

# Gestion des déchets radioactifs

*Patrick Lebon et Frédéric Plas, Directeur et Directeur adjoint de l'Andra, Agence Nationale pour la Gestion des Déchets Radioactifs.*

## **Enjeux environnementaux**

L'Andra est une agence créée en 1979 au sein du CEA, indépendante depuis 1991, qui a en charge la gestion des déchets radioactifs en France. Une des ses missions est de concevoir le stockage géologique réversible des déchets de haute activité et à vie longue (projet Cigéo); l'Agence doit notamment déposer une demande d'autorisation de sa création en 2015. Elle a ainsi construit et exploite depuis 2002 un laboratoire souterrain afin de pouvoir réaliser des études de faisabilité et d'expertise. L'Andra doit répondre aux interrogations de la société et des politiques, et a peu à peu progressé dans la gouvernance du stockage sous ses différents aspects. La recherche et développement au sein de l'Andra en est un des éléments au travers de la meilleure maîtrise du fonctionnement du stockage. Dans ce cadre, l'agence consacre particulièrement des efforts financiers et humains importants pour développer les simulations numériques, comme outils d'évaluation majeurs, et les liens avec l'académique pour ce faire.

## **La R&D, interface entre la recherche, le développement et la mise en œuvre industrielle**

Les liens avec la recherche académique, et plus particulièrement les mathématiques appliquées, ne sont pas récents. Le début des années 2000 voit la mise en place du Groupement National de Recherche MOMAS (Modélisations Mathématiques et Simulations Numériques liées aux problèmes de gestion des déchets nucléaires). Ce groupement est né de la nécessité de mener les évaluations de sureté, avec une grande représentation des processus et des composants. La simulation numérique est alors devenue un des piliers de la R&D.

L'Andra a soutenu le GNR MOMAS pendant 10 ans au sein du programme PACEN. Le CNRS a décidé de remplacer ce programme par un défi interdisciplinaire NEEDS, dans lequel les mathématiques appliquées n'ont pas été retenues en tant que projet fédérateur, mais sont utilisées comme outils dans une recherche transverse. Ce changement a pu décontenancer certains chercheurs. Compte tenu de l'objectif de demande d'autorisation de création du stockage Cigéo, depuis 2010, les travaux de recherche de l'Andra s'ont fortement orientés vers l'opérationnel, tout en maintenant un haut degré d'exigence scientifique. Les objectifs assignés à la simulation numérique ont alors été redéfinis principalement autour de l'optimisation des codes existants et la mise en œuvre du Calcul Haute Performance. L'agence a conscience des limites de ses codes et des nombreuses améliorations algorithmiques et méthodologiques à portée de mains. Mais la plupart des modifications nécessite trois à quatre ans de travail, un temps trop long pour le calendrier actuel. Les mathématiques appliquées sont donc devenues plus diffuses, et ont en apparence disparu de la R&D, alors que l'effort de recherche reste important mais plus orienté. Cependant, l'Andra a déjà réfléchi aux développements des outils mathématiques qu'elle devra mener au-delà de 2015, de façon plus affirmée et prospective. Les mathématiques appliquées en effet un moyen très important, qui ont leur place en tant que tel dans l'agence.

## **Besoins mathématiques**

Les mathématiques sont présentes à travers tous les axes de recherche de l'agence mais ils sont une forte composante des simulations numériques se concentrant sur la conception et la sécurité du stockage en profondeur. Quinze personnes travaillent sur cette thématique importante et l'agence a pu définir quelques grandes orientations en lien avec les mathématiques appliquées :

- la modélisation physique, multi-processus. Le transport hydraulique en milieu poreux, le transport atmosphérique, les interfaces entre gaz-fluide-solide. Les couplages sol-plante-atmosphère, la gestion des différentes échelles de temps des divers processus impliqués. Les liens entre les calculs atomiques et

quantiques et les processus micro et macroscopiques. La compréhension des processus de mécanique et des couplages entre mécanique et environnement pour l'étude du vieillissement des bâtiments,

- la gestion des incertitudes et l'analyse de sensibilité. La conception d'indicateurs d'erreurs à posteriori, le développement de méthodes de propagation d'erreurs, des calculs déterministes et opérationnels,
- l'optimisation des codes et le Calcul Haute Performance. L'adaptation au calcul parallèle, la calibration des codes aux machines, la sécurité informatique,
- les STIC. La gestion des bases de données de terrain, le traitement des incohérences, la détection d'erreurs. L'organisation et la structuration des informations multiples, assurer les corrélations conditionnées par la physique, pour analyser les données et surveiller les dérives, gérer les risques. Le stockage intelligent et sécurisé, pour la transmission au long terme et la conservation de la mémoire.

## **Structuration et travail multidisciplinaire**

Le monde de la recherche en mathématique appliquée est très « R », pas vraiment tourné vers les applications. Il faut dire que l'atomisation des laboratoires et l'atomisation géographique n'aident pas. La dilution des compétences est une dérive/évolution de la recherche depuis vingt ans qui entraîne une difficulté à valoriser le travail. Trop peu encore de nos recherches menées en collaboration avec l'académie deviennent opérationnelles, ce qui nous fait dire que « plus les gens sont seuls, plus ils disparaissent ».

Ce travail, de transférer les codes vers l'opérationnel, est difficile pour un laboratoire, qui n'est pas armé. Il faut clairement des moyens et les laboratoires en manquent. Les mathématiques ne sont pas les seuls concernés, mais dans le cas des maths, à ce manque de moyens s'ajoutent les difficultés culturelles. Les mathématiques françaises sont très conceptuelles dès le lycée, les liens avec les applications sont ténus. Et l'évaluation scientifique et académique ne se fait pas sur le critère de la multidisciplinarité.

La recherche « utilisable » se fait de plus en plus dans le privé ou dans certains instituts comme l'INRA qui a fortement développé la composante modélisation. Nous devons donc nous tourner vers des entreprises privées ou nous utilisons notre partenariat avec l'INRIA qui, grâce à sa composante informatique, apporte une expertise dans la mise en œuvre opérationnelle des outils de calcul.

Malgré tout, il est à regretter que les Universités ne fassent pas plus d'efforts pour valoriser le travail de recherche. Certes, les mathématiques doivent rester une communauté, et chaque chercheur doit être centré sur sa thématique mais un équilibre est à trouver entre cette nécessité et la transversalité des mathématiques dans les applications. Regrouper géographiquement des individus, avoir une masse critique de compétences diverses, est nécessaire pour redonner du sens au travail d'équipe. Mais, avant tout, la première étape est la volonté, la volonté des personnes à travailler ensemble. La structure n'est qu'un soutien, essentiel certes, mais pas suffisant.

L'INRIA est une de ces grosses structures qui permet de dire que tout ne va pas si mal, mais il manque sérieusement des organismes intermédiaires à taille plus réduite, proche des universitaires.

Nous notons les initiatives des alliances ALLenvi et ALListene, ainsi que la création de la Maison de la simulation à Paris, de bonnes idées qui ne doivent pas se transformer en musée. Car de vraies directives et choix sont à prendre, et en y mettant les moyens.