



Projet DEMAIN

(DEMantèlement et Assainissement des Installations Nucléaires)



— *Rapport 2021* —

Ludovic MATHIEU, Fabrice PIQUEMAL
et le groupe de travail du LP2i/CENBG



Le Projet DEMAIN est actuellement en phase de maturation, suite à notre réponse à l'Appel à Manifestation d'Intérêt lancé par l'Université de Bordeaux en mai 2019, dans le cadre des Grands Programmes de Recherche.

Compte-tenu de son apparition récente dans le paysage scientifique de l'Université, ce programme n'a pas été retenu dans la catégorie des projets admis à concourir en 2020 au titre des GPR. En revanche, il a été labellisé par le département « Science de la Matière et du Rayonnement », comme « Défi Scientifique Sociétal et Technologique exploratoire », et a bénéficié à ce titre de financements sur les années 2020-2021.

L'objectif de ce rapport annuel est de rendre compte de l'avancement du Projet, en premier lieu au regard des travaux exploratoires réalisés à partir des financements obtenus, mais aussi et surtout au regard de la structuration que nous sommes en train de mettre en place autour de ce programme.

Celle-ci commence bien évidemment par la poursuite de la construction d'une communauté scientifique Bordelaise sur la problématique, avec notamment un recensement lisible des compétences existantes. Ce travail s'appuie également sur une meilleure connaissance que nous avons aujourd'hui des problématiques de terrain : grâce à de nombreux rendez-vous (souvent en visio...) que nous avons pu obtenir, aussi bien auprès des grands acteurs industriels du secteur que de certaines PME innovantes. Ces rencontres ont en grande partie été rendues possibles grâce à la visibilité nationale du Projet qui existe désormais auprès de 2 pôles de compétitivités dont nous sommes adhérents (Pôle Nuclear Valley en Région Bourgogne/Franche-Comté et Pôle RLH en Aquitaine) et d'un cluster d'entreprise (e-clide autour de la centrale du Blayais).

Tout ce travail permet de commencer à dégager des sujets de recherche académiques que nous regroupons désormais en 3 axes thématiques aussi bien dans les sciences « dures » qu'en Sciences Humaines et Sociales, et d'espérer démarrer les premières collaborations industrielles en 2022.

Ce rapport d'étape sera ainsi décomposé en plusieurs sections :

- Problématique du démantèlement/assainissement
- Le Projet DEMAIN
- Le Projet DEMAIN dans l'écosystème économique et industriel
- Le Projet DEMAIN au CNRS
- Études réalisées en 2021
- Perspectives 2022

Problématique du démantèlement/assainissement

A l'heure des fermetures actées ou à venir d'installations nucléaires de production d'électricité, la problématique du démantèlement prend de plus en plus d'importance en France. En réalité, le démantèlement d'installations nucléaires existe depuis l'invention des premières piles et les savoirs et techniques n'ont fait que progresser depuis.

Le démantèlement, et l'assainissement préalable, recouvrent des notions très diverses suivant qu'il s'agisse d'usines de fabrication de combustible ou de centrales nucléaires, de sites accidentés ou bien d'installations de recherche ou médicales. C'est donc une activité protéiforme, qui va rassembler des problématiques extrêmement variées, mais néanmoins toujours très complexes, coûteuses, et avec un impact sociétal et environnemental potentiellement important.

Les technologies actuellement disponibles permettent le démantèlement de réacteurs conventionnels (Génération II), au prix d'un effort financier très important. Mais dans d'autres cas, des verrous technologiques empêchent pour l'instant tout démantèlement. C'est le cas des réacteurs de Génération I, dont le graphite modérateur n'a actuellement pas d'exutoire, et pour lesquels le démantèlement est repoussé à la deuxième moitié du XXI^e siècle. Pour les usines de combustible, un manque de traçabilité empêche toute reconstruction de l'historique des opérations, quand ce n'est pas l'état lui-même de l'installation qui est totalement inconnu (exemple des colis de déchets historiques, potentiellement dégradés).

De nombreux opérateurs réalisent des recherches afin d'améliorer l'efficacité des outils, des méthodes ou des procédés utilisés. Un tissu industriel dynamique existe, irrigué en France par les très grands acteurs que sont EDF, Orano ou le CEA. Ces recherches sont bien souvent très appliquées, ou à des niveaux de Recherches & Développement. Les collaborations qui existent avec le monde académique concernent bien souvent la résolution de problèmes précis et ponctuels, applicable à court terme. Cependant, il n'existe pas à notre connaissance, en France et à l'échelle européenne, de pôle de recherche académique dédié à cette thématique, et qui pourrait potentiellement traiter des problématiques de fond sur le long terme.

Le Projet DEMAIN

Pour toutes les raisons exposées précédemment, un pôle d'expertise académique sur certains aspects du démantèlement basé sur les compétences de l'Université de Bordeaux a toute sa place dans le paysage actuel. En effet, le démantèlement des installations nucléaires a un fort impact sociétal et environnemental en plus des enjeux technologiques. L'expertise académique peut également être une aide à la décision pour les acteurs publics locaux. C'est l'objet du Projet DEMAIN (DEManèlement et Assainissement des Installations Nucléaires).

Le Projet DEMAIN s'appuie principalement sur les compétences des laboratoires de recherche de l'Université de Bordeaux et du CNRS, et couvre tous les domaines de recherches, depuis les sciences dures fondamentales jusqu'au sciences humaines et sociales. De plus, ces laboratoires n'étant pas impliqués dans les chantiers de démantèlement, cette

expertise se veut également sans enjeux partisans, garante de l'indépendance du secteur académique.

Enfin, la formation professionnelle de l'Université de Bordeaux dans le domaine, du niveau technicien supérieur jusqu'au niveau ingénieur, est également une des grandes forces du Projet DEMAIN.

Compétences réunies dans le Projet

Comme le Projet couvre une large gamme thématique, il n'est pas possible de connaître avec précision toutes les subtilités de chaque champ de recherche. Afin de mieux interagir avec le milieu industriel (voir section Le Projet dans l'écosystème économique et industriel), nous avons dressé une liste des compétences disponibles au sein de la communauté DEMAIN. Cette liste est montrée en Annexe 1. De plus, nous avons fait appel à DAMONA, une société de conseil et d'expertise du milieu nucléaire, afin de nous aider à faire le bilan des compétences les plus pertinentes présentes dans le projet. Ce travail aboutira début 2022.

Axes thématiques

Afin de centrer le Projet autour d'objectifs scientifiques clairs, trois axes thématiques ont été identifiés :

➤ Santé des travailleurs : Comment rendre le démantèlement plus sûr pour les travailleurs ?

Cet axe rassemble les études visant à améliorer les outils ou les procédés (dissémination, décontamination...), ainsi que les travaux de caractérisation des sites à démanteler, afin de mieux définir les risques auxquels sont exposés les travailleurs. Il intègre également les études traitant de la transmission des savoirs en vue de la phase de démantèlement.

De manière plus générale, cet axe pourrait aborder toutes les problématiques de la robotique dans le démantèlement, aussi bien techniques (durcissement, intelligence artificielle...) que l'intégration dans un environnement humain (cobotique). Les questions relatives à la santé publique (suivi médical, ergonomie, impact des faibles doses...) et à l'organisation de ces chantiers complexes (co-activités, sous-traitance...) pourraient également être abordées.

➤ Protection de l'environnement : Comment rendre le démantèlement plus propre et plus durable ?

Cet axe traite des études sur la dissémination des polluants, en particulier les radionucléides, et s'intéresse à leur comportement dans l'environnement (mobilité, disponibilité) et leur remédiation possible.

De manière plus générale, il pourrait comprendre toutes les problématiques liées au stockage longue durée des déchets produits, ou à leur potentiel recyclage.

➤ Volet sociétal : Comment alléger la charge du démantèlement sur la société et préparer l'avenir ?

Cet axe s'intéresse au développement de la filière industrielle du démantèlement en France, ainsi qu'à l'impact local des chantiers de démantèlement (contraintes paysagères...).

De manière plus générale, les études sur les évolutions juridiques, réglementaires ou normatives pourraient être intégrées à cet axe thématique, de même que les questions relatives à l'impact d'un démantèlement sur un bassin d'activité local.

Ces axes sont amenés à se renforcer au fur et à mesure du développement du Projet, avec un accent particulier mis sur les points forts de l'Université de Bordeaux tels que la Santé Publique. La robotique est également un thème majeur à intégrer dans le Projet, en raison des forts besoins exprimés par les industriels.

Le Projet DEMAIN dans l'écosystème économique et industriel

Le Projet a pour objectif de réaliser des études dans le milieu académique en lien avec les besoins industriels et du terrain. C'est pourquoi un effort important a été réalisé pour obtenir des informations sur les attentes réelles et les cas d'usages à étudier.

Définition préalable des besoins

En 2019, l'effort a principalement porté sur des études bibliographiques à partir de sources nationales ou internationales (en particulier CEA-DEN, « L'assainissement-démantèlement des installations nucléaires » (2018) et NEA, « R&D R&D and Innovation Needs for Decommissioning Nuclear Facilities » (2014)). Ceci a permis de définir une première vision – grossière – des champs thématiques et des sujets de recherches potentiels. Cette vision a été confrontée à celle d'EDF DP2D puis du CEA Marcoule, lors de deux rencontres réalisées au mois de mai 2019.

Ces deux rencontres ont été très enrichissantes, car elles ont permis d'une part de connaître la position de ces deux grands acteurs, incontournables, sur le Projet DEMAIN. Il ressort que le Projet s'inscrit tout à fait dans la logique de recherche d'EDF (leurs recherches dites « externalisées »), et que le CEA est ouvert à des collaborations encore plus poussées avec le monde académique. D'autre part, nous avons pu confirmer un certain nombre de sujets intéressants, relevés lors de notre recherche bibliographique. Ceci nous a permis d'affiner les orientations de recherche, en renforçant certains domaines au détriment d'autres, finalement moins porteurs.

Démarches auprès des pôles de compétitivité ou clusters

Pour aller plus loin, il était nécessaire d'obtenir le maximum de renseignements sur des cas d'usage concrets rencontrés lors de chantiers de démantèlement. Nous nous sommes donc tournés vers les pôles de compétitivité, plaques tournantes des industries du secteur et de leurs problématiques.

Pôle Nuclear Valley :

Nous avons rencontré le Pôle Nuclear Valley basé à Chalon s/ Saône en juillet 2020. Ils se sont montrés particulièrement intéressés par le Projet, et par notre participation aux différents ateliers organisés à la fin de l'année. Nous avons eu confirmation de l'absence d'équivalence de notre projet en France. De même, **il est apparu très clairement que l'avance prise par l'Université de Bordeaux sur la structuration d'un tel projet académique est un atout précieux et envié.**

Nous avons été invités à participer aux « Rendez-Vous Nuclear Valley – 4^e Édition », ainsi qu’au Conseil Scientifique du pôle. En raison de la crise de la Covid-19 et des perturbations engendrées, le CS a été reporté. En revanche, les « Rendez-Vous » ont permis des avancées significatives (voir section ci-après).

Pôle Alpha RLH :

Nous avons également rencontré le pôle Alpha RLH basé à Bordeaux. Leur expertise sur tous les projets soumis dans la région bordelaise en fait un interlocuteur incontournable. Leurs conseils furent extrêmement précieux pour rendre le Projet plus lisible et cohérent.

Ils nous ont également mis en relation avec des industriels (le CERAP, voir section ci-après).

Cluster e-CLIDE :

Ce cluster regroupe tous les industriels travaillant dans la maintenance nucléaire et est basé près du CNPE du Blayais. Si les objectifs de la maintenance nucléaire diffèrent de ceux du démantèlement, les problématiques rencontrées sont très similaires sur de nombreux points. Nous avons donc rencontré ce cluster en octobre 2020 pour un premier contact, puis en décembre 2020 avec Framatome et SPIE Nucléaire (voir section ci-après).

Interactions avec les industriels

Au cours du développement du Projet nous avons interagi avec de nombreux industriels, que ce soit lors de deux conférences (ICOND2019 (Allemagne) et DEM2021 (Avignon)), par des contacts directs, ou par l’intermédiaire des trois pôles de compétitivité/clusters rencontrés.

Sont synthétisées ici les entreprises avec lesquelles une relation fructueuse peut s’envisager à l’heure actuelle :

➤ CEA :

Nous avons pu rencontrer lors de deux entretiens « Nuclear Valley » un responsable à la Direction Générale du CEA, puis un adjoint chef de service du CEA Marcoule, couvrant l’ensemble des problématiques des chantiers démantèlement du CEA tant du point de vue global qu’opérationnel.

Le CEA couvre un très large champ de recherche (modélisation, instrumentation, caractérisation, robotique, automatique, imaging, découpe basse température, etc.) avec un effort financier et humain impressionnant. Néanmoins, nos interlocuteurs sont très intéressés par le Projet DEMAIN et ont sollicité une prochaine rencontre. Celle-ci devra permettre de mettre en place une collaboration étroite et définir des sujets de recherche communs.

➤ Elements :

Start-up spécialisée en robotique et basée à Toulouse, Elements travaille sur l’émergence de standards technologiques de conception d’éléments robotisés.

Grâce à ces discussions, nous avons énormément appris sur l’univers actuel des robots et leur utilisation dans le domaine du démantèlement : l’absence de référentiel commun, l’opposition entre petits robots jetables et gros robots décontaminables, les besoins en durcissement, l’absence de mutualisation entre problématiques, etc.

La participation d'un collaborateur du LaBRI à la réunion a permis un échange approfondi sur ces sujets. Un projet commun pourrait concerner la conception d'un robot modulaire multi-usage.

➤ Framatome / SPIE Nucléaire :

Nous avons pu échanger autour des problématiques courantes (nucléarisation ou décontamination d'outils) et sur la robotique, souvent surdimensionnée pour beaucoup de leurs applications.

Nous avons rencontré ces entreprises dans le cadre du cluster e-CLIDE, qui répertorie dans des « fiches projets » toutes les problématiques auxquelles sont confrontées les entreprises du cluster. Nous pourrions bientôt avoir accès à l'ensemble de ces informations.

➤ Veolia Nuclear Solution :

Il s'agit de la branche du groupe Veolia chargée de la décontamination et du démantèlement d'installations nucléaires, spécialisée en développement de technologies. Leur expérience de terrain est donc très importante pour l'avancée du Projet.

Nous avons pu échanger sur les technologies robotiques développées (principalement pilotées) ainsi que leur environnement (réalité virtuelle).

➤ CERAP :

Filiale du groupe ENGIE spécialisée en sûreté, mesures physiques et radioprotection opérationnelle, le CERAP développe également des technologies pour remplir à bien ses missions.

Elle développe des technologies robotisées autonomes et travaille sur la mise en réseau de capteurs personnels pour établir des cartes de doses. Ces deux sujets pourraient faire l'objet de collaborations avec le Projet DEMAIN. De manière générale, l'entreprise est à la recherche de solutions innovantes, que les offres commerciales n'apportent pas forcément.

➤ Innowtech :

Cette société a une expertise forte en milieu nucléaire, avec des activités tournant autour de mesures, de caractérisations, de développement de systèmes sur-mesure, d'études de faisabilité, de mécatronique... Certains de leurs produits robotisés sont déployés en test chez EDF ou à l'étranger. Ils sont ouverts à une collaboration pour développer des solutions robotiques innovantes.

➤ Nimbl'Bot :

Start-up fondée en 2018 à Bordeaux, cette société est spécialisée dans le développement d'un robot type serpent hyper-redondant. Elle a déjà des collaborations avec le monde académique, mais serait intéressée par le développement de robots durcis et le contrôle de l'hyper-redondance.

➤ Ingeliance :

Ingelligence est une grosse société travaillant dans de multiples domaines et très liée au CEA, en particulier sur ses activités de calculs multi-physiques et le développement de produits robotiques/cobotiques. Les domaines de recherche du projet DEMAIN pouvant les intéresser sont très divers, ayant mentionné en plus de la robotique, des problématiques de fissuration de béton dans les colis de déchets

➤ ONET Technologie :

Société très impliquée dans les chantiers de démantèlement, ONET Technologie est un acteur incontournable du secteur. Lors de nos échanges ont été soulignées la grande spécificité du milieu du démantèlement et l'importance de la minimisation des déchets produits par les procédés choisis.

Un intérêt a été porté sur la gestion des poussières sur les chantiers de démantèlement, en lien avec les compétences du Projet DEMAIN.

Accords de confidentialités

Dans ce domaine très appliqué, avec des aspects économiques affichés, la Propriété Intellectuelle est enjeu incontournable. Nous avons entamé des démarches auprès de nos tutelles, Délégation Régionale CNRS et Université de Bordeaux, afin de pouvoir gérer de façon générique des accords de confidentialité avec des partenaires industriels.

Cependant, après un an de tergiversations administratives, aucune solution n'a pour l'instant pu se dégager. Ceci constitue un vrai frein pour progresser dans nos discussions avec les partenaires.

Le Projet DEMAIN au CNRS

À l'IN2P3

La thématique du démantèlement à l'IN2P3 est actuellement en phase de structuration. D'une situation initiale totalement éclatée, une communauté commence maintenant à apparaître et le sujet est abordé au niveau du GdR SciNEE (Sciences Nucléaires pour l'Énergie et l'Environnement). Les thèmes concernés sont relatifs aux disciplines de l'IN2P3 (physique nucléaire, instrumentation, radiochimie, biologie et environnement) et donc plus restreints que le Projet DEMAIN.

De plus, il existe au sein de l'IN2P3 une plateforme nationale d'analyse alternative de la radioactivité, appelée Réseau Becquerel. Ce réseau rassemble les capacités d'analyses de plusieurs laboratoires, et dispose de nombreux agréments ASN et plusieurs accréditation COFRAC. Ce réseau est en contact permanent avec le tissu industriel et peut être un outil pour faire remonter des problématiques au Projet DEMAIN, mais aussi un bras armé à la disposition du Projet sur les problématiques d'analyses. Le réseau effectue déjà des mesures de surveillance de contamination de matériaux en lien avec le démantèlement d'installations nucléaires. Pour ces raisons, le porteur du Projet DEMAIN a été nommé co-responsable scientifique du réseau en 2020.

Par ailleurs, le cluster e-CLIDE avait exprimé des besoins de court terme autour de la mesure de doses par drone. Ne pouvant traiter ce sujet en l'état actuel du Projet, nous les avons

redirigés vers l'IPHC de Strasbourg, qui travaille sur ce sujet depuis plusieurs années avec l'élaboration d'excellents algorithmes de traitement et de reconstruction. Aux dernières nouvelles, un contact positif a été établi entre eux, qui pourrait aboutir à une collaboration. Même si ce sujet de recherche n'est pas traité par les équipes de Bordeaux, cette mise en relation participe au rayonnement, recherché, du Projet DEMAIN. Au-delà de cette action ponctuelle, cette fonction de mise en réseau des acteurs autour des problématiques scientifiques du démantèlement fait partie intégrante de la vocation du projet, qui ambitionne de devenir un acteur important au niveau national.

Enfin, le Projet DEMAIN a été mentionné et brièvement décrit en tant qu'initiative de site par le Chargé de Mission « Énergie » de l'IN2P3 à la Commission Nationale d'Évaluation (CNE) lors d'une audition sur l'impact de la crise sanitaire sur les thèmes de recherche « énergie nucléaire » le 9/12/2020.

Avec les autres instituts du CNRS

La MITI (Mission pour les Initiatives Transverses et Interdisciplinaires) du CNRS a lancé un appel pour des projets appelés Prime, mettant en œuvre des recherches entre deux instituts du CNRS. Dans ce cadre, nous allons soumettre le projet suivant : « Quelles compétences pour les chantiers de démantèlement de demain ? ». Ce projet est une collaboration entre le Centre Emile Durkheim (CED) et le LP2i/CENBG, et directement issu des réflexions conduites au sein du Projet DEMAIN.

De même, le CED a également déposé un projet intitulé « L'organisation du travail de démantèlement nucléaire. Marchés, acteurs, expertises. » à la région Nouvelle-Aquitaine (n° Projet : AAPR2021-2020-11996010). Ce projet a été accepté et financé. Le Projet DEMAIN est associé à ce projet et a apporté une partie du financement en 2021.

Études réalisées en 2020-2021

Sur les conseils de l'IdEx exprimés lors de la réunion de janvier 2020, nous avons recentré pour cette année les activités autour d'un noyau dur :

- des études autour du thème du « point 0 », permettant de mieux définir l'état initial des connaissances et/ou de la situation particulière du CNPE du Blayais.
- des études préliminaires permettant d'amorcer une dynamique sur le sujet du démantèlement

Au cours des années 2020 et 2021, des appels à projets semestriels ont été lancés. Nous avons ainsi pu définir et financer 12 projets émanant de neuf laboratoires (LP2i/CENBG, ISM, EPOC, CED, GREThA, PASSAGES, EABX(INRAE), I2M et CRPP) pour un budget alloué par le Département SMR de l'Université de Bordeaux d'environ 120 k€ sur 2 ans.

Les sujets sélectionnés se répartissent dans les axes thématiques comme suit :

- Santé des travailleurs
 - o « Développement d'un détecteur de neutrons de nouvelle génération » (LP2i/CENBG)

- o « Détection et caractérisation des poussières sur site » (ISM)
- o « Évaluation non destructive des enceintes de confinement » (I2M)
- o « Contexte et enjeux théoriques d'une approche sociologique des chantiers de démantèlement » (CED)
- Protection de l'environnement :
 - o « Études des indicateurs biologiques et leur utilisation possible pour le suivi des opérations d'assainissement/démantèlement » (LP2i/CENBG/EABX(INRAE))
 - o « Encapsulation bactérienne pour améliorer leur potentiel de bio-remédiation » (LP2i/CENBG)
 - o « Études de la dispersion des radionucléides dans l'estuaire de la Gironde » (EPOC)
 - o « Physico-Chimie de la matière molle pour l'assainissement des effluents liquides et/ou des déchets solides » (CRPP)
 - o « Mise au point d'une technique de suivi des radionucléides en trace dans l'eau par piégeage spécifique » (ISM)
- Volet Sociétal :
 - o « Cartographie des principaux acteurs de la recherche impliqués dans le démantèlement » (GREThA)
 - o « La centrale du Blayais dans son territoire. Approche socio-spatiale d'une installation nucléaire, de son environnement et de ses paysages, dans la perspective d'un démantèlement futur » (PASSAGES)
 - o « L'organisation du travail de démantèlement nucléaire. Marchés, acteurs, expertises. » (CED)

Des résumés des études réalisées en 2021 sont présentés en Annexe 2.

Perspectives 2022

Après la première phase de réflexion en 2019, et deux années 2020 et 2021 consacrées à la consolidation du projet grâce aux premiers financements obtenus, l'année 2022 devra être à la fois celle du lancement de premières études cofinancées, et de l'inscription du programme dans le temps.

La conservation de cette dynamique de projet sera l'objectif prioritaire pour ancrer définitivement DEMAIN dans le paysage scientifique aquitain, avec la poursuite des collaborations déjà amorcées avec de nombreux laboratoires, mais également en intégrant d'autres laboratoires qui ont des activités pouvant être en lien avec le sujet du démantèlement/assainissement nucléaire.

Deux thématiques en particulier ont été peu abordées initialement, et un effort particulier a été mené en 2021 et devra être poursuivi en 2022 :

- Santé publique et organisation du travail : de nombreuses questions se posent sur ces thématiques, que ce soit pour la prévention des risques, la planification des opérations ou l'ergonomie au travail. Toutes les compétences nécessaires sont présentes dans les laboratoires de l'Université de Bordeaux pour traiter ces sujets (BPH, IRGO, COMPTRASEC, etc...)
- Robotique : presque tous les industriels intéressés par le Projet ont abordé les problématiques liées à la robotique ; c'est donc un thème de recherche incontournable. Pour autant, le démantèlement nucléaire ne représente qu'une application minoritaire de la robotique du futur. Un effort de prospection a été réalisé, qui a permis d'ajouter le laboratoire XLIM parmi les partenaires du Projet DEMAIN. Cet effort doit être poursuivi, d'une part pour ancrer XLIM dans les activités du projet, et pour continuer la prospection d'autres laboratoires de robotique (Institut P' par exemple).

Certains autres sujets sont un peu plus matures, de par les études préliminaires amorcées et grâce aux contacts que nous avons déjà eus : à la fois avec les acteurs de mise en réseau tels que les pôles de compétitivité (Nuclear Valley, RLH) qu'avec les industriels eux-mêmes.

Il est ainsi sans doute envisageable de pouvoir démarrer les premières études en collaboration avec des grands donneurs d'ordre de l'industrie du nucléaire ou des PME spécialisées. Ceci suppose l'existence préalable d'un modèle économique pérenne pour le projet (à la fois pour les études exploratoires, et pour la réalisation des programmes multipartenaires).

Cette réflexion sur la mise en place du modèle doit s'effectuer en premier lieu avec les partenaires principalement concernés (Université/IDEX, Région Nouvelle Aquitaine), afin d'avoir les éléments de discussion nécessaires au tour de table qui sera ensuite proposé aux autres acteurs potentiels (industriels, Europe, Département, Métropole, ...). La Région Nouvelle Aquitaine a été démarchée fin 2021, et des échanges ont été réalisés début 2022.

Enfin, un workshop va être organisé en mai 2022, afin de partager les dernières évolutions du Projet avec la communauté et de renforcer sa cohésion. Des intervenants extérieurs, contacts récents ou partenaires habituels de certains membres de la communauté, viendront témoigner de leurs activités en matière de démantèlement. Cela permettra des échanges directs entre les acteurs et les chercheurs de DEMAIN, permettant peut-être la naissance des partenariats de recherche.

Annexe 1 : Liste des compétences dans la communauté DEMAIN

Physique nucléaire :

- Mesures de données nucléaires (LP2i/CENBG)
- Simulation de transport de particules et de faisceaux d'ions (LP2i/CENBG)
- Mesures de basses radioactivité (LP2i/CENBG)
- Mesures de rayonnements ionisants et développement de solution innovantes pour la radioprotection (LP2i/CENBG)

Physico-chimie :

- Méthodes de mise en œuvre / caractérisation de physico-chimie de la matière molle (CRPP)
- Formulation de solutions/dispersions de nanoparticules, polyélectrolytes, surfactants (CRPP)
- Matériaux poreux et émulsions fonctionnalisés à haute surface spécifique (CRPP)
- Complexation-agrégation-coagulations de colloïdes et de macromolécules (CRPP)
- Caractérisation des poussières (ISM)
- Caractérisation de matériaux par spectroscopies optique et neutronique (ISM)

Chimie :

- Matériaux extractants de cations radioactifs en milieu aqueux - techniques de spéciation et dosage (ISM)
- Développement de techniques on-line et portables (ISM)

Matériaux :

- Évaluation Non Destructive des bétons (I2M) :
 - o Caractérisation mécanique et physiques (méthodes CND acoustiques, électromagnétiques, électriques)
 - o Imagerie et détection des hétérogénéités (fissuration, aciers, baisse de propriétés...)
 - o Simulation numérique des mesures
- Structural Health Monitoring : instrumentation en temps réel de l'endommagement des bétons(I2M)
- Optimisation des mesures, de l'instrumentation et évaluation de la variabilité spatiale (I2M)
- Modélisation fiable du comportement des structures et infrastructures en béton (I2M)
- Modèles de connaissance et aide à la décision (I2M)

Mathématiques :

- Planification des opérations et ordonnancement (IMB)
- Optimisation de la logistique (IMB)
- Optimisation dans l'incertain (IMB)
- Recherche opérationnelle (IMB)
- Aide à la décision (IMB)

Informatique :

- Jumeau numérique (LaBRI)

Robotique :

- Conception et contrôle de robots humanoïdes (LaBRI)
- Fusion de données (LaBRI)
- Path-planning (LaBRI)
- Perception active et enactive de systèmes autonomes (robots sol/aériens, systèmes cobotiques) (XLIM)
- Fusion de données distribuées de senseurs hétérogènes (XLIM)
- Localisation et cartographie d'environnements complexes (XLIM)
- Trajectoires autonomes et planification dans des environnements contraints (XLIM)
- Conception et contrôle de systèmes robotiques autonomes et/ou multi-agents (XLIM)
- Consensus et contrôle de formation de systèmes robotiques multi-agents (XLIM)

Instrumentation & Méthodes :

- Conception de détecteurs innovants gamma, beta, neutron (LP2i/CENBG)

Remédiation :

- Interactions micro-organismes / radioéléments (LP2i/CENBG)
- Bio-remédiation (LP2i/CENBG)
- Monitoring post-remédiation de la biodiversité des plantes aquatiques (EABX)

Mesures & pollutions :

- Mesures de basses radioactivité (LP2i/CENBG)
- Transport et réactivité des éléments (ultra-)trace métalliques dans les systèmes aquatiques à l'interface continent-océan (EPOC)
- Analyse des éléments (ultra-)trace métalliques (traceurs géochimiques, contaminants classiques et émergents) dans les matrices environnementales complexes (EPOC)
- Caractérisation des phases porteuses, spéciation (EPOC)
- Stratégies d'observation (monitoring) des flux de matière dans des cours d'eau, techniques d'échantillonnage et mesures in-situ (EPOC)
- Enregistrements de signaux géochimiques historiques dans des archives environnementales (eg carottes sédimentaires) (EPOC)
- Identification et caractérisation de sources de contamination (EPOC)
- Modèles conceptuels de dispersion (EPOC)
- Chimie environnementale (EABX)
- Développement et interprétation de bio-indicateurs dans les environnements aquatiques continentaux (EABX)
- Ecotoxicologie de plantes aquatiques (EABX)

Biologie :

- Isolement, identification et caractérisation de souches bactériennes de milieux contaminés (LP2i/CENBG)

Santé publique :

- Analyse des risques professionnels (BPH)
- Analyse de la perception des risques (BPH)
- Analyse de la pénibilité (BPH)

- Analyse des organisations (BPH)
- Analyse de la sécurité « réglée et gérée » (BPH)
- Analyse intégrée de l'exposition aux rayonnements ionisants et de l'activité de travail (BPH)
- Participation à la conception des organisations et des systèmes de travail (BPH)
- Retour d'expérience (BPH)
- Animation d'espace de discussion sur le travail (BPH)

Droit :

- Contrat de travail (COMPTRASEC)
- Santé et sécurité au travail (COMPTRASEC)
- Conditions de travail (COMPTRASEC)
- Institutions représentatives du personnel (COMPTRASEC)
- Dialogue social (COMPTRASEC)
- Négociation collective (COMPTRASEC)
- Mobilités fonctionnelle et géographique (COMPTRASEC)
- Formation/reconversion (COMPTRASEC)
- Licenciement individuel/collectif (COMPTRASEC)
- Responsabilité sociale de l'entreprise (COMPTRASEC)

Économie :

- Analyse économique des filières (GREThA)
- Intelligence technologique et scientifique (GREThA)
- Impacts économiques territoriaux des grands équipements (GREThA)
- Stratégies des firmes (GREThA)

Sciences Humaines et Sociales :

- Analyser les attitudes et comportements des salariés (IRGO)
- Mesurer l'impact du changement sur les comportements de retrait (IRGO)

- Sociologie du travail (recrutement dans les métiers en tension, coordination des activités) (CED)
- Sociologie des organisations (gestion des conflits, gestion en mode projet) (CED)
- Sociologie économique (relations client-prestataire, contrats d'objectifs vs contrats de moyens) (CED)

- Spatialités du démantèlement (PASSAGES) :
 - o Politiques et stratégies du démantèlement
 - o Réponses sociales et recompositions territoriales et paysagères
- Temporalités du démantèlement (PASSAGES) :
 - o Dynamiques socio-environnementales (trajectoires, bifurcations, inerties des systèmes humains et non-humains)
 - o Temps de l'action (urgence/durabilité ; crise, risques et incertitude ; projection/anticipation)
- Acteurs et habitants du démantèlement (PASSAGES) :
 - o Constructions symboliques et représentations socio-culturelles
 - o Attentes sociales et circulation des savoirs et des savoir-faire

- o Action publique, recherche impliquée et démarches participatives

Annexe 2 : Comptes rendus des études financées en 2021

Axe thématique 1 : Santé des travailleurs

Développement d'un détecteur de neutrons de nouvelle génération : mise au point d'une chambre à fission pour la ligne physique d'AIFIRA (LP2I Bordeaux ; Ludovic Mathieu (CR) ; 3 personnes / 0.3 ETP_{tot})

L'objectif général du projet est le développement d'un détecteur neutron de nouvelle génération destiné à identifier et localiser des bouchons de bore dans les canalisations du circuit primaire d'un réacteur nucléaire. Ce projet a été initié par EDF et est réalisé conjointement entre la société Carmelec et le LP2I Bordeaux (Labcom P2R). Compte tenu des impératifs économiques, peu de détail seront mentionnés ici.

En revanche, des campagnes de tests sont parfois réalisées sur la plateforme AIFIRA du LP2I Bordeaux. Ces tests permettent d'étudier la réponse du détecteur à une sollicitation neutronique. Or, il n'existe pas à l'heure actuelle de dispositif de mesure précis du flux de neutron produit par l'installation, ce qui restreint les résultats accessibles à ces tests.

Un développement a donc été initié financé par le projet DEMAIN, dont l'objectif est d'avoir un dispositif simple, robuste et d'usage pratique, pour mesurer le flux de neutron produit. Une chambre à fission est en cours de développement :

- des simulations ont été réalisées par un stagiaire L3 en 2021 pour le design de la chambre : homogénéité de l'irradiation, efficacité de détection, etc...)
- les plans de la chambre et de sa fixation à la ligne faisceau ont été réalisés, permettant une géométrie très compacte et stable dans le temps (après de multiple démontage-remontage)

Le financement DEMAIN a été utilisé pour acheter du matériel nécessaire à la fabrication de la chambre et de son support.

Mise au point d'une technique de préhension pour la caractérisation de poussières sur site (ISM ; Sophie Sobanska (CR) ; 4 personnes / 0.5 ETP_{tot})

Objectifs et réalisations :

Dans cette étape nous avons testé des outils de caractérisation sans contact par pinces acoustiques sur des particules modèles. Ce travail a été effectué en collaboration avec Diego Baresch – CR CNRS à L'I2M UMR CNRS 5295. La caractérisation chimique et physique de poussières dans des conditions in situ nécessite le développement de techniques d'analyse couplées à des dispositifs ne nécessitant pas le prélèvement des particules. Dans ce travail réalisé sous la forme d'un stage de 4 mois, nous avons testé l'utilisation de dispositif utilisant les ondes acoustiques.

Nous avons envisagé une stratégie originale de manipulation de particules utilisant des pinces acoustiques à faisceau unique, actuellement en développement à l'I2M. Contrairement aux dispositifs de lévitation acoustique standard, les pinces acoustiques peuvent opérer sélectivement sur une seule particule qui est piégée au foyer focal d'un faisceau ultrasonore.

La très bonne dextérité de préhension obtenue permet alors de manipuler la matière dans des environnements géométriquement complexes et peu accessibles, ce qui reste autrement impossible avec les ondes stationnaires. Il devient alors tout à fait envisageable de coupler le dispositif de manipulation à une chambre environnementale et son instrumentation (mesure thermique IR, spectroscopie Raman portable, diffusion optique de Mie).

Une pince acoustique est un dispositif d'émission d'ondes ultrasonores focalisées créant des forces acoustiques de radiation sur l'objet et ayant la capacité de compenser la gravité. Sa création est complexe et permet de saisir des objets de taille variable en fonction de ses propriétés physiques, des propriétés des ondes et de la géométrie de l'émetteur. Dans ce travail il s'agissait de proposer un premier prototype de pince fonctionnant dans l'air, en étudiant les phénomènes physiques mis en jeu. Ce travail s'est déroulé en plusieurs étapes :

- Étape 1 : Dimensionnement et conception de la pince à partir d'étude bibliographique et de résultats théoriques et expérimentaux.
- Étape 2 : Caractérisation acoustique du prototype obtenu.
- Étape 3 : Expériences préliminaires à la capture d'objets avec la pince acoustique.

Suite à ce travail le prototype de pince est fonctionnel et permet bien d'émettre des faisceaux vortex et axisymétrique focalisés au point de focalisation attendu. Dans une première étape nous avons établi les fondements physiques de la manipulation de particules d'aérosols liquides, solides ou en transition à l'aide de pinces acoustiques dans l'air.

Dans un second temps il s'agira d'obtenir une mesure acoustique de l'état microphysique de la particule en suspension et de démontrer la pertinence de cette nouvelle approche analytique pour le domaine de la physico-chimie atmosphérique.

Nous envisageons une validation sur des échantillons de poussières mesurées par les différentes techniques spectroscopiques couplées aux techniques de traitement de données.

Délivrables :

- Mise au point de pinces optiques pour l'étude de la réactivité chimique et des propriétés granulométriques de particules.
- Rapport Simon Le Meute – « Etude et développement d'un prototype de pince acoustique » - (septembre 2021)
- Nouvelle collaboration ISM / I2M

Perspectives :

Cette première partie de l'étude permet de confirmer la faisabilité des méthodes pour l'étude de l'empoussièrément d'un site la mesure des poussières, des études réalisées dans des conditions réelles d'empoussièrément en air extérieur seront nécessaires.

Méthodologie d'évaluation non destructive des bétons - apport du couplage des CND (I2M ; Mehdi Sbartai (PR) ; 3 personnes / 0.3 ETP_{tot})

Contexte :

L'évaluation des bétons in situ notamment dans les structures nucléaires est de plus en plus complexe et nécessite le développement de nouvelles méthodologies de contrôle non destructif (CND). Le béton est un matériau hétérogène complexe avec des propriétés variables localement et dans la structure. Les méthodes actuelles de caractérisation de la résistance (méthodes acoustiques ou dynamiques) nécessitent d'être complétées par des méthodes sensibles aux variations d'humidité par exemple ou de présence des chlorures qui endommagent l'acier dans ce matériau. Les méthodes électriques par exemple sont sensibles à ses variations. Le besoin actuel est d'extraire de ces méthodes CND des informations fiables pour identifier les caractéristiques des bétons afin d'évaluer sa capacité mécanique mais aussi les indicateurs de durabilité (porosité, contamination par des agents agressifs comme les chlorures, etc.).

Objectif :

Dans le cadre du projet DEMAIN, l'objectif de cette étude est de développer un outil de couplage (combinaison) multi-physique des données CND complémentaires afin d'améliorer la caractérisation du béton in-situ.

Résultats :

Dans le cadre de cette étude un outil de traitement des données de CND a été mis en œuvre. Cet outil permet de simuler la variabilité spatiale des propriétés des bétons. En intégrant les modèles de conversion entre mesures CND et propriétés du béton (modèles de lois de mélanges ou modèles statistiques), il a été possible de représenter la variabilité des CND sur un élément en béton en 2D. Sur la base d'outils d'inversion numériques probabilistes, l'outil permet d'identifier les zones de faiblesse sur l'élément ausculté. Nous avons aussi intégré les incertitudes de mesures et celles des modèles de conversion.

L'outil a été testé par la suite sur des données simulées mais aussi sur des mesures CND avec une application sur des données réelles issues de mesures en laboratoire. Les perspectives de ce développement concernent l'intégration d'autres modèles et d'autres propriétés des bétons pour envisager par la suite des tests à l'échelle d'une structure réelle.

Physico-chimie de la matière molle pour l'assainissement des effluents liquides et/ou des déchets solides. (CRPP ; Jean-Paul Chapel (CR) ; 3 personnes ; 0.3 ETP_{tot})

Lors du démantèlement d'une installation nucléaire, le site dans sa globalité doit être décontaminé du "sol au plafond" engendrant des volumes à traiter qui peuvent être gigantesques. L'idée de ce projet bibliographique est de recenser dans un premier temps ce qui se fait dans le domaine académique et industriel autour de l'assainissement des déchets à très faible activité nucléaire, qu'il s'agisse des effluents liquides ou des déchets solides comme les bétons par des méthodes de physico-chimie de la matière molle permettant de traiter de grands volumes. Plus particulièrement l'étude portera sur l'utilisation de nanoparticules, polyélectrolytes et matériaux poreux fonctionnalisés, possédant une très grande surface spécifique, capables de complexer/chélater, puis retenir (concentrer) des radioéléments contenus dans des liquides contaminés, et également de traiter des déchets solides (terre, béton, ciment) dans lesquels on injecte cette fois-ci des solutions (aqueuses) contenant les mêmes type d'agents complexants.

Le CRPP maîtrise ce genre d'approches (nanoparticules fonctionnelles, polyélectrolytes, fabrication de poreux par des méthodes sol-gel couplées à la science des émulsions (HIPE : Higly Internal Phase Emulsion) dans des domaines d'application bien différents de l'assainissement des sites nucléaires. Ce stage bibliographique devrait donc permettre de jauger les approches développées au CRPP par rapport à l'état de l'art dans le contexte du démantèlement d'un site nucléaire.

Abstract de l'étude bibliographique réalisée jusqu'à présent :

Nuclear wastes represent a significant issue either from current industrial activities, as a great quantity of radioactive wastewater is generated, or for dismantling a nuclear installation, for instance, where the entire site must be decontaminated from "floor to ceiling". Several physical-chemical methods have been proposed for the remediation of the generated waste in the past few years, the majority related to the adsorption of the radioactive species from either contaminated surfaces or solutions. Additionally, strategies such as chemical precipitation¹, flocculation², ion exchange³ and membrane filtration⁴ have been proposed, even though the adsorption techniques are far more promising due to low cost, high efficiency and simple operation.

Many efforts have been put forward for the development of new adsorbent species that not only present high selectivity for specific contaminants (typically through complexation/chelation) but also that decrease the contaminants environmental toxicity, typically by possessing high chemical and thermal stabilities together with large assessable surface areas for abundant active surface sites. Different organic and inorganic or hybrid adsorbent materials include polymeric fibers⁵, metal oxides⁶, modified graphene oxides⁷, modified activated carbon⁸, clay minerals⁹, zeolitic imidazote frameworks¹⁰ and metal organic frameworks¹¹.

Projet région : L'organisation du travail de démantèlement nucléaire. Marchés, acteurs, expertises. (CED ; Alina Surubaru (MdC) ; 2 personnes ; 1.1 ETP_{tot})

Durant l'année 2021, le financement DEMAIN a permis la réalisation d'une enquête sur la régulation des risques nucléaires, puis la réalisation d'une recherche exploratoire sur le marché du démantèlement nucléaire. Ce financement a aussi permis l'achat de la documentation (principalement des ouvrages des sciences sociales), ainsi que le financement de la participation d'un stagiaire à la conférence de la SFEN sur le démantèlement nucléaire (« DEM2021 »: « International Conference on Decommissioning Challenges : Industrial Reality, Lessons Learned and Prospects »).

Ces enquêtes ont permis de formuler plusieurs hypothèses concernant le rôle des compétences professionnelles dans la gestion des chantiers de démantèlement et de rédiger un projet de recherche en vue de l'obtention d'un financement de la Région Nouvelle Aquitaine. Ce projet a été accepté en juillet 2021 et à partir du 1er décembre 2021, nous avons pu recruter Antonin Cheron en tant que doctorant au Centre Émile Durkheim. Antonin étudiera dans une perspective sociologique le travail d'organisation des chantiers de démantèlement nucléaire.

Axe thématique 2 : Protection de l'Environnement

Encapsulation bactérienne pour améliorer leur potentiel de bio-remédiation (LP2I Bordeaux ; C. Sergeant (CR) ; 2 personnes / 1.0 ETP_{tot})

On sait que des volumes importants de déchets contaminés en radionucléides vont être produits lors des étapes de démantèlement-assainissement des installations nucléaires. Or très peu d'essais de bio-remédiation, moins polluants que les procédés chimiques actuels, ont été réussis sur site.

Pour développer un procédé industriel de bio-remédiation efficace par des bactéries, le passage du stade expérimental en laboratoire au stade in situ est principalement limité par des facteurs abiotiques (tels que fluctuation du pH, de la température ; présence d'autres métaux et composés toxiques, de matière organique ; mauvais accès aux nutriments...). Le fait de les encapsuler par un polymère pourrait avoir différents avantages : permettre une haute densité bactérienne à l'intérieur des capsules de taille pluri-millimétrique, protéger les organismes des facteurs toxiques limitant leur efficacité, augmenter leurs capacités métaboliques. On pourrait aussi développer des procédés (semi)continus permettant la récupération des bactéries après utilisation.

Ce projet est développé depuis deux ans au CENBG avec une souche bactérienne qui permet de capter un métal contenu dans un effluent liquide en le bio-minéralisant. Les expériences menées en 2020 et 2021 ont permis le dépôt d'un brevet en décembre 2021 et l'obtention d'un financement de projet de pré-maturation CNRS pour 2022.

Le budget obtenu dans le cadre du projet DEMAIN en 2021 a permis l'achat d'une balance analytique de précision nécessaire au projet.

En raison de la valorisation en cours de ce procédé, nous ne pouvons pas donner ici plus de détails.

Étude de faisabilité sur les mesures de tritium pour les déchets immergés (LP2I Bordeaux ; D. Horlait (CR) ; 1 personne / -)

Le cofinancement demandé et obtenu fin 2021 par l'équipe RADEN/PIAGARA du LP2iB concerne un projet de mesure du tritium ^3H en champs proche et lointain de colis historiques de déchets nucléaires immergés en Atlantique Nord. Le co-financeur est le CNRS via un projet PRIME instituts IN2P3/INSU (projet RADIOCEAN), officiellement lancé début 2022.

Il ne s'agira pas de mesurer directement ^3H mais son produit de décroissance ^3He par spectrométrie de masse des gaz rares, spécialité de la plateforme PIAGARA. Expérimentalement les sédiments marins prélevés en 2022 seront scellés pour accumuler ^3He avant extraction de l'hélium à PIAGARA et analyse. En 2022 il s'agira de définir les limites de détections souhaitables à atteindre et celles envisageables expérimentalement avec pour variables d'ajustement les volumes de prélèvement et temps de recroissance de ^3He . L'objectif idéal étant de pouvoir mesurer le tritium en champ lointain (donc sans contribution possible des colis de déchets immergés), afin de justement pouvoir garantir l'attribution aux colis de déchets immergés une éventuelle surconcentration en tritium dans les prélèvements en champs proches. Sur la base de ce travail préliminaire, nous commencerons la définition et

l'acquisition de matériel ultravide pour l'extraction sélective de l'hélium (la partie analyse étant à priori réalisable en l'état par nos spectromètres de masse), à priori fin 2022.

Axe thématique 3 : Volet sociétal

La centrale du Blayais dans son territoire. Approche socio-spatiale d'une installation nucléaire, de son environnement et de ses paysages, dans la perspective d'un démantèlement futur (PASSAGES ; B. Davasse (PR) ; 4 personnes / 0.8 ETP_{tot}).

La contribution de l'UMR Passages au cours de l'année 2021 s'est inscrite dans la problématique mise en place en 2020 visant à faire une analyse de l'état-zéro du territoire dans lequel est implantée une centrale nucléaire civile, avant donc le déclenchement du processus d'arrêt de la production nucléaire et que son démantèlement soit envisagé. L'objectif est à partir d'un travail d'enquête sur le terrain d'explorer l'hypothèse selon laquelle la perspective du démantèlement est susceptible de (re)mettre au premier plan l'inscription territoriale d'une installation nucléaire constitue le fil conducteur de cette recherche. La question des valeurs et des représentations en tant que formes d'expression territoriale y fait l'objet d'une approche particulière.

Le territoire de la recherche est donc resté celui de la centrale du Blayais, se développant en rive droite de l'estuaire de la Gironde, entre Bordeaux (45 km en amont) et Royan (50 km en aval). Cette centrale dispose de quatre réacteurs nucléaires (réacteurs à eau sous pression) de 900 MW chacun, mis en service de 1981 à 1983. Ils sont refroidis par les eaux de l'estuaire pompées via des canalisations sous-marines. 1 330 agents EDF y travaillent, auxquels s'ajoutent 700 personnes relevant d'entreprises prestataires partenaires. Cette centrale s'inscrit dans la Haute-Gironde, ancien Pays au sens de la loi Voynet de 1999 correspondant au Blayais et au Cubzacais et rassemblant un peu plus de 80 000 habitants. Deux communautés de communes sont plus particulièrement concernées : celle du Blayais (CCB) proprement dite dans laquelle on trouve une ville principale, et celle de l'Estuaire (CCE) à laquelle est rattachée la commune de Braud-et-Saint-Louis, lieu d'implantation de la Centrale nucléaire.

L'année 2021 a été largement consacrée à réaliser un état des lieux sur le plan des dynamiques territoriales, des politiques publiques et de l'analyse des représentations et des pratiques des acteurs et des habitants. Une grande partie du travail a été effectuée par une étudiante-paysagiste dans le cadre d'un stage de 5 mois (avril-août 2021). Un atelier pédagogique (L2 et L3) a complété le dispositif mis en place sur le terrain (voir ici : <https://ue33territoire.wixsite.com/2021>). Ces travaux ont notamment permis de faire :

— un état de l'art rassemblant les travaux scientifiques sur la centrale nucléaire du Blayais, sur son implantation et sur ses effets sur les territoires, les environnements et les paysages ;

— une recherche documentaire sur les politiques conduites par EDF, l'État et les collectivités locales visant à (ré)aménager les espaces et les environnements du Blayais et à y (ré)organiser les manières d'habiter ;

— à identifier et conduire des entretiens semi-directifs avec des acteurs et des habitants susceptibles de porter un regard sur les évolutions que connaît le Blayais depuis

l'implantation de la centrale et de faire part de leurs attentes dans la perspective de l'arrêt de la centrale et de son d mantement ;

—   produire des documents visuels/graphiques constituant des outils pour synthétiser les informations récoltées et proposant des grilles d'interprétation à différentes échelles des principaux phénomènes identifiés.

Les résultats obtenus confirment que l'implantation de la centrale nucléaire de Blaye a largement participé à façonner les manieres de vivre, d'habiter et d'aménager ce territoire en déprise. Il est vrai que les pouvoirs publics et EDF ont mis en œuvre toute une stratégie visant à organiser les modes de vie locaux et à les rendre dépendants au nucléaire. Acteurs locaux et habitants raisonnent aujourd'hui par rapport à la centrale, au travail qu'elle a crée et aux infrastructures de toute nature qu'elle a permis de réaliser. Aujourd'hui, la centrale n'est plus considérée comme une installation à risque mais comme une activité industrielle pourvoyeuse d'emplois. Quant à la question du d mantement, elle est à l'heure actuelle absente des débats et des actions conduites. Seul le « Grand Carénage » qui débute est sur le devant de la scène.   cette occasion, les installations pourront accueillir jusqu'à 3 500 personnes. Selon EDF, ce programme vise à améliorer la sûreté et à poursuivre le fonctionnement des réacteurs au-delà de 40 ans. Les travaux consistent notamment à renforcer rehausser la digue qui protège les installations pour faire face à une éventuelle montée des eaux de l'estuaire.