



Instrumentation et intercomparaison de mesures de radon souterrain en grotte

G.Monvoisin¹, L.Terray², F.Naessens³, JB.Decitre⁴, B. Arfib⁵, A.Zappelli⁵

¹ Univ. Paris-Saclay, GEOPS - ² Univ Clermont-Auvergne, LPC - ³ Univ. Bordeaux, I2M -

⁴ Univ. Avignon, LSBB - ⁵ Univ. Aix Marseille, CEREGE



I – Présentation du réseau de métiers CNRS - MSK

<https://msk.cnrs.fr>

Documentation des cavités :



Instrumentation et capteurs souterrains :



Sécurité souterraine :



**DRONES
CAP'**



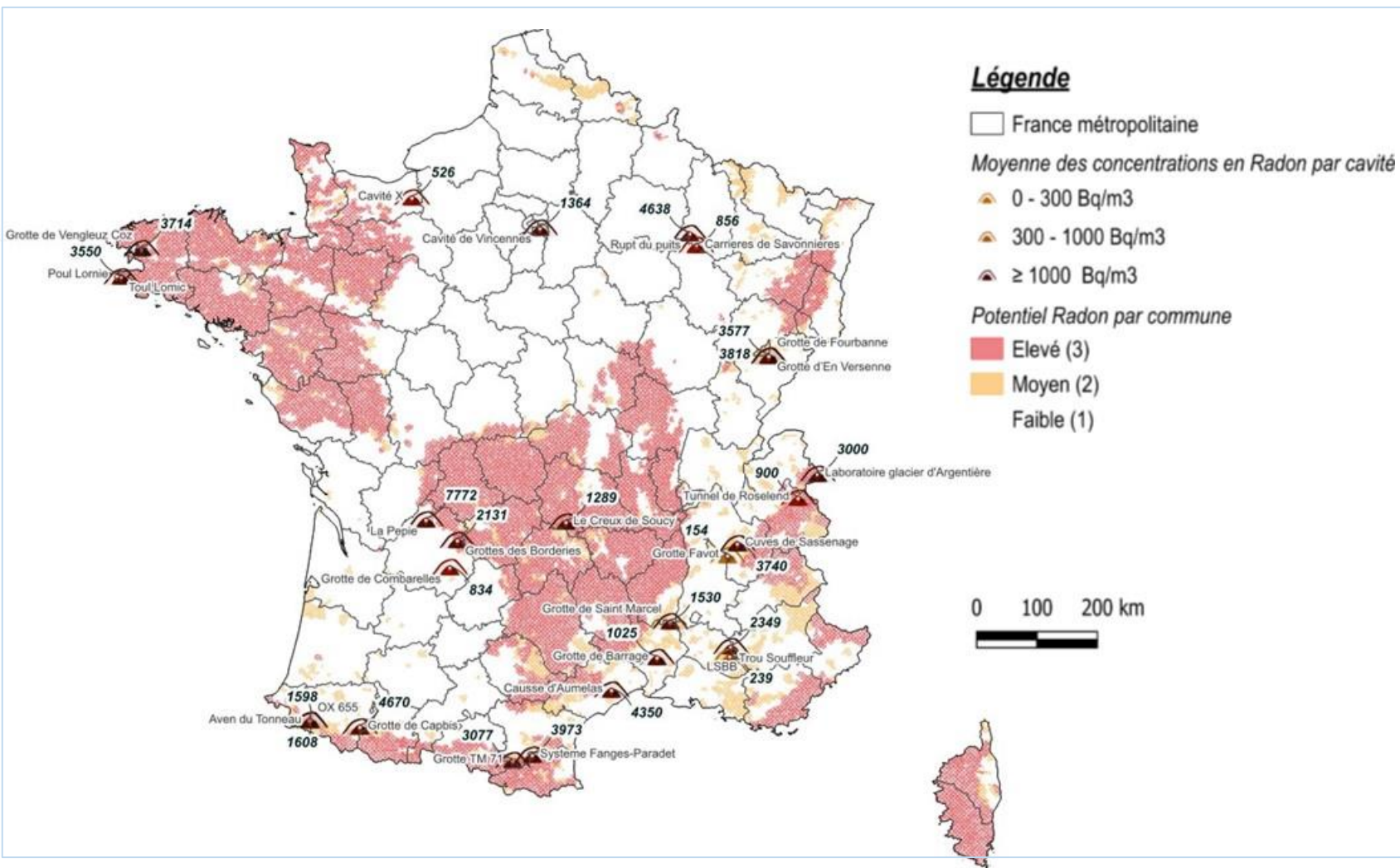
Fédération Française
de Spéléologie

RTCE
Réseau Technologique sur les
Capteurs en Environnement

MITI
Mission pour les Initiatives
Transverses et
Interdisciplinaires

II – Le projet radon CNRS

Projet National



❶ Inventaire des valeurs de radon relevées en France (litterature & questionnaire 2024)

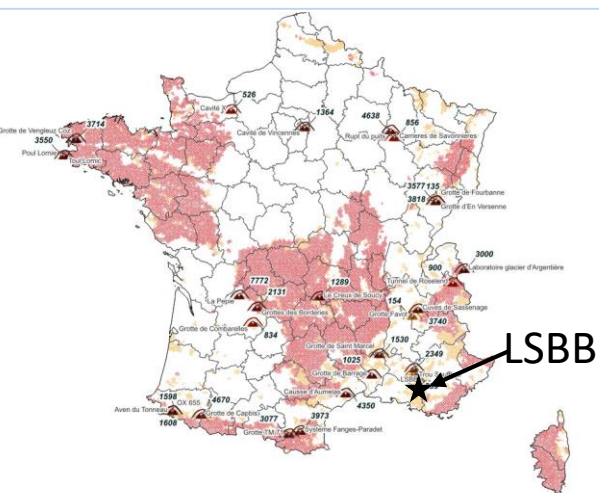
❷ Intercomparaison et choix des capteurs

❸ Instrumentation à long terme de plusieurs cavités (en cours)

❹ Instrumentation d'agents travaillant dans les milieux souterrains (à venir)

III – 1er site d'étude : LSBB – Intercomparaison de capteurs

Laboratoire Souterrain à Bas Bruit de Rustrel (CNRS) – Jean Baptiste Decitre

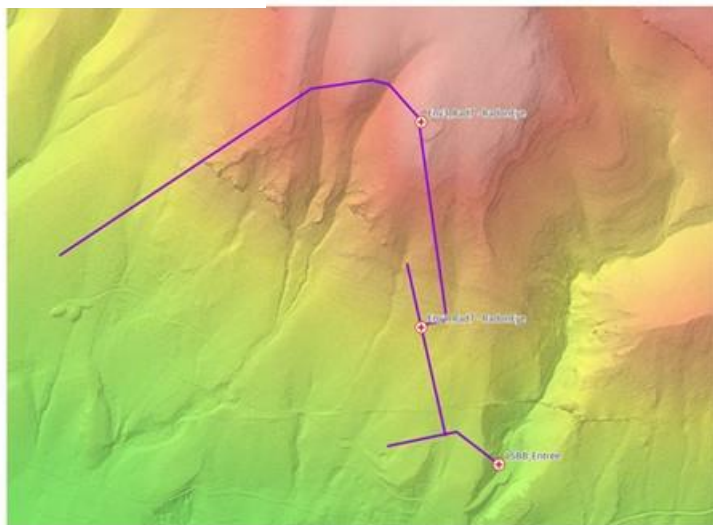


LSBB

1300

Meters-NGF

300



Site d'étude

III – 1er site d'étude : LSBB – Intercomparaison de capteurs

Comparaison Rad7 vs Radoneye+2



Radoneye +2 : comparaison avec RAD7

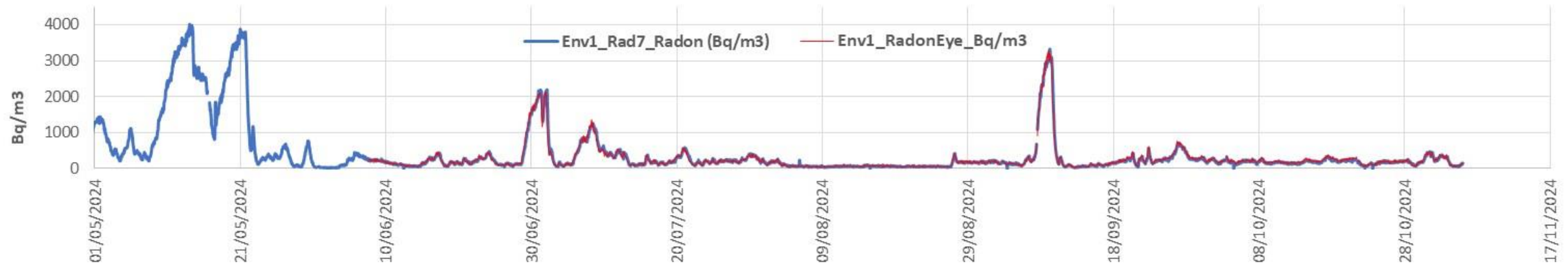


RAD 7 LSBB : calibration bi-annuelle

- Justesse & précision de la mesure
- Test de dérive à long terme

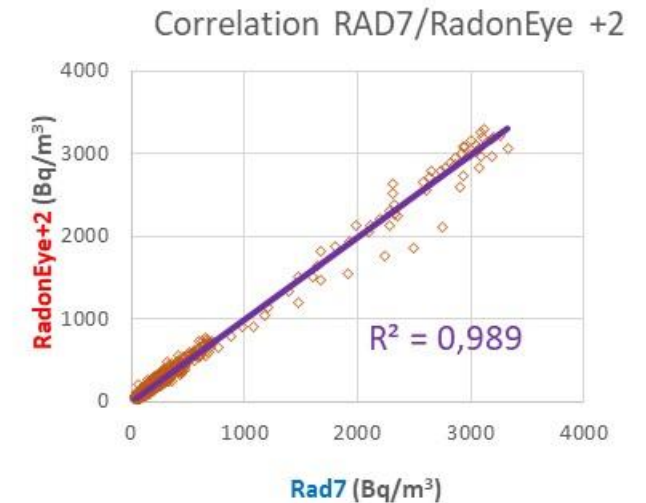
III – 1er site d'étude : LSBB – Intercomparaison de capteurs

Premières données



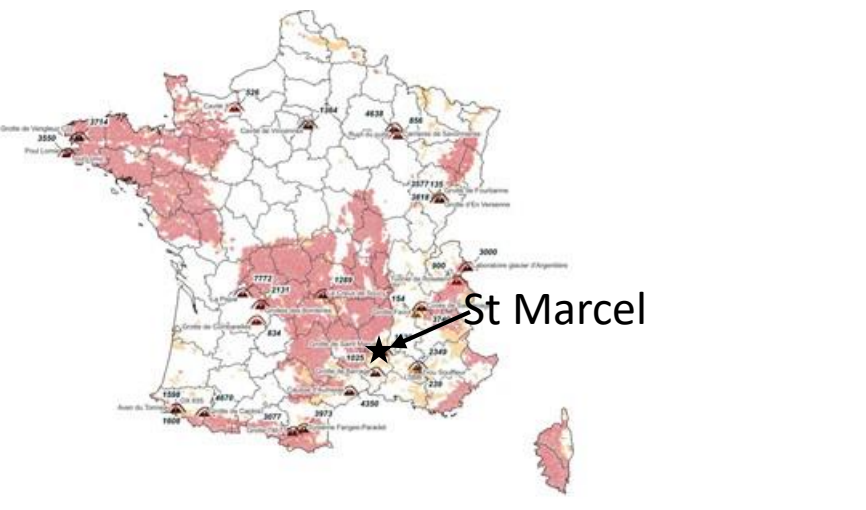
	Bq/m³			
Colonne1	Moyenne	Min	Max	Ecartype
Env1_Rad7_Radon	235,5	25	3326	399,9
Env1_RadonEye+2	242,7	23	3295	392,7

- Excellente corrélation entre les deux paires d'instruments
- Validation de la précision et de la justesse des mesures RadonEye+2 par rapport aux RAD7 du LSBB



IV – 2^{ème} site d'étude : grottes de Saint Marcel

Comparaison des valeurs Alpha E par rapport à des dosimètres passifs ou des mesures instantanées par fioles à scintillation



LPC – Univ. Clermont
Auvergne – **Luca Terray**

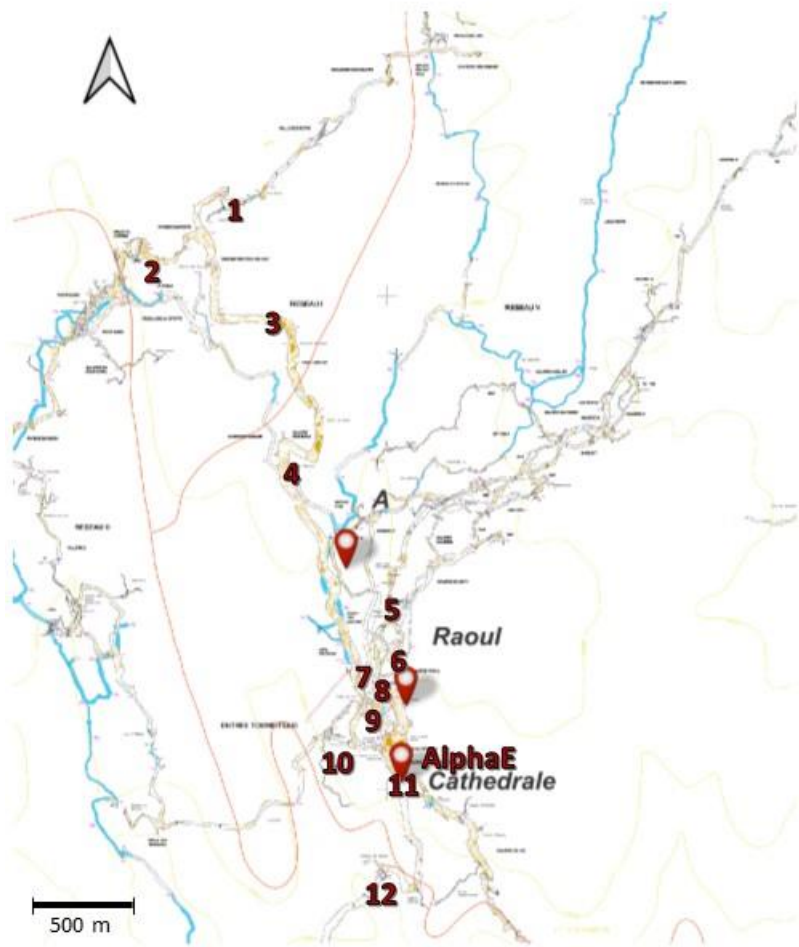


Alpha E

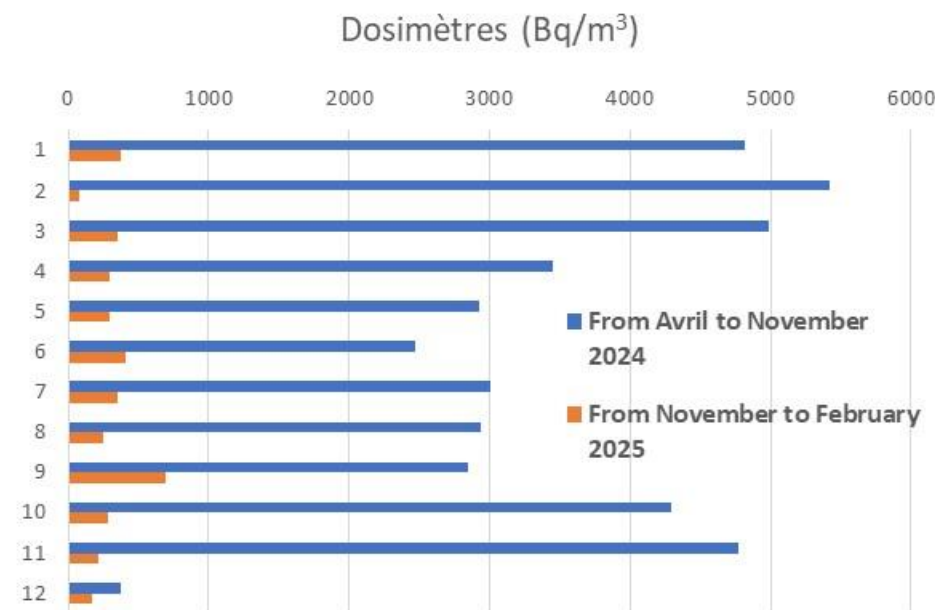


IV – 2^{ème} site d'étude : grottes de Saint Marcel

Position des dosimètres dans les grottes de Saint Marcel



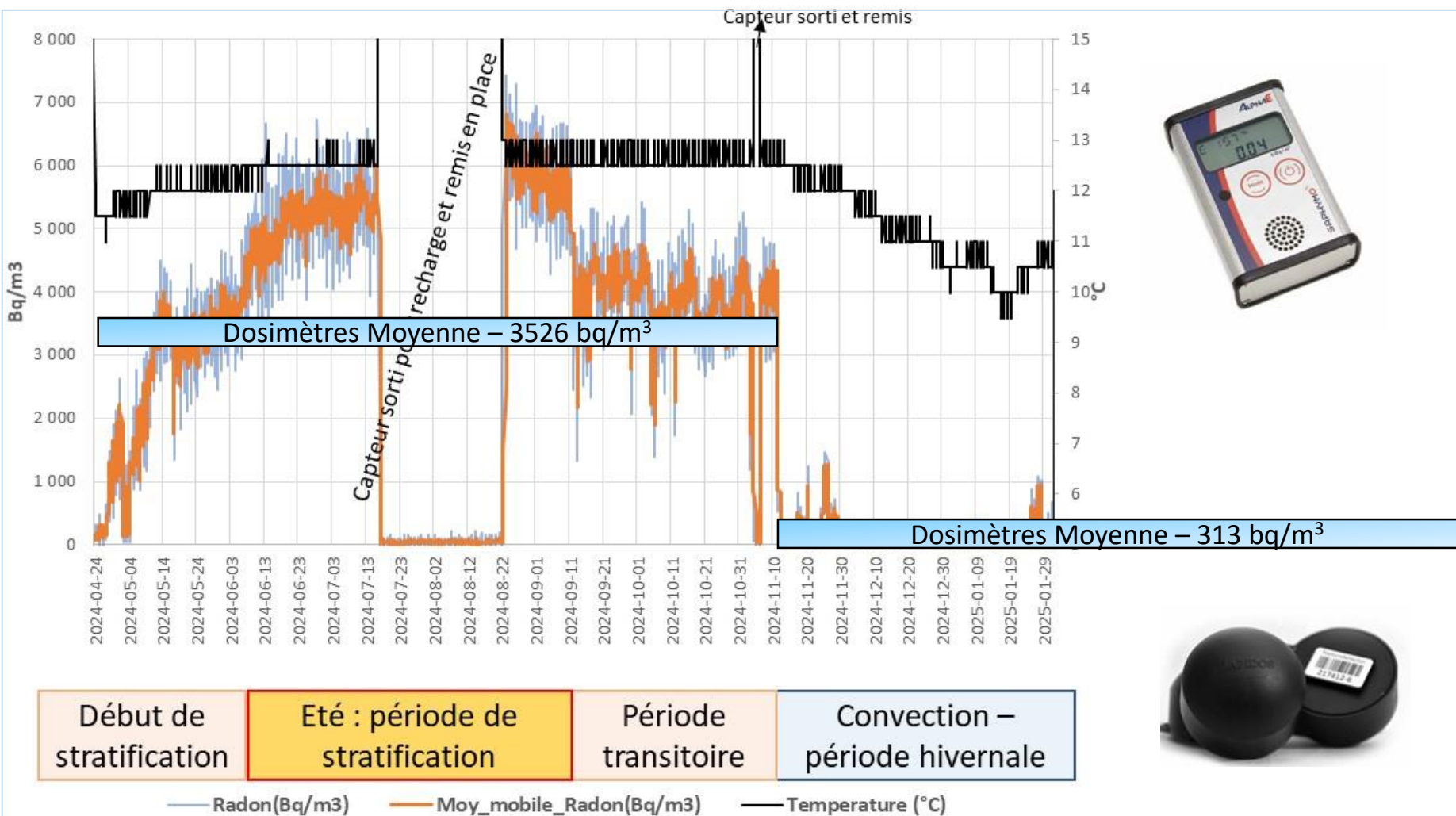
Sensors	Avril to November 2024	November to February 2025
	radon Bq/m ³	radon Bq/m ³
1	4820 ± 719	374 ± 60
2	5427 ± 809	73 ± 17
3	4990 ± 744	351 ± 57
4	3445 ± 514	298 ± 49
5	2921 ± 436	290 ± 48
6	2475 ± 370	412 ± 66
7	3011 ± 450	353 ± 57
8	2937 ± 439	248 ± 42
9	2841 ± 425	696 ± 108
10	4297 ± 641	280 ± 46
11	4775 ± 712	218 ± 37
12	377 ± 58	170 ± 30



- Solution peu onéreuse
- Incertitude > 15%
- Pas de suivi temporaire et perte des pics ponctuels

IV – 2^{ème} site d'étude : grottes de Saint Marcel

Chronique de Radon – St Marcel : corrélation entre mesure en continu (AlphaE) & accumulative (dosimètres passifs)



Mesures AlphaE

- 4 groupes de données avec des comportements saisonniers.
- 3 à 4 mois d'autonomie
- Capteur de temperature à faible resolution
- Sensible à l'humidité – se met en défaut après quelques mois



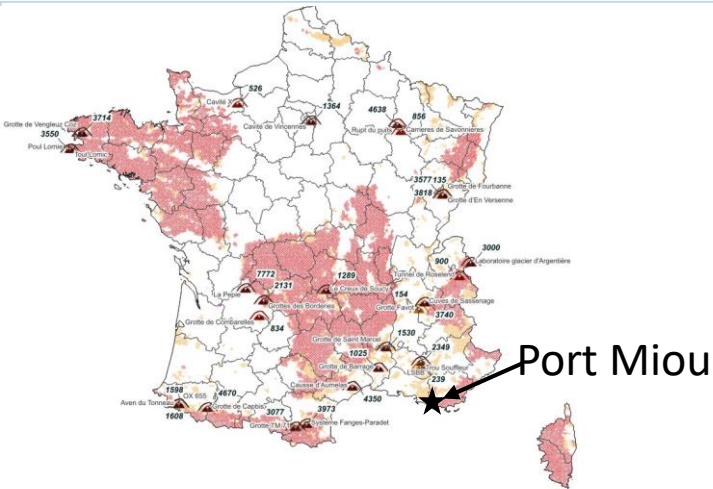
Mesures Dosimètres

- Bonne representation des taux de radon moyens
- Pas d'identification des pics à court-terme.

Site d'étude

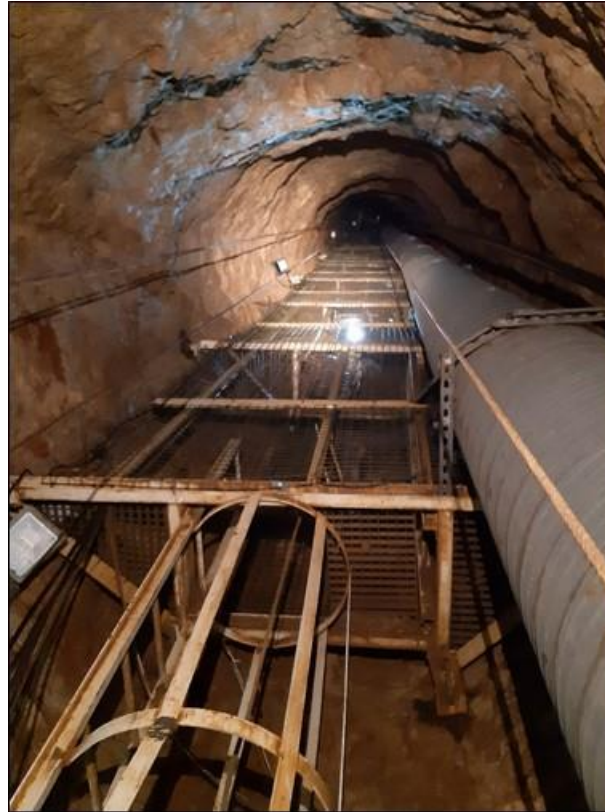
V – 3^{ème} site d'étude : grotte de Port-Miou – Validation *in-situ*

Comprendre la source du signal de radon



Fortes concentrations en CO_2 (> 6%) et radon => ventilation motorisée pour la sécurité

Etudes en cours : CEREGE – Univ Aix Marseille – **Bruno Arfib** et **Alexandre Zappelli**

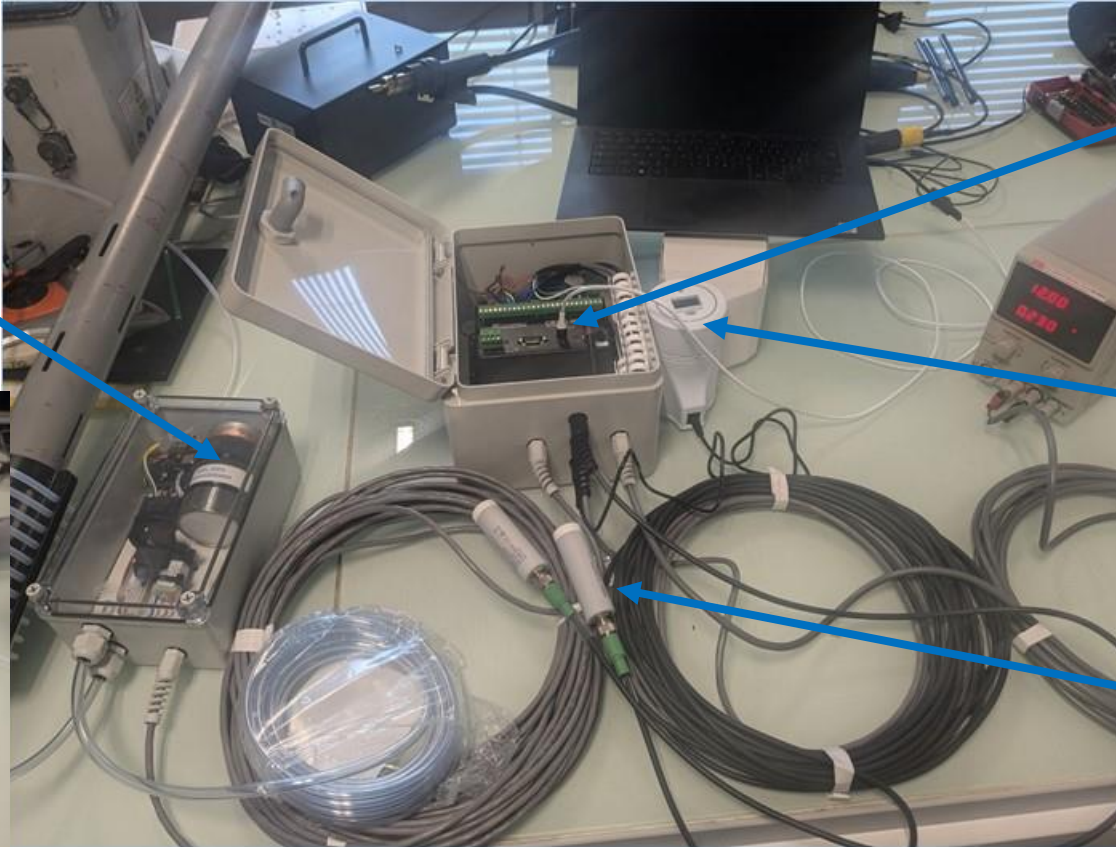


Site d'étude

V – 3^{ème} site d'étude : grotte de Port-Miou – Validation *in-situ*

Développement de capteurs innovants pour les mesures de radon et CO₂ dissous : I2M Univ. Bordeaux – **Fabien Naessens**

Pompe
Radoneye+2



Centrale
Campbell
CR350-WIFI

Radoneye+2

Capteur
CO₂
Vaisala
GMP251

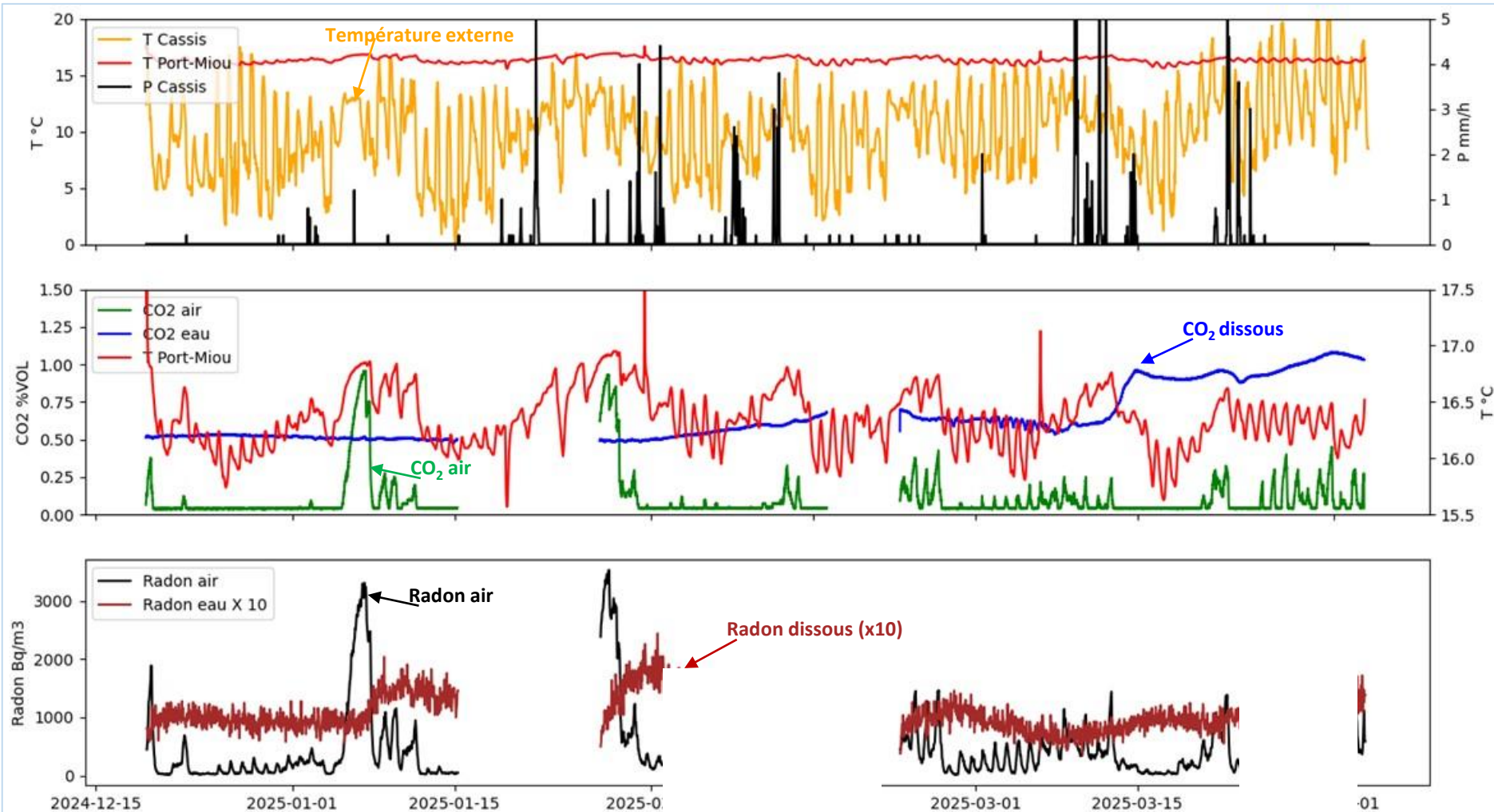
- Programmation CR Basic
- Faible consommation électrique
- Système compact
- ~ 5000 € pour l'unité centrale et les capteurs).

V – 3^{ème} site d'étude : grotte de Port-Miou – Validation *in-situ*

Installation des capteurs



V – 3^{ème} site d'étude : grotte de Port-Miou – Validation *in-situ*



- Corrélation entre CO₂ et radon
- Les pics de radon et de CO₂ arrivent quand les températures interne de la grotte et externe sont proches pendant plusieurs jours (jour et nuit)
- Les valeurs de radon dissous sont stables 100-200 Bq/m³
- Le CO₂ dissous croît suite à de fortes pluviométries
- Les valeurs de radon dans l'eau (100-200 Bq/m³) sont-elles significatives ?

V – 3^{ème} site d'étude : grotte de Port-Miou – Validation *in-situ*

Source du radon ?



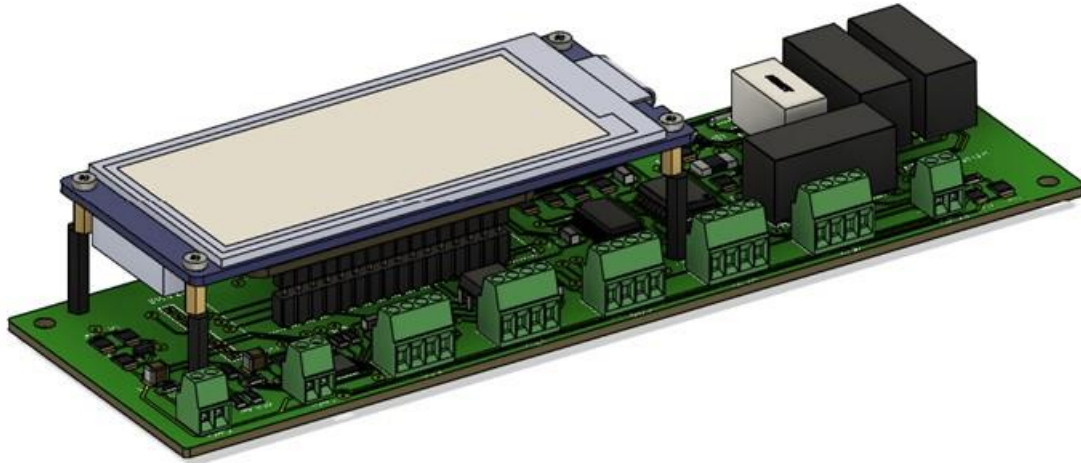
	Masse (gr)	Bq/m ³
Niveau de blanc		9
Calcaire	399,4	14
Argile jaune	383,6	9
Argile rouge	384,9	80
Argile rouge	898,5	160

- L'argile rouge semble être la principale source de radon dans la grotte
- La géologie locale joue un rôle prépondérant
- Le confinement reste LE paramètre majeur

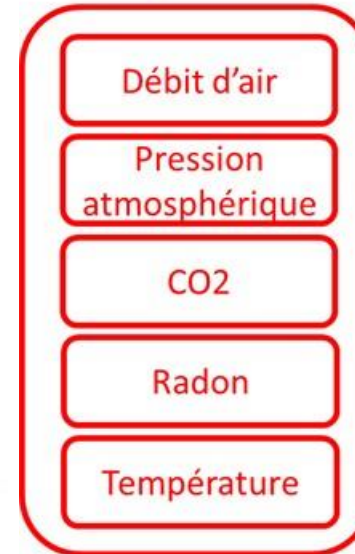
VI – Travail en cours

Développement d'une centrale d'acquisition multi-paramètres, compacte et à coût raisonnable, le tout en open-source.

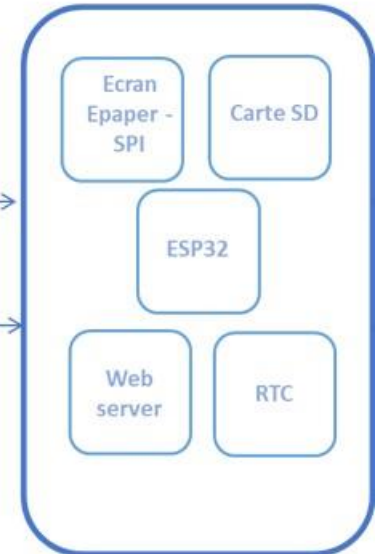
I2M Univ. Bordeaux – **Fabien Naessens**



Capteurs

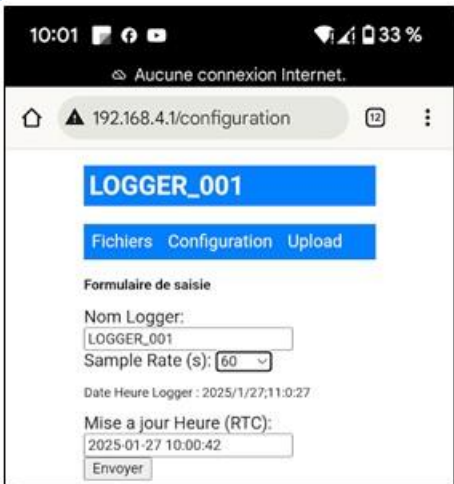


Microcontrôleur



- Stage de master de 3 mois au printemps 2025
- AAP CNRS Ingénierie 2025 (validé)
- I2M développement

- Autonomie 3-4 mois
- Solution open-source
- Capteurs testés et éprouvés
- Sensibilité et robustesse
- Bas coût (~ 5-6 000 €)



Travail en cours

VII – Conclusions et perspectives

- ❑ Radoneyes +2 et Alpha E : fiables et précis pour mesures long terme
- ❑ Alpha E sensible aux fortes valeurs de HR% => arrêt des mesures au bout de quelques mois
- ❑ Dosimètres passifs permettent un suivi peu coûteux mais à caler sur les 4 saisons
- ❑ Les fioles à scintillation offrent une mesure instantanée pour caler les données
- ❑ En cours : Développement d'une centrale d'acquisition multi-paramètres
- ❑ La calibration est importante et le suivi de la dérive également (à suivre en laboratoire)

The image is a collage of several photographs showing cave interiors and workers. The central, largest photo shows three workers in safety gear (hard hats, high-visibility clothing) on a metal platform inside a cave. One worker is in a yellow suit, another in a red suit, and a third in a blue jacket. They are looking at a wall with some equipment. A red lifebuoy is visible on the platform. The word "THANKS" is overlaid in large white letters. Surrounding this central image are several smaller, circular and diamond-shaped photos showing different parts of the cave, including rock walls, cables, and other workers. The entire collage is set against a blue gradient background.

THANKS