

Localisation

Campus de Bordeaux-Talence

Modalité de recrutement

Poste ouvert aux titulaires et aux contractuels

Emploi de catégorie

Post-doctorat

Référentiel des métiers (Ensam)

1,4 Post doctorant

Durée du contrat (si détachement ou contractuel)

12 mois

Quotité de travail

Temps plein

Fourchette de rémunération

28-38 K€

Poste disponible à partir de

01/11/2026

Candidature :

CV et lettre de motivation

à envoyer par mail à

jecandidate@ensam.eu

Personne en charge du recrutement

antonio.rodriquezdecastro@ensam.eu

Date de publication

17/09/2026

Référence CSP

2026-2412536

Qui sommes-nous ?

Grand établissement technologique, **Arts et Métiers** compte 14 sites et a pour mission principale de former les leaders des industries responsables, qui conçoivent et mettent en œuvre les innovations technologiques et organisationnelles impactantes, indispensables aux transitions énergétiques environnementales et sociétales. Il forme chaque année plus de 6 000 étudiant·e·s du bac+3 jusqu'au bac+8.

Par ses formations, ses 15 laboratoires et sa recherche partenariale, Arts et Métiers est un acteur socio-économique au service des territoires.

Environnement du poste

Le poste est rattaché au projet EPICURE, financé par la Région Nouvelle-Aquitaine et le Bureau de Recherches Géologiques et Minières (BRGM), et s'inscrit au sein d'une équipe composée de 26 personnes. Vous travaillez en lien étroit avec des chercheurs de l'Institut de Mécanique et d'Ingénierie de Bordeaux (I2M), de l'Institut de Chimie et de Biologie des Membranes et des Nano-objets (CBMN), du laboratoire Environnements et Paléoenvironnements Océaniques et Continentaux (EPOC) et du BRGM.

Le projet EPICURE s'intéresse à la **remédiation des sols pollués** par des solvants chlorés tels que le trichloréthylène (TCE), un solvant cancérigène ayant des effets neurologiques, hépatiques et rénaux. Utilisé dans le dégraissage des métaux, les adhésifs et le nettoyage à sec, le TCE, très mobile, a été retrouvé à des concentrations élevées dans les eaux souterraines. Après un déversement de TCE, le polluant s'infiltre dans le sol et peut atteindre la nappe phréatique, où sa densité plus élevée le fait couler et s'accumuler au fond de l'aquifère. Là, il se dissout lentement, formant un panache contaminé qui se disperse avec l'écoulement naturel de l'eau souterraine.

La remédiation *in situ* consiste à appliquer le traitement directement sur le site contaminé, sans nécessiter l'excavation ni le déplacement des sols ou des eaux souterraines. Dans le cadre du projet EPICURE, nous proposons une nouvelle méthode de dépollution *in situ* des sols fondée sur l'injection, via un puits, d'**émulsions huile-dans-eau contenant des nanoparticules de fer zérovalent (FZV) encapsulées**. Le FZV peut réduire le TCE et ainsi diminuer sa toxicité.

Deux stratégies complémentaires basées sur des émulsions huile-dans-eau sont ainsi envisagées pour la remédiation des sols contaminés par le TCE.

La première stratégie repose sur le mûrissement compositionnel des émulsions huile-dans-eau, récemment proposé pour la remédiation des sols contaminés par le TCE (Wang et al., 2025). Des émulsions à base d'huile végétale peuvent capter spontanément le TCE par transfert de masse (Fig. 1). Cependant, la récupération de l'émulsion chargée en TCE par balayage à l'eau reste complexe et doit encore être validée à l'échelle du terrain.

La seconde consiste à encapsuler le FZV dans la phase organique, constituée des gouttelettes d'huile de l'émulsion, afin de limiter sa corrosion lors de l'injection et de préserver ainsi la masse de fer réactif disponible pour la réduction du polluant. Cette approche vise également à améliorer la mobilité des nanoparticules dans le sol et à favoriser leur répartition homogène. Le partitionnement du TCE dans la phase huileuse permet en outre d'augmenter son contact avec le FZV, favorisant ainsi sa réduction.

Ces deux stratégies sont complémentaires : la première vise la **mobilisation et la récupération du TCE**, tandis que la seconde repose sur sa **dégradation in situ**.

Toutefois, plusieurs défis importants doivent encore être relevés afin de rendre cette technique applicable à grande échelle sur le terrain.

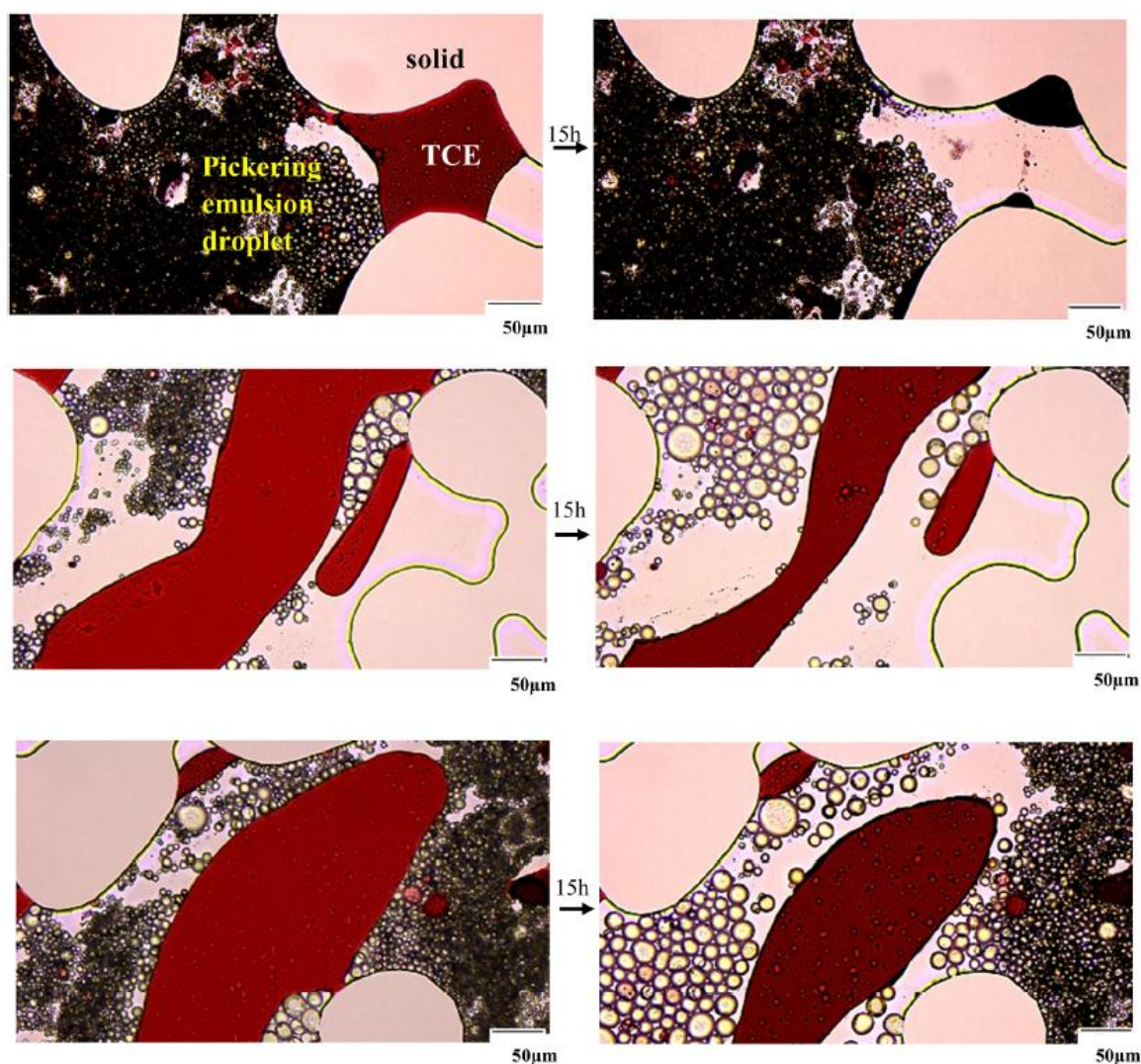


Figure 1 Microfluidic images showing the absorption of residual TCE ganglia by an oil-in-water emulsion in a porous medium (Wang et al., 2025).

■ Missions et activités principales

Sujet : « Développement et validation sur le terrain d'une stratégie de remédiation des aquifères contaminés par les solvants chlorés par injection d'émulsions huile-dans-eau »

Dans le cadre de vos fonctions, vous serez en charge des activités expérimentales visant à évaluer et optimiser une méthode de dépollution des sols par injection de nano fer zérovalent encapsulé dans une émulsion d'huile dans l'eau. Votre travail se concentrera sur l'évaluation et l'optimisation expérimentale de la méthode de dépollution proposée. Des essais *in situ* seront réalisés sur un site où les eaux souterraines superficielles sont contaminées par des solvants chlorés (concentration > 10 mg/L), afin de déterminer le rayon d'influence de l'émulsion huile-dans-eau et d'évaluer son efficacité dans des conditions réelles. En parallèle, des analyses chromatographiques, rhéologiques et granulométriques seront réalisées en laboratoire sur les échantillons de sol et de fluides prélevés dans les puits du site. Les résultats expérimentaux permettront d'interpréter les observations de terrain et alimenteront les modèles numériques destinés à simuler et à optimiser le traitement à l'échelle du site.

Afin d'élargir les applications des émulsions pour la remédiation *in situ* des solvants chlorés, deux stratégies complémentaires sont étudiées :

- **Mobilisation et récupération du polluant :** après injection, le TCE résiduel se partitionne dans la phase huileuse dispersée par mûrissement compositionnel. L'émulsion chargée en TCE est ensuite récupérée par balayage à l'eau. Cette stratégie ne nécessite pas l'utilisation de FZV.
- **Réduction *in situ* du polluant :** l'émulsion est utilisée comme vecteur de FZV encapsulé dans la phase huileuse. Elle agit à la fois comme vecteur de transport et comme microréacteur, favorisant les interactions entre le ZVI et les solvants chlorés dissous. Dans ce cas, l'émulsion est laissée dans le sol sans pompage ultérieur.

Les principales tâches sont les suivantes :

(1) Caractérisation du site et de la distribution de la pollution

Une caractérisation fine du site contaminé est nécessaire pour comprendre la distribution du TCE et concevoir une stratégie de dépollution adaptée. Après infiltration dans la zone vadose ou saturée, les solvants chlorés peuvent se retrouver sous forme de phase résiduelle, constituée de poches ou de ganglions déconnectés. Leur distribution dépend notamment de la structure, de la granulométrie, de la porosité et de la minéralogie du sol.

Des échantillons non perturbés de sol seront prélevés à différentes profondeurs sur le site. Des analyses par chromatographie en phase gazeuse (CPG) seront réalisées afin de déterminer les concentrations initiales en polluants (Bewi et al. 2025a,b). La granulométrie des sols sera caractérisée par diffraction laser. La distribution spatiale de la conductivité hydraulique sera déterminée à partir d'essais d'infiltration d'eau réalisés dans les puits du site et, si nécessaire, complétée par des essais en laboratoire sur colonnes. Ces données permettront de caractériser l'hétérogénéité du milieu et de définir les principaux paramètres nécessaires à la modélisation du transport des polluants et de l'émulsion.

(2) Modélisation de la dépollution à l'échelle du terrain

Les paramètres obtenus lors de la caractérisation du sol et de la pollution seront intégrés dans un modèle mathématique simulant les écoulements multiphasiques réactifs dans le sol (eau, émulsion et polluant chloré). Ce modèle, précédemment implémenté dans le code open source muFlowReact (Atteia et al., 2023), permettra de prédire la mobilité du polluant, sa récupération et l'évolution de sa saturation résiduelle. Ces simulations permettront d'optimiser les conditions d'injection et de proposer une stratégie de remédiation adaptée aux sols contaminés par le TCE à l'aide d'émulsions huile-dans-eau, avec ou sans FZV.

(3) Suivi *in situ* de la distribution de l'émulsion et de l'élimination des polluants

Des essais d'injection sous pression (2 bars) seront réalisés à partir d'un puits et suivis à différentes distances (1 et 3 m), conformément aux approches développées précédemment à l'EPOC (Portois et al., 2018). La propagation de l'émulsion sera suivie dans les différents puits par des prélèvements d'eau et des analyses par chromatographie en phase gazeuse (CPG), afin de déterminer la concentration en composés issus des phase huileuse et aqueuse et d'évaluer la distribution de l'émulsion dans le milieu poreux. Ces mesures permettront notamment d'estimer le rayon d'influence de l'injection et de confronter les observations de terrain aux prédictions du modèle.

La distribution du FZV et son maintien dans le milieu poreux seront également évalués après injection. Des échantillonnages seront réalisés à différentes profondeurs et distances du puits d'injection afin de déterminer la présence et la réactivité résiduelle du fer. Ces observations permettront notamment d'évaluer la quantité de FZV effectivement distribuée dans le volume traité et de comparer sa distribution à celle de l'émulsion.

(4) Caractérisation post-traitement et évaluation de l'efficacité

À l'issue des essais d'injection, une caractérisation finale sera réalisée afin d'évaluer l'efficacité du traitement et la réactivité résiduelle du FZV. Les concentrations en solvants chlorés, leur distribution spatiale ainsi que la présence et la réactivité du FZV seront comparées aux résultats obtenus avant traitement.

Une analyse statistique des résultats permettra d'évaluer la significativité des différences observées avant et après injection. La stratégie expérimentale comprendra ainsi une caractérisation initiale du site, l'injection du traceur, l'injection de l'émulsion et une caractérisation finale (Fig. 2).

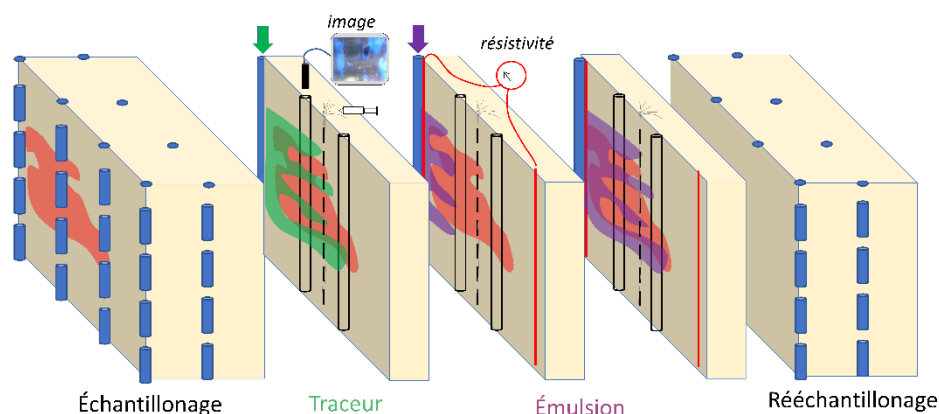


Figure 2 De gauche à droite. 1. Prélèvement d'échantillons pour caractériser la pollution des sols. 2. Test de traçage pour visualiser la position du polluant résiduel à travers des puits transparents. 3. Suivi de l'injection d'émulsion à travers des mesures de résistivité et des images dans des puits transparents. 4. Rééchantillonnage pour évaluer la réduction de la concentration en solvants chlorés et les distributions des phases après le traitement

L'ensemble des résultats obtenus en laboratoire et sur le terrain permettra de relier les propriétés du milieu poreux, la distribution de l'émulsion, le transport du FZV et l'évolution de la contamination. Ces données serviront à valider et à améliorer les modèles numériques, puis à définir les conditions d'injection les plus favorables pour une application à plus grande échelle.

Références

Atteia et al. (2023). muFlowReact: A Library to Solve Multiphase Multicomponent Reactive Transport on Unstructured Meshes. *Groundwater*, 62, 357–370.

Bewi, R., Rodríguez de Castro, A., Atteia, O. (2025b). In situ monitoring of LNAPL contaminated aquifer remediation using ultraviolet light induced fluorescence imaging. *Journal of Hazardous Materials*, 501, 140841.

Bewi, R., Rodríguez de Castro, A., Atteia, A. (2025a). Detailed characterization of a LNAPL-contaminated soil using X-ray microtomography and gas chromatography. *Journal of Contaminant Hydrology*, 273, 104614.

Portois, C. et al. (2018). Field demonstration of foam injection to confine a chlorinated solvent source zone. *Journal of Contaminant Hydrology*, 214, 16–23.

Wang, S., Rodríguez de Castro, A., Ahmadi-Sénichault, A., Omari, A., Leal-Calderón, F. (2025). Pore-scale investigation of a novel method for the remediation of trichloroethylene-polluted soils based on compositional ripening with Pickering emulsions. *Journal of Hazardous Materials*, 499, 140261.

■ Profil du candidat

Diplôme et expérience professionnelle :

Diplômé·e de l'enseignement supérieur, vous avez une expérience significative dans XXXX, idéalement acquise au sein d'un grand établissement d'enseignement supérieur et de recherche (Université ou grande école), d'un opérateur de l'État ou d'une collectivité territoriale.

Savoirs et savoir-faire :

- Doctorat en Mécanique des Fluides et Énergétique, Sciences de la Terre et Environnement, Génie des Procédés et Environnement, Génie Chimique, Physique ou toute autre discipline associée.
- Une solide connaissance théorique et expérimentale en mécanique des fluides est requise.
- Une expérience préalable en expérimentation sur le terrain serait un atout.
- Le candidat devra avoir un intérêt pour l'expérimentation et la modélisation.
- La réalisation d'expériences requiert de la dextérité, de l'autonomie et de la méticulosité.
- Le candidat devra faire preuve de rigueur, posséder de bonnes capacités rédactionnelles, ainsi qu'un bon sens de l'adaptation et du relationnel.
- Une aptitude à rédiger des articles scientifiques et à valoriser les résultats de recherche sera également nécessaire.

Savoir-être :

- Esprit d'initiative et autonomie dans la conduite des activités expérimentales.
- Goût pour le travail expérimental et les activités de terrain.
- Aptitude à travailler en équipe dans un contexte pluridisciplinaire.
- Curiosité scientifique, capacité d'analyse et force de proposition

■ Pourquoi rejoindre Arts et Métiers ?

Arts et Métiers s'engage pleinement pour lutter contre toute forme de discrimination et de violence, agir pour la qualité de vie au travail et la transition écologique, et renforcer l'expérience étudiante.

Les recrutements sont fondés sur les compétences, sans distinction d'origine, d'âge, ou de genre. Tous les postes sont ouverts aux personnes en situation de handicap.

Rejoindre Arts et Métiers, c'est également bénéficier d'un environnement de travail socialement engagé :

- **Temps de travail** : Télétravail possible jusqu'à 3 jours par semaine, selon les nécessités et l'organisation du service et selon votre rythme de travail, jusqu'à 52 jours de congés par an.
- **Transports** : participation de l'établissement aux frais de transports en commun à hauteur de 75 % (plafonnée à 104,04 €/mois) et forfait mobilité durable (FMD) jusqu'à 300 euros par an.
- **Santé** : contrat collectif avec participation de l'employeur (<https://www.mgen.fr/psc-agents-en-esr-js/>)
- **Ressources Humaines** : des formations professionnelles et un accompagnement RH de proximité.
- **Vie des personnels** : des offres de restauration collective, de loisirs, de sport et de culture ; des associations pour être acteur de la vie de votre campus.

Vos données personnelles

Arts et Métiers traite vos données personnelles en conformité avec le RGPD et la loi informatique et libertés.

Ce traitement s'effectue aux fins de gestion de votre candidature et d'évaluation de vos compétences au regard du poste/du stage pour lequel vous candidatez.

Pour tout exercice de droits sur vos données personnelles, vous pouvez contacter le délégué à la protection des données d'Arts et Métiers à l'adresse dpo@ensam.eu

Pour connaître de manière exhaustive les données collectées par l'ENSAM et les modalités de traitement de vos données, vous pouvez consulter la politique de protection des données personnelles Arts et Métiers y afférente [ici](#).