

Conseil scientifique IN2P3

Radiochimie

Stockage des Déchets Radioactifs

Tomo Suzuki-Muresan

Laboratoire SUBATECH UMR6457

27 & 28 octobre 2016

Collaborateurs

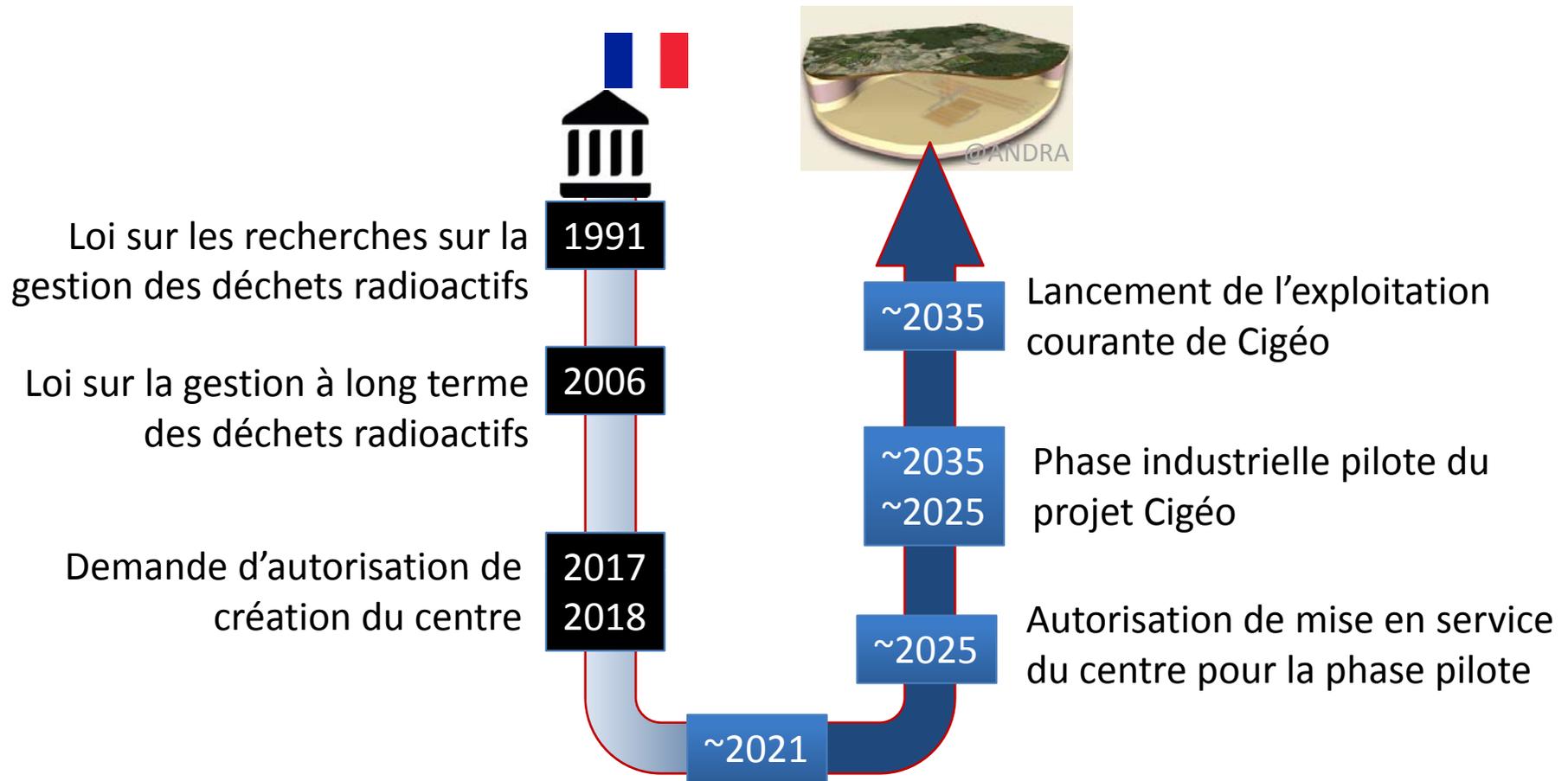
SUBATECH / UMR 6457 : Laboratoire Subatomique et de Physique des Technologies associées		
A. Abdelouas M. Fattahi B. Grambow S. Huclier A. Kalinichev	C. Landesman G. Montavon O. Péron S. Ribet J. Vandenborre	
IPNO / UMR 8608 : Institut de Physique Nucléaire d'Orsay		
C. Cannes S. Delpech	J. Roques E. Simoni	
IPNL / UMR 5822 : Institut de Physique Nucléaire de Lyon		
N. Béererd N. Millard-Pinard	N. Moncoffre N. Toulhoat	

CNRS/IN2P3 → mission de coordonner la radiochimie à l'échelle nationale

STOCKAGE → enjeu sociétal fort

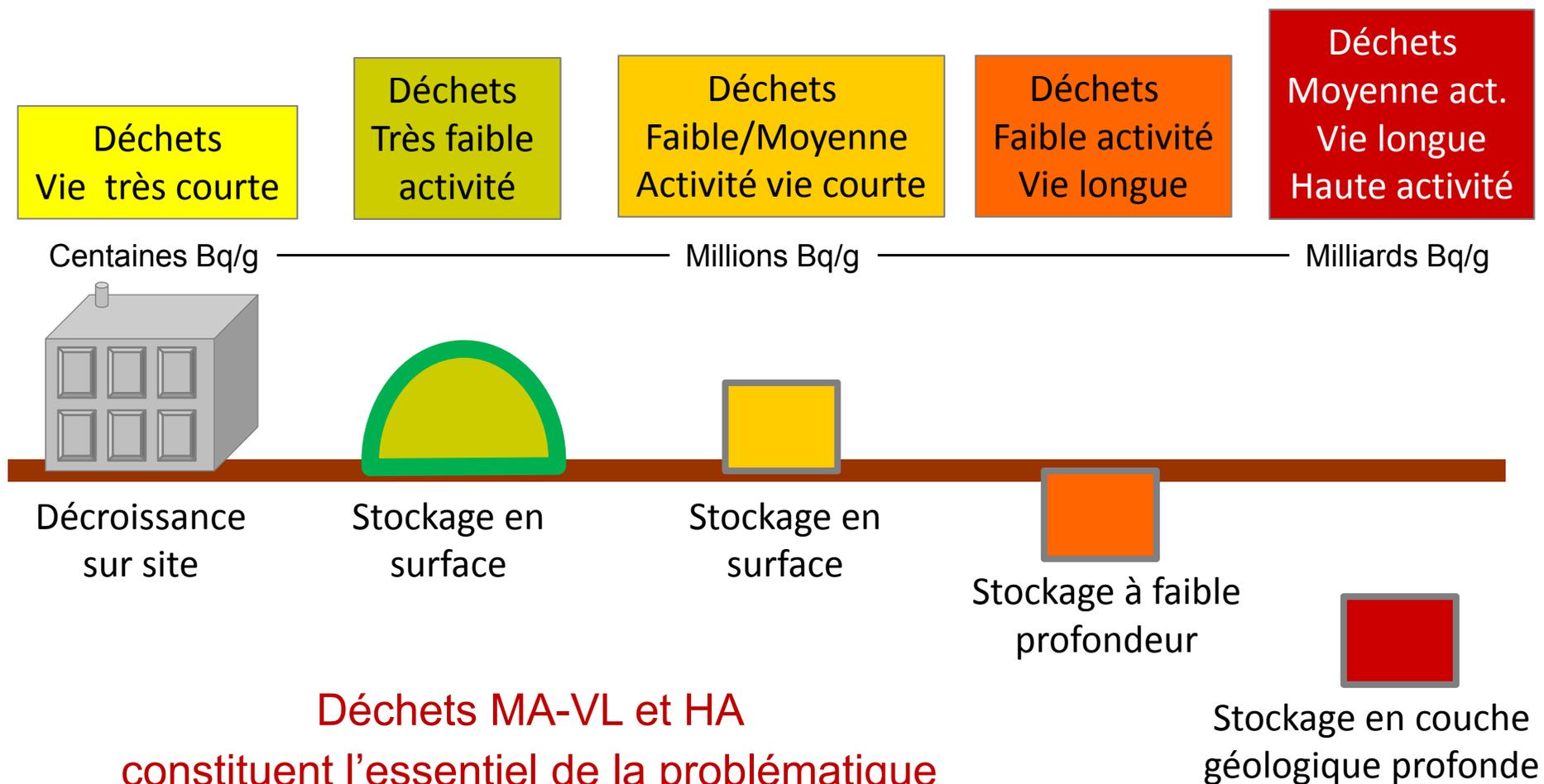
⇒ importance de la présence du monde académique pour sa vision et développement des compétences

Génèse du projet



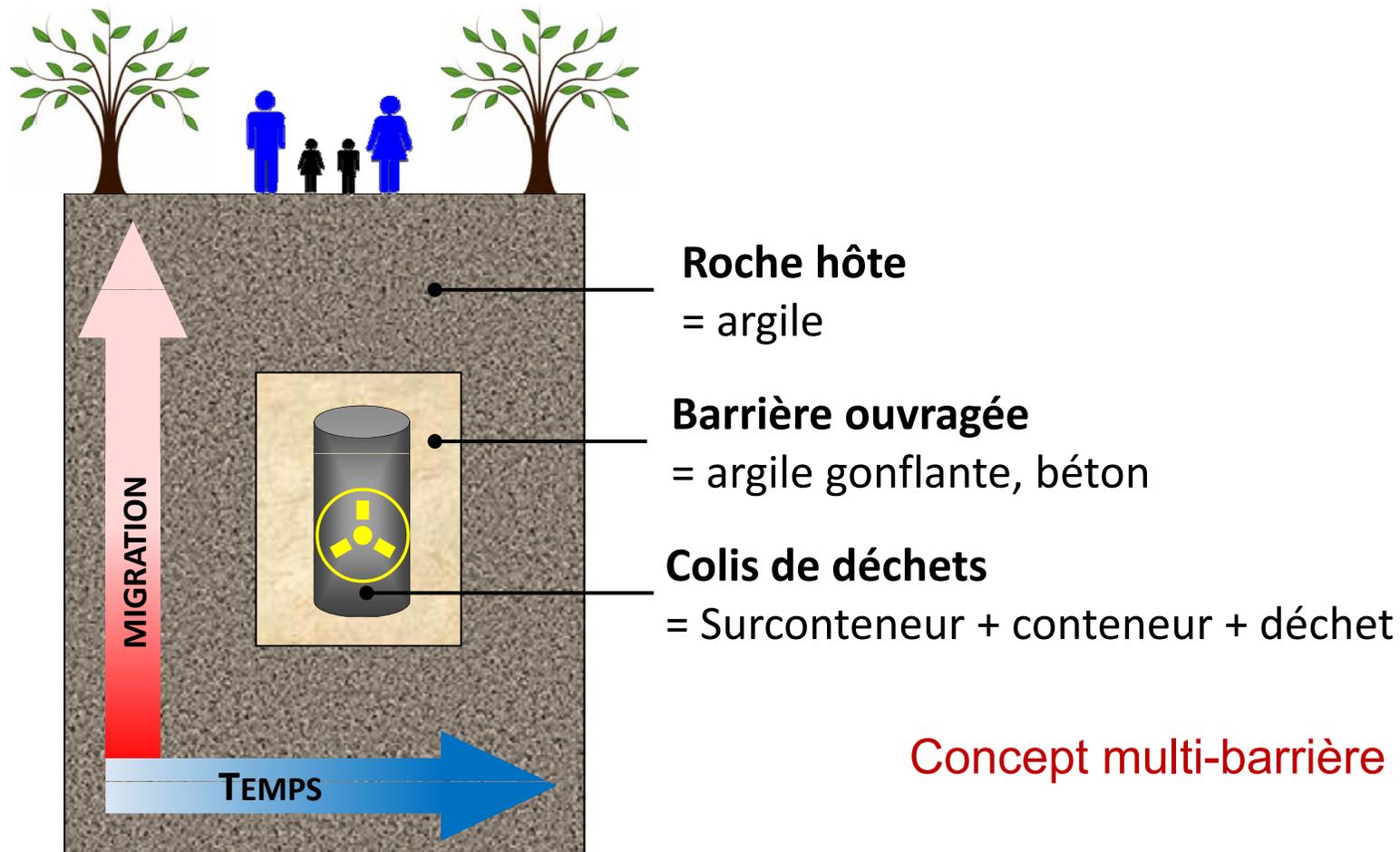
Délivrance éventuelle de l'autorisation de création du centre par décret en Conseil d'État. Lancement des travaux de construction

Classification des déchets radioactifs et sites de stockage



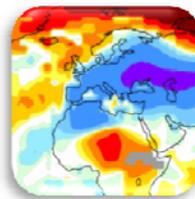
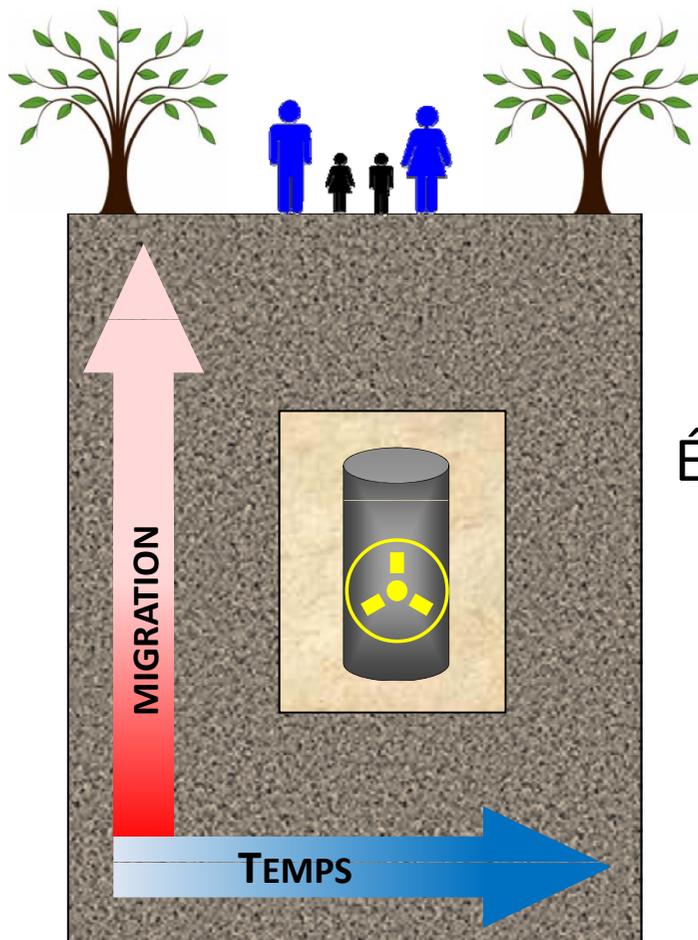
Problématique du STOCKAGE

Protéger l'homme et l'environnement
de substances radioactives et de toxiques chimiques

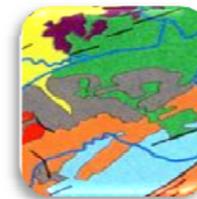


Problématique du STOCKAGE

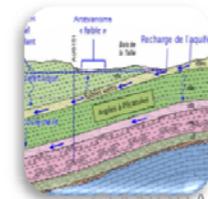
Protéger l'homme et l'environnement
de substances radioactives et de toxiques chimiques



CLIMAT



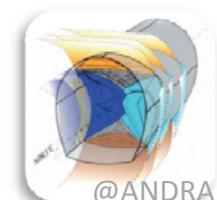
GÉOLOGIE



HYDROLOGIE

Évolution difficilement prévisible

Minimiser les incertitudes sur
l'évolution du système de
stockage et de son
environnement

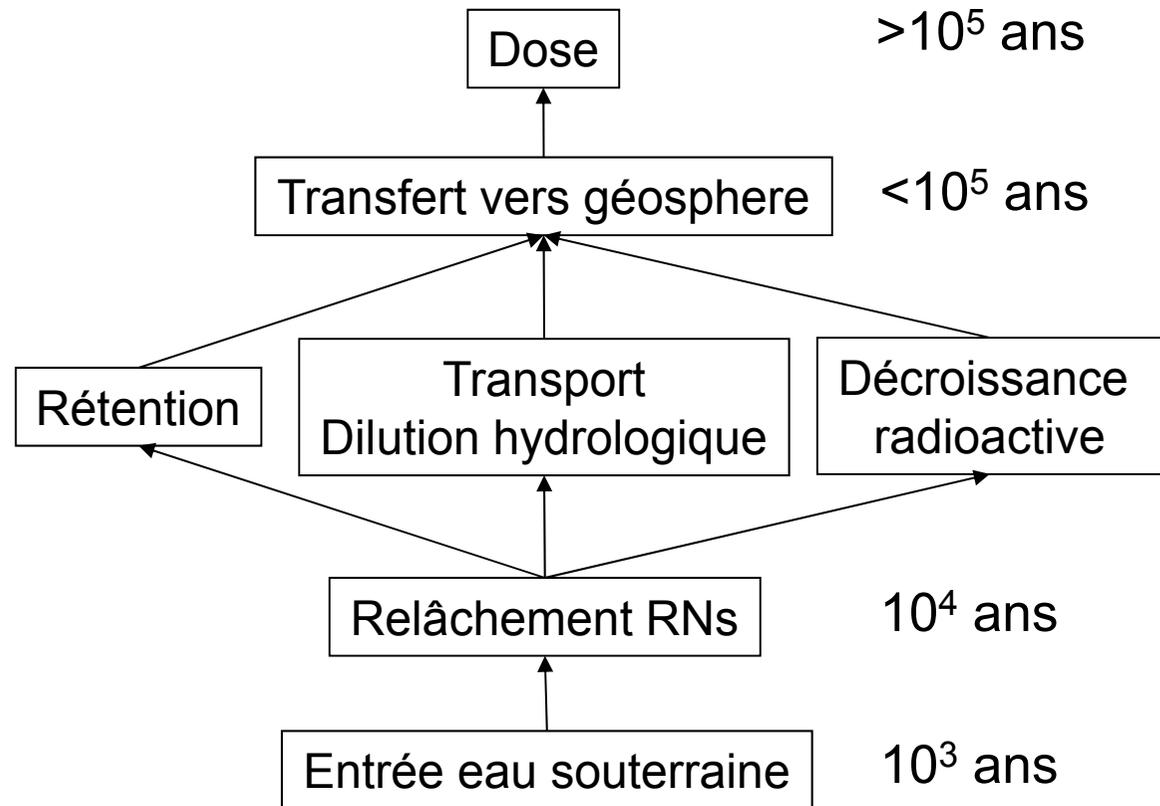
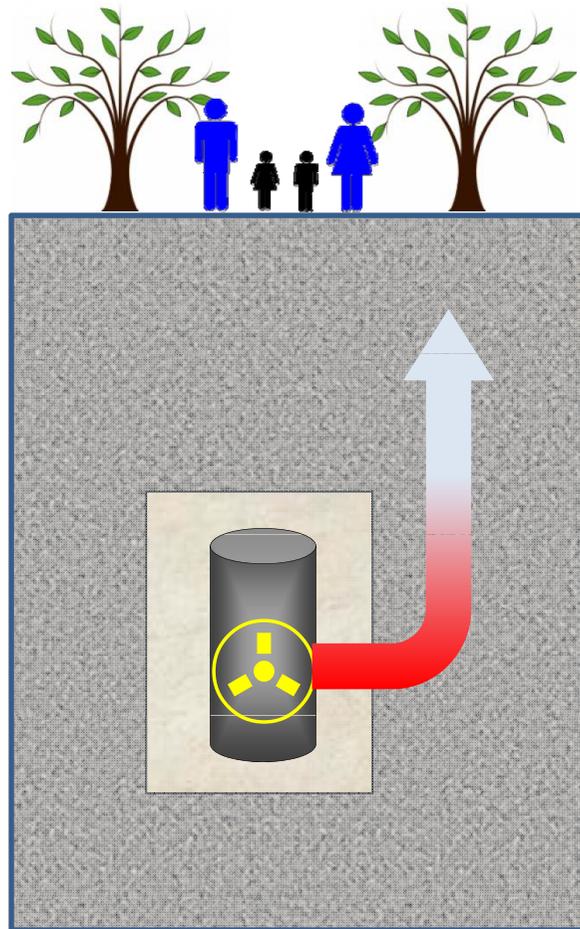


MECANIQUE



CHIMIE

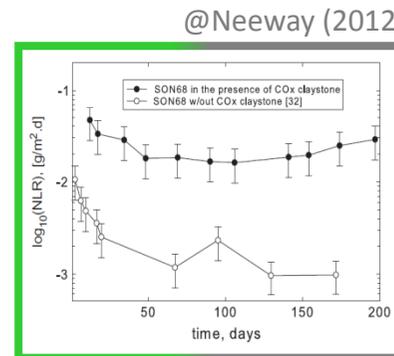
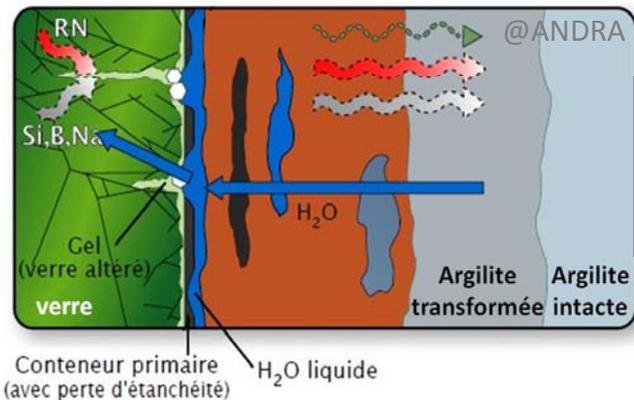
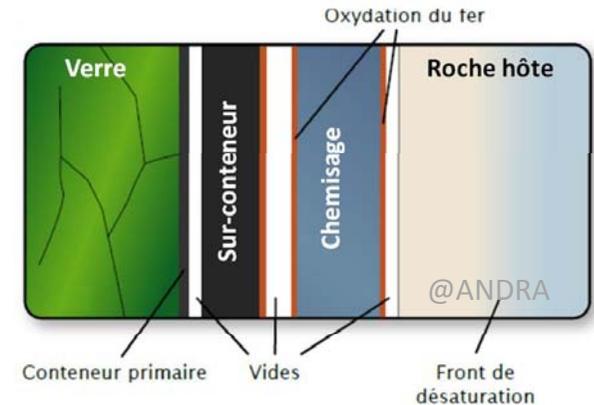
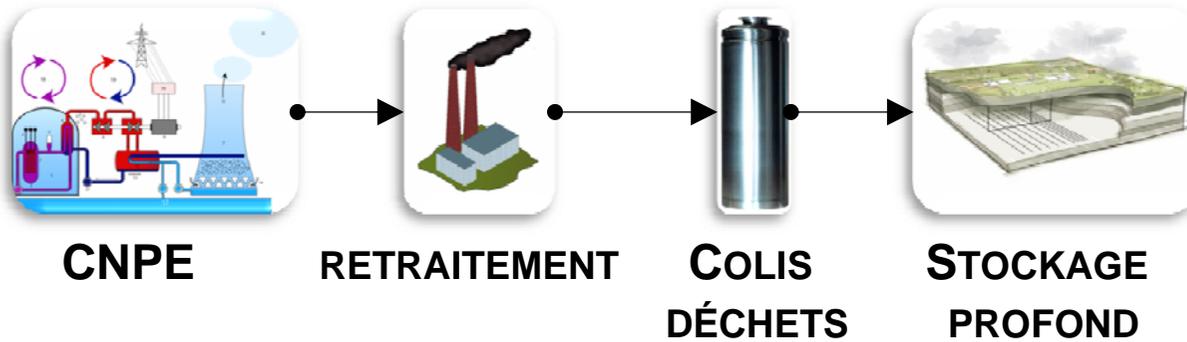
Enjeux scientifiques



L'eau est le principal vecteur de transport des radionucléides dans l'environnement

LES DÉCHETS RADIOACTIFS

Alteration du verre nucléaire



Verre + argile



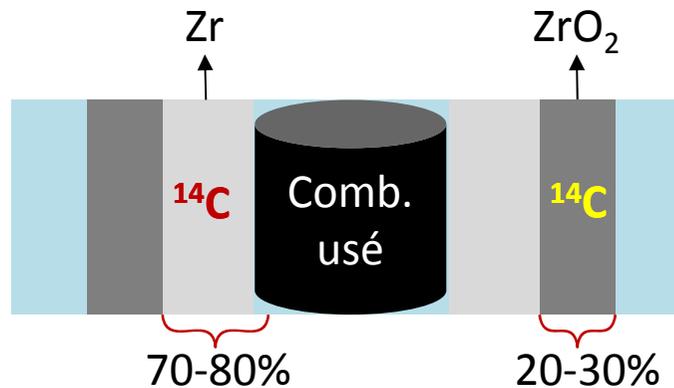
Acier + argile

Comprendre les processus physico-chimique et des mécanismes d'altération du verre en condition de stockage



Thèse Verre Hydraté SUBATECH/CEA (2016-2018)

Diffusion du ^{14}C dans la gaine de combustible: du matériau à la solution

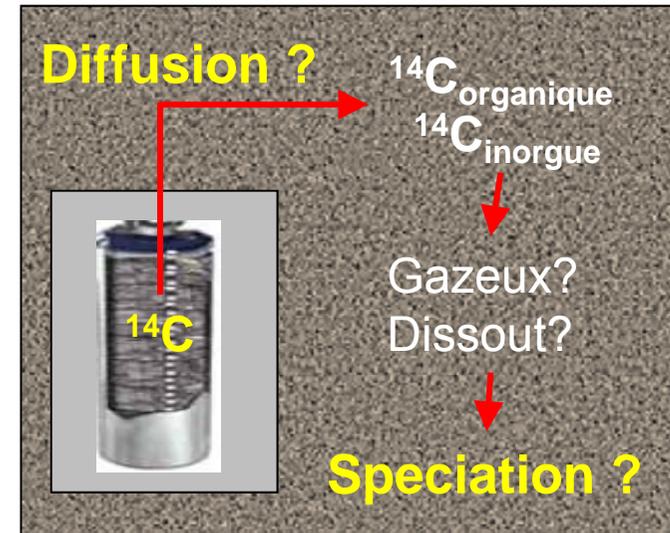


Expérimental

Éch. Implanté ^{13}C
Éch. Réel ^{14}C

Modélisation

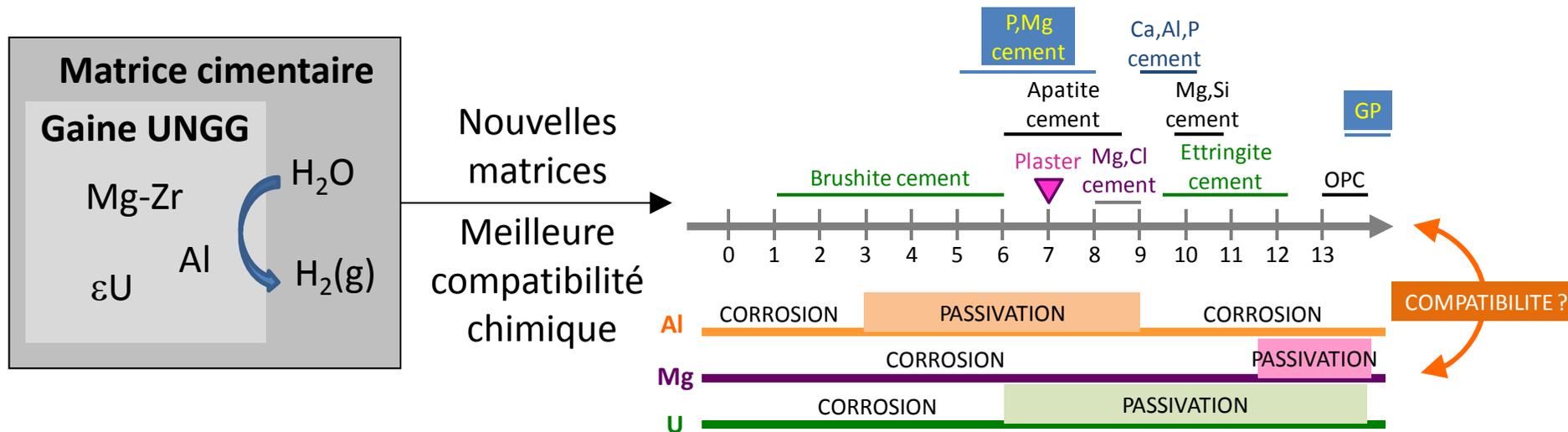
DFT
Kin. Monte Carlo



Comprendre les mécanismes de diffusion du ^{14}C dans la gaine zircaloy et la spéciation en milieu aqueux

- ➔ Thèse Diffusion $^{14}\text{C}/\text{ZrO}_2$ IPNO/EDF (2016-2018)
- ➔ Projet Européen CAST SUBATECH (2014-2018)

Phosphomagnésien et géopolymère



⇒ Al dans les phosphomagnésiens

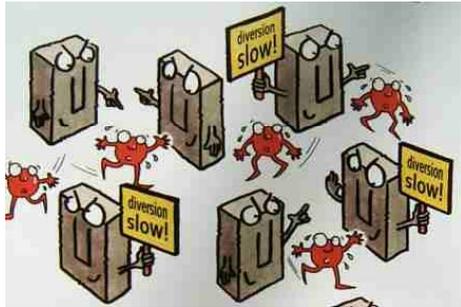
- Détermination du mécanisme réactionnel
- Mesure des vitesses de corrosion
- Influence de LiNO₃ sur la corrosion de Al

⇒ Mg (et U) dans les géopolymères

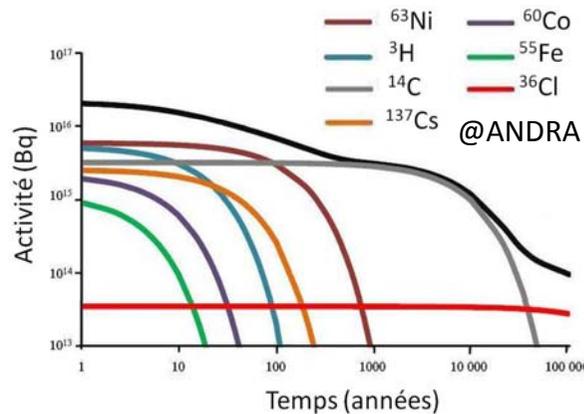
- Influence de NaF sur la corrosion Mg/U

➔ Compatibilité de l'acier des colis avec les nouvelles matrices de confinement (2016-2018)

Décontamination du graphite nucléaire



Modérateur et réflecteur de neutrons



Déchets de faible activité

Durée de vie longue

^{14}C et ^{36}Cl

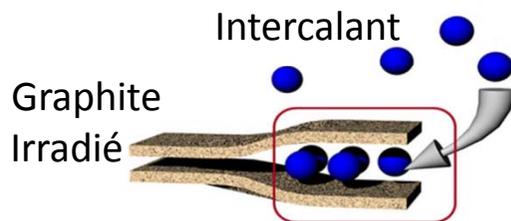


Décontamination

Reclassification



Extraction radionucléides labiles



Effet de l'intercalation + la lixiviation sur la destruction du graphite et le relâchement de radionucléides



Vaporéformage



Processus d'oxydation thermique sous vapeur d'eau

Effet de la destruction sur l'efficacité du vaporéformage

Efficacité du vaporéformage en fonction de l'imprégnation par ajout de catalyseur

LE TRANSFERT DES RADIONUCLÉIDES DANS L'ENVIRONNEMENT

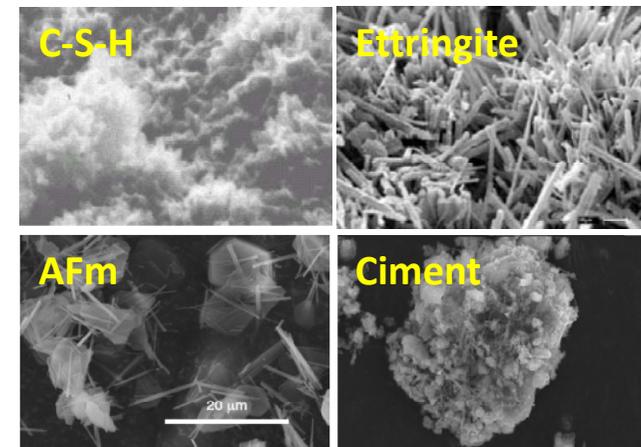
Transfert des radionucléides dans la barrière ouvragée

- Détermination des mécanismes de sorption des radionucléides d'intérêts présentant des propriétés physico-chimiques variées
- Evolution de ces propriétés lors de sollicitations physico-chimiques caractéristiques d'un stockage

Influence de la présence de molécules organiques sur la rétention des RNs d'intérêt par les phases cimentaires

Influence de perturbations physico-chimiques sur les propriétés de rétention

Réactivité et transfert du ^{14}C (dissoute et/ou gazeuse) dans les matériaux cimentaires insaturés



@Macé(2006)

➔ Grp^t. Laboratoires CTEC et CTI (2015-2019)

➔ Projet Européen CEBAMA (2015-2019)

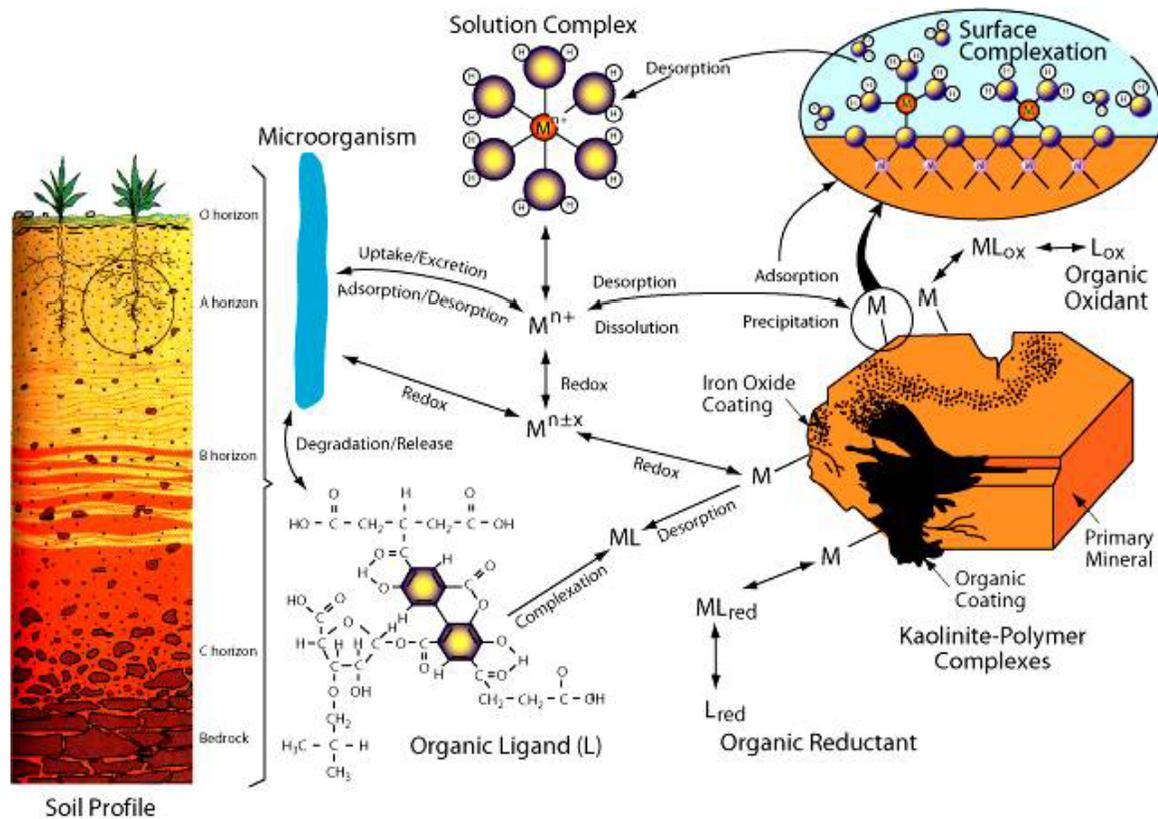
CTEC: Comportement chimique et transfert dans des environnements / ouvrages à physico-chimie complexe

CTI: Comportement chimique et transfert dans des environnements / ouvrages insaturés

CEBAMA: Cement-based materials, properties, evolution, barrier functions

Transfert des radionucléides dans la roche hôte

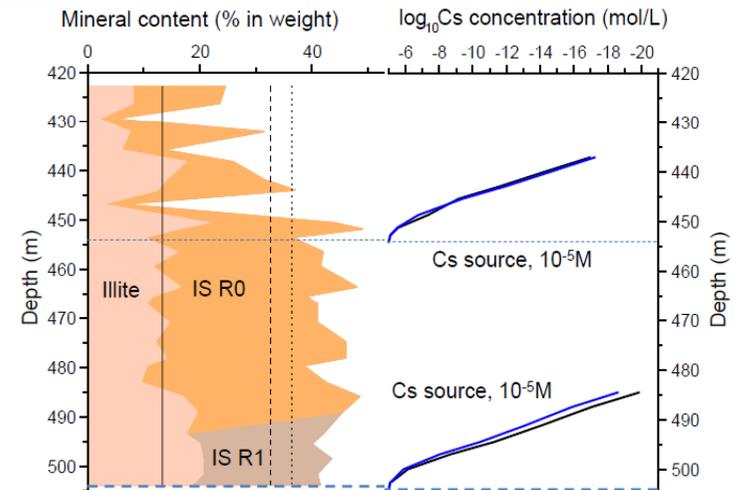
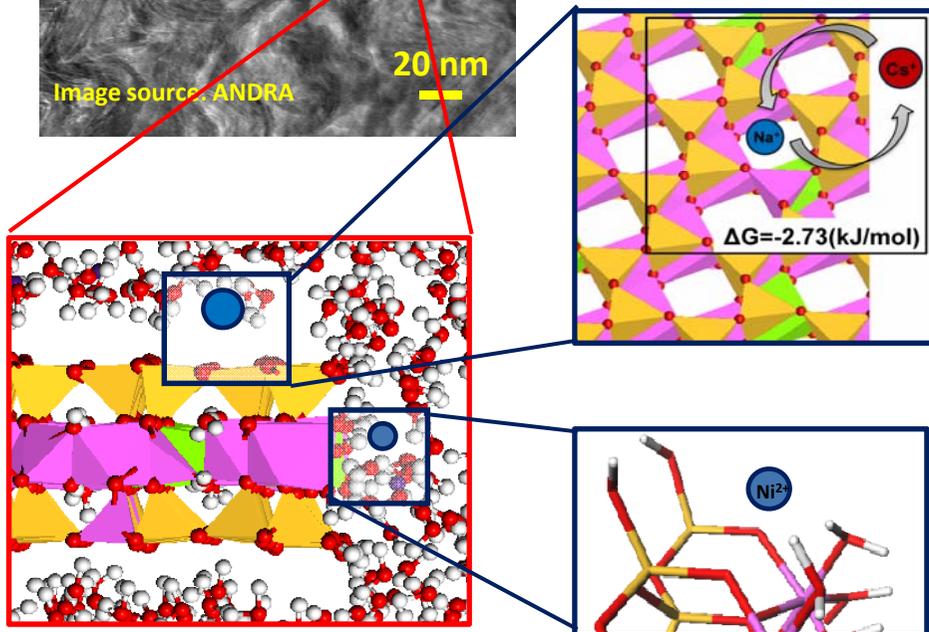
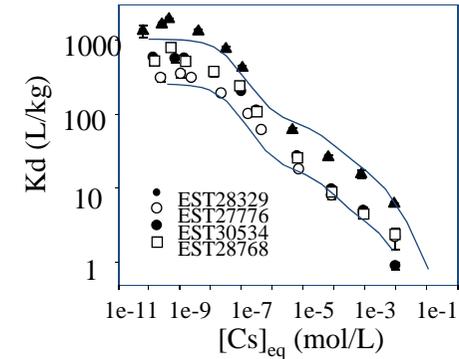
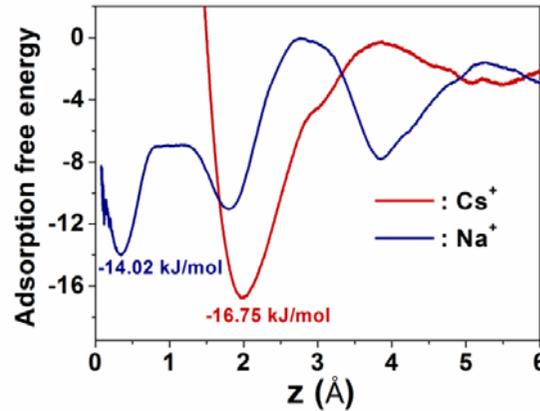
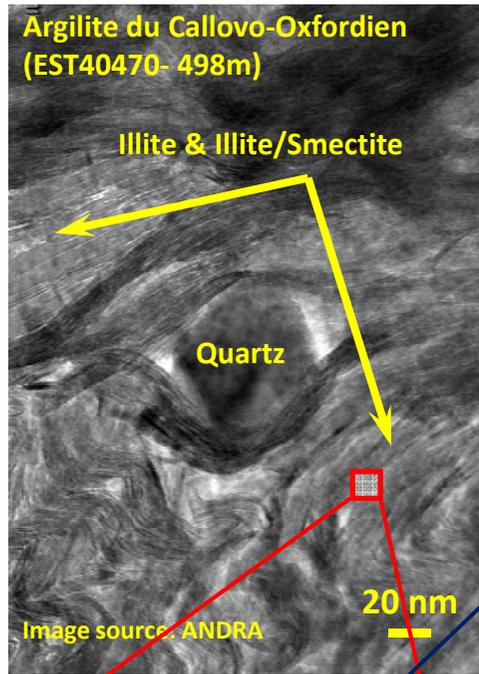
- Comprendre et quantifier le transfert des radionucléides dans l'environnement
- Étudier les processus clés de rétention avec un focus sur la formation géologique utilisée comme barrière pour le stockage des déchets nucléaires



➔ Grp^t. Laboratoire CTEC (2015-2019)

➔ Thèse Cartographie (2016-2019)

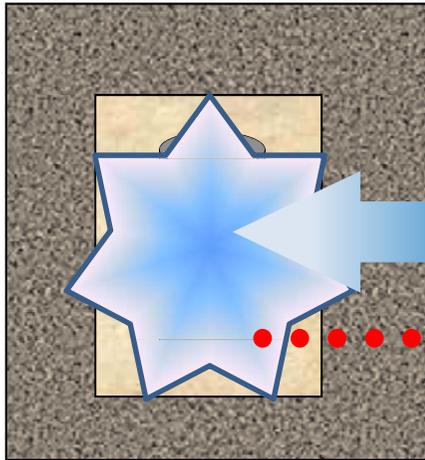
Modélisation du transfert des radionucléides



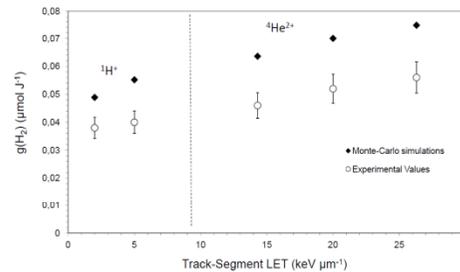
Prédiction jusqu'à 10⁵ ans

➔ Chaire Stockage (2015-2019)

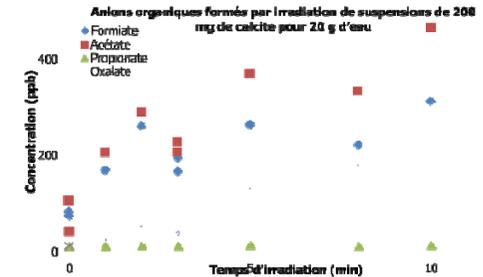
Impact de la radiolyse de l'eau



Production H₂ par radiolyse de l'eau

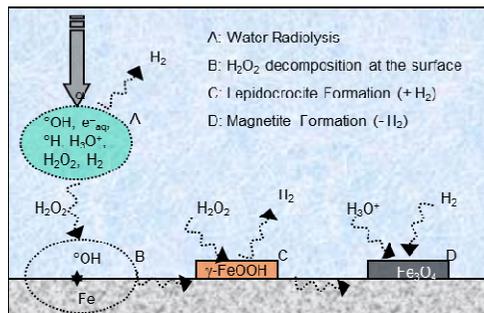


Radiolyse des carbonates

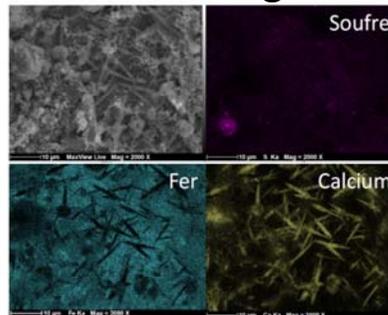


Corrosion radiolytique de l'acier

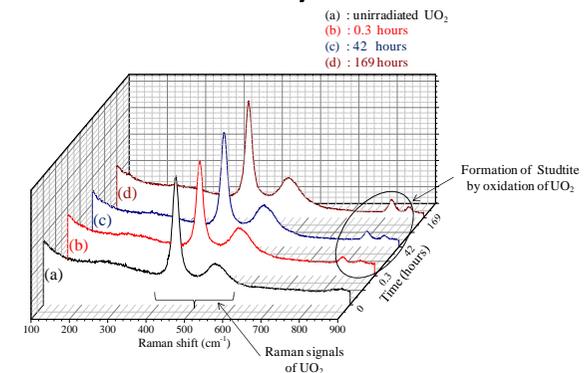
En milieu eau UP



En milieu argileux



Dissolution oxydante d'UO₂ sous rayonnement



Mise en application des mécanismes de radiolyse à l'interface solide/solution dans le multi-système chimique lié au stockage



Thèse Irradiation Béton SUBATECH/ENGIE/ECN (2015-2017)

BILAN

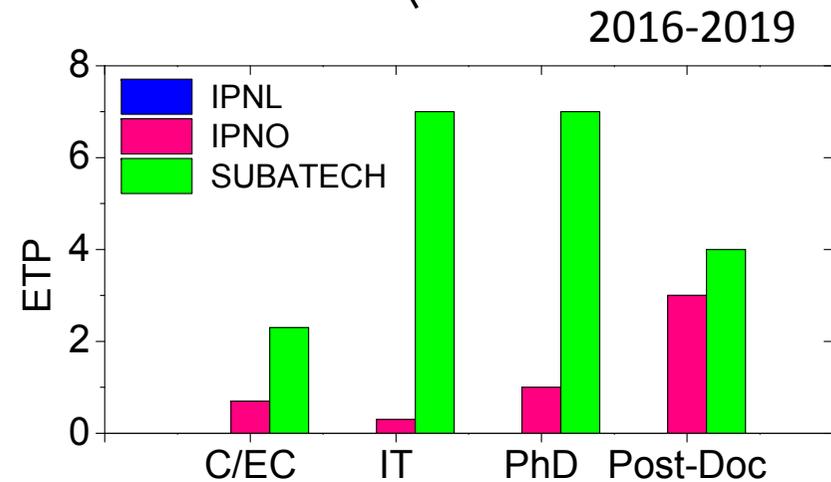
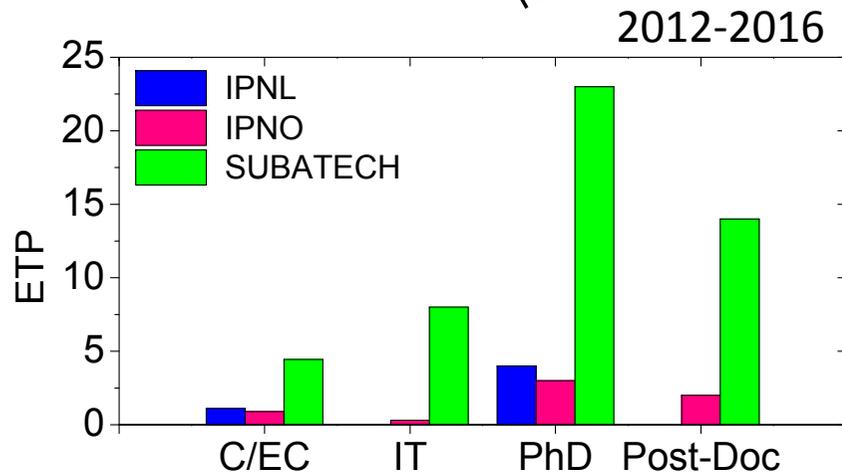
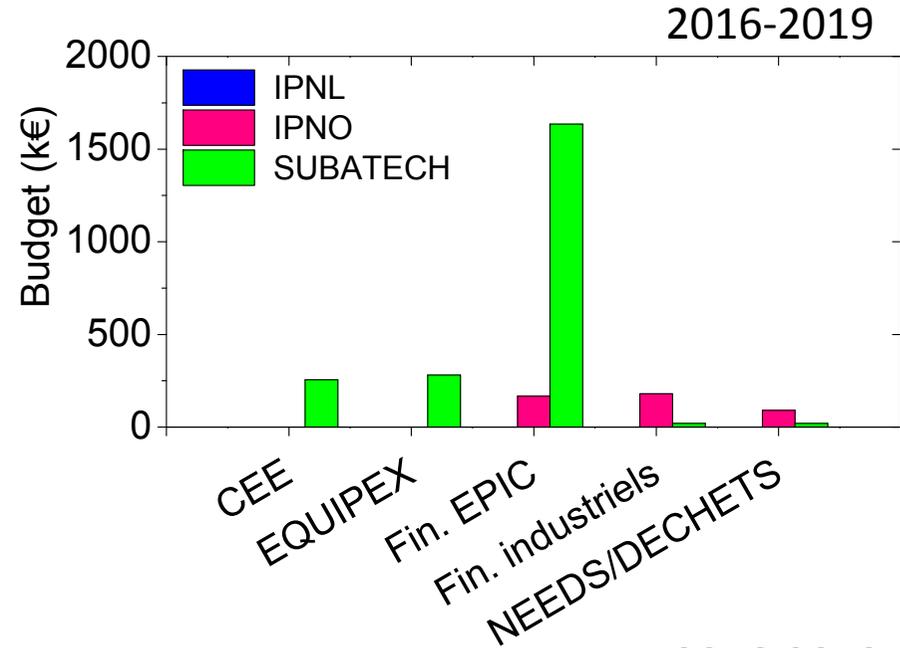
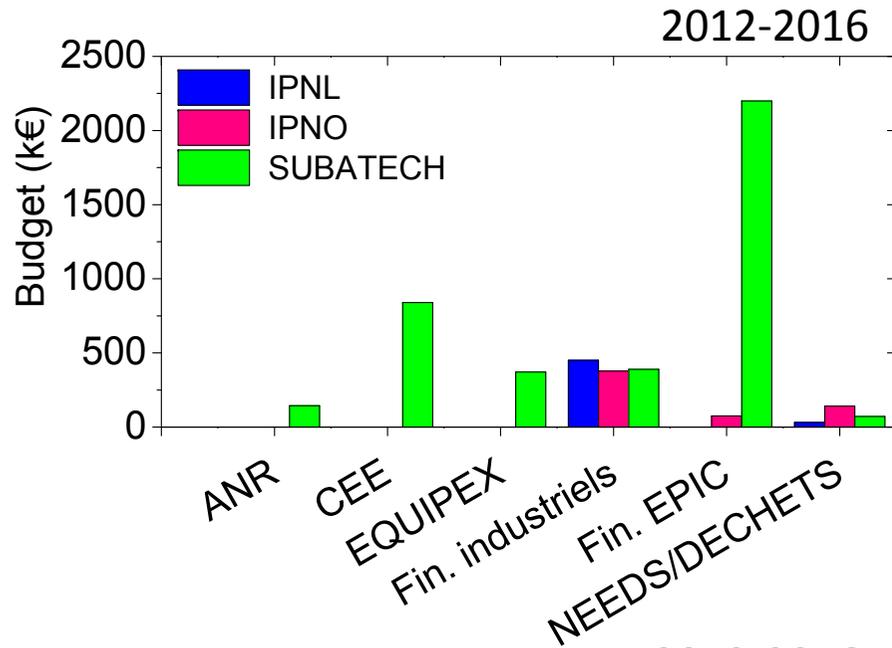
Bilan sur le stockage des déchets nucléaires

- Les activités de radiochimie/STOCKAGE s'intègrent dans les activités interdisciplinaires
 - Sur **l'énergie** avec l'importance de l'impact des déchets dans **l'environnement**
 - Élargissement aux activités liées aux interactions **rayonnement /matière**, la radiolyse
 - IN2P3 bénéficie d'outils uniques pour la caractérisation de processus clés comme les accélérateurs, les faisceaux d'ions
- Collaborations avec
 - INC : ICSM, UPMC, LCP, ...
 - CEA : LP2C, Marcoule, Saclay
 - IRSN

Collaboration: nationale, européenne, internationale



Ressources Financières et Humaines



Publications

2012-2016	IPNL	IPNO	SUBATECH
Publications	1	4	69
Communications	2	11	19
Invitations			28

SWOT

Force	Faiblesse
<ul style="list-style-type: none"> – Vision globale du STOCKAGE grâce à la complémentarité des groupes et des équipes ainsi que le domaine scientifique – Recherche bien organisée dans les réseaux régionaux, nationaux, européens et internationaux 	<ul style="list-style-type: none"> – Faible collaboration entre les laboratoires IN2P3 – Diminution des allocations de bourses de thèse et du fonctionnement associé (ANR, Europe)
Opportunité	Menace
<ul style="list-style-type: none"> – Orientation de la recherche vers l'étude des matériaux pour le démantèlement de centrales – Contribution croissante pour la sûreté du stockage – Coordination des entités de recherche dans JOPRAD vers un « european Joint Programming » dans le domaine 	<ul style="list-style-type: none"> – La RADIOCHIMIE est une « petite » discipline avec très peu de visibilité et de structuration au niveau national et international → risque de marginalisation dans la stratégie IN2P3 – Le soutien de NEEDS a contribué au développement et à la réalisation d'études au cours de ces dernières années. La question de « l'après-NEEDS » se pose alors pour les projets à venir.



JOPRAD

- Towards a Joint Programming on Radioactive Waste Disposal
- 22 entités de recherche Européenne participe à ce groupe de travail
- Contribution des entités de recherche est nécessaire :
 - Pour maintenir l'excellence scientifique au bénéfice des projets liés au stockage et d'évaluation de sûreté
 - Pour apporter un socle de connaissances fondamentales et des perspectives dont la qualité peut être évaluée par peer review, impact factors...

**Apporter une vision sur le long terme (pluri-décennal)
sur les besoins en recherche dans le stockage des
déchets nucléaires**



Conseil scientifique IN2P3

Radiochimie

Stockage des Dechets Radioactifs

Tomo Suzuki-Muresan

Laboratoire SUBATECH UMR6457

27 & 28 octobre 2016