologique utilisé en entrée du modèle de dispersion, par la sélection des membres représentatifs (« clustering »). Plusieurs algorithmes d'apprentissage automatique sont utilisés en météorologie pour optimiser les systèmes de prévisions d'ensemble. Dans cette étude, on compare la performance statistique des méthodes de clustering par partition (K-means) et le clustering hiérarchique (Complete-linkage et Ward). Le vent étant l'une des variables météorologiques les plus influentes pour la dispersion atmosphérique, les trois méthodes de clustering sont appliquées aux champs 3D de la vitesse et la direction du vent, afin de classifier les membres météorologiques de la PEARO en sous-groupes (ou clusters) similaires. Ensuite, un indice de représentativité est calculé pour les membres de chaque cluster afin de sélectionner le membre représentatif qui sera utilisé pour le calcul de la dispersion atmosphérique. Les résultats montrent une performance encourageante des algorithmes de clustering, malgré les erreurs liées aux approximations de la mise en œuvre des algorithmes.

## **Abstract**

Atmospheric dispersion models are useful during a nuclear accident to assist in crisis management, to predict the dose likely to be received by the population during the passage of the plume of radionuclides released into the atmosphere and recommend countermeasures to the decision makers. However, it is essential to take into account the uncertainties inherent to these simulations. One of the most influential sources of uncertainties are the meteorological fields fed to the dispersion models.

In the first part of this thesis, we used the Météo-France PEARO fine-scale meteorological ensemble, coupled to the dispersion model pX, developed at IRSN, to integrate meteorological uncertainties into dispersion simulations. The quality of the PEARO-pX simulations thus constructed was evaluated using radiological measurements, carried out by IRSN/LRC, of the air activity concentrations of  $^{85}\text{Kr}$ , a radionuclide released by the Orano La Hague plant during the spent nuclear fuel reprocessing process. The results highlight the added value of ensemble forecasts compared to a single deterministic one.

In the second part of the thesis, the study focuses on the computational time constraints that limit the use of all members of a meteorological ensemble in a crisis situation. To address this issue, one of the approaches is to reduce the number of simulations composing the meteorological ensemble used as input to the dispersion model, by selecting representative members ("clustering") who are supposed to represent a large part of the uncertainty of the absolute ensemble. Several Machine Learning algorithms are used in meteorology to optimize ensemble forecasting systems. In this study, we compare the statistical performance of partitioning clustering (K-means) and hierarchical clustering (Complete-linkage and Ward). Since the wind is one of the most sensitive meteorological variables for atmospheric dispersion, the three clustering methods are applied to the wind fields in order to classify the meteorological members of AROME-EPS into similar clusters. Then, a representativeness index is calculated for the members of each cluster to select the representative member to be used for the atmospheric dispersion calculation. The results show an encouraging performance of the clustering algorithms, despite the errors due to the approximations of the implementation of the algorithms.