

## AVIS DE SOUTENANCE DE THÈSE

**Monsieur Jean De La Paix IZERUMUGABA**

Candidat au Doctorat de Géosciences,  
de l'Université de Pau et des Pays de l'Adour

Soutiendra publiquement sa thèse intitulée :

*Traçage géochimique et implications géodynamiques de l'hydrogène naturel et des gaz associés (He, H<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>) : études de cas en Italie, Nouvelle-Calédonie et aux Philippines.*

Dirigée par Monsieur ANTHONY RANCHOU-PEYRUSE et Madame ANNE BATTANI

le 24 octobre 2025 à 14h00

Lieu : Université de Pau et des Pays de l'Adour Batiment des Sciences

Salle : Amphi H

### Composition du jury :

Mme Anne BATTANI, Professeur des universités	Université de Pau et des Pays de l'Adour	Co-directrice de thèse
M. Anthony RANCHOU-PEYRUSE, Maître de conférences HDR	Université de Pau et des Pays de l'Adour	Directeur de thèse
M. Chris BALLENTINE, Professeur	University of Oxford	Rapporteur
Mme Cécile GAUTHERON, Professeur des universités	Université Grenoble Alpes	Rapporteuse
M. Philippe SARDA, Professeur émérite	Université Paris-Saclay	Examineur
Mme Céline PISAPIA, Maître de conférences	Université Paris Cité	Examinatrice

**Mots-clés :** hydrogène naturel, géochimie, isotopie, gaz majeurs, gaz rares, géodynamique

**Résumé :**

L'hydrogène naturel ( $H_2$ ) suscite un intérêt croissant dans la communauté scientifique, car il constitue une ressource énergétique propre et potentiellement économique, répondant à l'urgence de solutions à faible émission de carbone. La géochimie des gaz est l'une des approches pour étudier son origine, l'intégration des isotopes stables et des gaz nobles permettant de contraindre les sources, la migration et les interactions des fluides dans le sous-sol. Les gaz rares, du fait de leur inertie chimique et de leurs signatures contrastées manteau-croûte-atmosphère, permettent une discrimination fiable des sources. Les isotopes stables renseignent sur les processus du sous-sol à différentes conditions et échelles de temps, tels que la serpentinisation ou les réactions rédox à haute température. Cette thèse s'appuie sur des études de cas en Nouvelle-Calédonie, dans les Apennins du Nord (Italie) et aux Philippines, afin d'explorer la production d' $H_2$ , les échanges volatils croûte-manteau et les implications géodynamiques des signatures gazeuses dans des contextes convergents et post-subduction. En Nouvelle-Calédonie, les exurgences de sources alcalines ophiolitiques présentent des concentrations élevées en  $H_2$  ( $\leq 35\%$ ,  $\delta D \approx -740\text{‰}$ ), en  $N_2$  et en  $CH_4$ ; et avec la géothermométrie  $CH_4-H_2-H_2O$  indiquant un équilibre à  $\sim 50^\circ C$ , ces signatures montrent que la serpentinisation à basse température est la principale source d' $H_2$ . Les isotopes du méthane reflètent un mélange de synthèse abiotiques et de méthanogenèse microbienne, potentiellement catalysée par les métaux de transition dans les roches ultramafiques. Le  $N_2$  est majoritairement d'origine atmosphérique, issu du piégeage de l'air lors de la recharge des aquifères. Les isotopes de l'hélium indiquent des apports crustaux radiogéniques dans les sources de socle, tandis que les sources ophiolitiques contiennent principalement de l'hélium d'origine atmosphérique, avec un apport mantellique localisé à Prony, cohérent avec la tectonique locale. Dans les Apennins du Nord, les systèmes isotopiques He- $CO_2$  combinés à la modélisation du flux de chaleur révèlent l'empreinte volatile de la délamination lithosphérique, où une partie de la lithosphère se détache vers le manteau. Les sources dominées par le  $CO_2$  présentent des signatures isotopiques de type calcaire, de faibles rapports  $^3He/^4He$  (0,07–1,7 Ra) et du Sr radiogénique, indiquant la décarbonatation crustale et l'assimilation dans un coin mantellique de type HIMU modifié. Les modèles couplés He et flux de chaleur montrent que la délamination d'environ 15–20 km de croûte continentale explique à la fois les faibles rapports  $^3He/^4He$  et l'excès de flux de chaleur observé. Aux Philippines, situées à la jonction active des plaques eurasiennne et de la mer des Philippines, les analyses de gaz majeurs et de gaz rares à Laguna, Zambales et Palawan révèlent des sources volatiles variées, influencées par la subduction, l'emplacment d'ophiolites et l'accrétion de terranes continentaux. À Laguna, les gaz sont mantelliques, et l' $H_2$  serait produit par des réactions rédox à haute température impliquant Fe et S. Au champ géothermique de Mak-Ban, le flux d' $H_2$  est estimé à  $\geq 30$  t/an, suggérant un co-produit potentiel de l'énergie géothermique. À Zambales, les signatures reflètent la serpentinisation à basse température et des contributions mantellique et radiogéniques, ces derniers attribuables aux sédiments subduits et à des fragments sous-plaqués du terrane de Palawan. À Palawan, l'hélium principalement radiogénique correspond au terrane continental de Palawan, et les gaz de Sta. Lourdes pourraient provenir d'un réservoir crustal de  $CO_2$  lié au magmatisme récent et aux sédiments recyclés. Cette étude souligne la double valeur de la géochimie des gaz majeurs et gaz rares, tant pour l'évaluation des ressources en hydrogène naturel que pour la compréhension des interactions croûte-manteau et des processus géodynamiques.